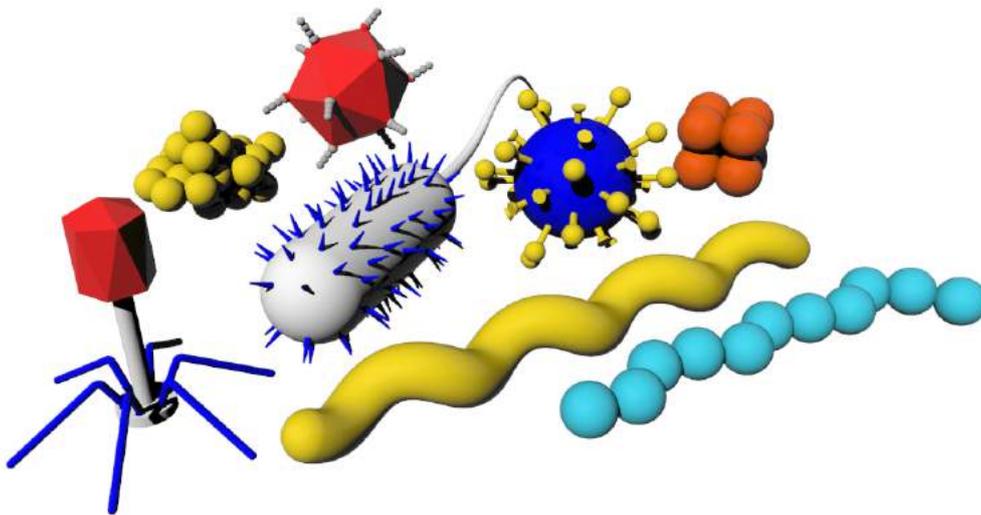




Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Letras e Artes
Escola de Belas Artes
Departamento de Desenho Industrial – Produto

PROJETO FINAL DE GRADUAÇÃO EM DESENHO INDUSTRIAL
RELATÓRIO



Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da
Microbiologia por Deficientes Visuais

Louise Hamond Regua Mangia

Orientador

Prof. Dr. Hugo Borges Backx

Rio de Janeiro
Dezembro de 2018

**Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes
Visuais**

Louise Hamond Regua Mangia

Projeto submetido ao corpo docente do Departamento de Desenho Industrial da Escola de Belas Artes da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Desenho Industrial/Habilitação em Projeto de Produto.

Examinado por:

Prof. Dr. Hugo Borges Backx - Orientador
UFRJ | Desenho Industrial | EBA

Prof^a. Dr^a. Ana Karla Freire de Oliveira – Membro Avaliador
UFRJ | Desenho Industrial | EBA

Prof^a. Dr^a. Beany Guimarães Monteiro– Membro Avaliador
UFRJ | Desenho Industrial | EBA

Prof. Flavio Marques de Carvalho Junior – Membro Convidado
PUCRIO | Desenho Industrial | Artes & Design

Rio de Janeiro
Dezembro de 2018

CIP - Catalogação na Publicação

M277k Mangia, Louise Hamond Regua
Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da
Microbiologia por Deficientes Visuais / Louise
Hamond Regua Mangia. -- Rio de Janeiro, 2018.
88 f.

Orientador: Hugo Borges Backx.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
Belas Artes, Bacharel em Desenho Industrial, 2018.

1. Deficiente Visual. 2. Modelos
tridimensionais. 3. Microbiologia. 4. Ensino. 5.
Kit Microbiano. I. Backx, Hugo Borges, orient. II.
Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Agradecimentos

A minha família que sempre esteve ao meu lado, me incentivando, apoiando e algumas vezes também me socorrendo em momentos de incertezas e dúvidas. Agradeço em especial a minha mãe pois ela é a minha principal fonte de suporte e a minha irmã pela enorme paciência comigo, quase sempre.

Ao Professor Hugo por ter aceitado fazer parte dessa minha fase encarando este desafio e pela sua disponibilidade sempre em me orientar ao longo desse período de Projeto Final.

A professora Priscila Alves Marques do Instituto Benjamin Constant por me recepcionar muito bem na instituição em que trabalha, me apresentando os materiais lá existentes. Priscila embarcou no projeto e contribuiu para o desenvolvimento do mesmo. A sua parceria foi um fator muito importante e fez com que eu pudesse alcançar os meus objetivos. Agradeço a sua disponibilidade e boa vontade em poder contribuir para o presente trabalho.

A empresa H&C Soluções 3D pela ajuda e rapidez no trabalho prestado, sempre com muito cuidado e atenção.

Aos meus amigos da turma PP/DI 2014.2, que estiveram desde o início comigo nessa trajetória na UFRJ e me proporcionaram muitos momentos de alegria. Em especial as meninas da Tijuca, Juliana e Maria Thereza, obrigada pelos momentos de descontração e colaboração tanto dentro quanto fora do ambiente acadêmico. A minha, muitas vezes, dupla ao longo dessa faculdade, Matheus obrigada pela parceria.

Por fim agradeço a todos os meus amigos, tanto os mais antigos quanto os mais novos, obrigada pela força e incentivo!

Resumo do Projeto submetido ao Departamento de Desenho Industrial da EBA/UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Desenho Industrial.

Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais

Louise Hamond Regua Mangia

Dezembro/2018

Orientador: Hugo Borges Backx

Departamento de Desenho Industrial / Projeto de Produto

Alunos deficientes visuais apresentam dificuldades na aprendizagem da Microbiologia, uma vez que o conteúdo é voltado para conceitos abstratos não palpáveis, em escala microscópica, o que dificulta a sua assimilação. O presente estudo teve por objetivo desenvolver modelos tridimensionais de microrganismos como proposta de recursos didáticos para o ensino da Microbiologia para deficientes visuais, visando estimular a percepção tátil de detalhes estruturais nas diferentes formas de microrganismos. Foram desenvolvidos treze modelos representantes das principais morfologias de vírus e bactérias. Os modelos foram confeccionados em impressora 3D utilizando materiais plásticos pigmentados e silicone. A avaliação dos critérios técnicos quanto ao tamanho, significação tátil, aceitação, estimulação visual, fidelidade, facilidade de manuseio, resistência e segurança foi satisfatória e reconheceu o potencial desses modelos como recursos didáticos para alunos deficientes visuais. Além de possibilitar o entendimento do conteúdo da Microbiologia estimulando a percepção tátil-sensorial, os protótipos desenvolvidos visam contribuir para um processo mais equitativo da educação inclusiva.

Palavras-Chave: Deficiente Visual; Modelos tridimensionais; Microbiologia; Ensino; Kit Microbiano.

Abstract of the graduation Project presented to Industrial Design Department of the EBA/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Bachelor in Industrial design.

Microbial Kit for Teaching and Learning Microbiology for Visually Impaired

Louise Hamond Regua Mangia

December/2018

Advisor: Hugo Borges Backx

Departament of Industrial Design / Project of Product

Visually impaired students present difficulties in learning Microbiology since the content is focused on abstract concepts that are not palpable, on a microscopic scale, which makes it difficult to assimilate them. The present study aimed to develop three-dimensional models of microorganisms as a proposal of didactic resources for the teaching of Microbiology for the visually impaired, intending to stimulate the tactile perception of structural details in the different forms of microorganisms. Thirteen models were developed representing the major morphologies of viruses and bacteria. The models were made in a 3D printer using pigmented plastic materials and silicone. The evaluation of technical criteria regarding size, tactile significance, acceptance, visual stimulation, fidelity, ease of handling, resistance and safety was satisfactory and recognized the potential of these models as didactic resources for visually impaired students. In addition to enable the understanding of the content of Microbiology, stimulating tactile-sensory perception, the developed prototypes aim to contribute to a more equitable process of inclusive education.

Keywords: Visual Impairment; Three-dimensional models; Microbiology; Teaching; Microbial Kit.

Lista de Siglas e Abreviaturas

ABS – Acrilonitrilo-butadieno-estireno

APAE – Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais

DNA – Ácido Desoxirribonucleico

EBA – Escola de Belas Artes

FDM – *Fused Deposition Modeling*

IBC – Instituto Benjamin Constant

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INES – Instituto Nacional da Educação dos Surdos

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PETG – Polietileno Tereftalato de Etileno Glicol

PLA – Ácido Poliláctico

RNA – Ácido Ribonucleico

TPE – Elastômero Termoplástico

TPU – Poliuretano Termoplástico

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Lista de Figuras

Figura 1. Cores complementares no Círculo Cromático	24
Figura 2. Imagens representativas das principais morfologias bacterianas.....	31
Figura 3. Imagens representativas das principais morfologias de vírus	32
Figura 4. Esquema simplificado do processo de impressão 3D	32
Figura 5. Similar 1 - KitFis.....	37
Figura 6. Similar 2 – DNA Twist	38
Figura 7. Similar 3 – DNA-RNA Kit	40
Figura 8. Similar 4 – Tabela Periódica em Braile e Alto Relevo	42
Figura 9. Ensaio de tração com materiais para impressora 3D	45
Figura 10. Modelos microbianos em massa de modelar DAS	50
Figura 11. Modelo de bastonete com fímbrias e flagelo em massa de modelar DAS. 50	
Figura 12. Modelos de vibrião em massa de modelar DAS	51
Figura 13. Modelos de forma espiral em massa de modelar DAS	51
Figura 14. Modelo de cocos em cadeia em massa de modelar DAS.....	52
Figura 15. Modelos de cocos em massa de modelar DAS	52
Figura 16. Modelo de cocos em cacho em massa de modelar DAS.....	53
Figura 17. <i>Mockup</i> de vírus complexo em plastilina, papel, madeira e plástico.	53
Figura 18. <i>Mockup</i> de vírus envelopado em isopor, madeira e plastilina	54
Figura 19. Modelagem tridimensional virtual da forma de bacilo com fímbrias e flagelo	55
Figura 20. Modelagem tridimensional virtual da forma de bacilo	55
Figura 21. Modelagem tridimensional virtual da forma de cocos.....	56
Figura 22. Modelagem tridimensional virtual da forma de cocos aos pares	56
Figura 23. Modelagem tridimensional virtual da forma de cocos em oito.....	57
Figura 24. Modelagem tridimensional virtual da forma de cocos em cacho.....	57
Figura 25. Modelagem tridimensional virtual da forma de cocos em cadeia.....	58
Figura 26. Modelagem tridimensional virtual da forma espiral (espiroqueta)	58
Figura 27. Modelagem tridimensional virtual da forma espiral (vibrião)	59
Figura 28. Modelagem tridimensional virtual do vírus complexo (Bacteriófago)	59
Figura 29. Modelagem tridimensional virtual do vírus poliédrico	60
Figura 30. Modelagem tridimensional virtual do vírus envelopado.....	60
Figura 31. Modelagem tridimensional virtual do vírus helicoidal	61
Figura 32. Protótipo da forma bastonete com fímbrias em PLA.....	62
Figura 33. Protótipo da forma espiral bacteriana (vibrião)	62
Figura 34. Fímbrias em filamento flexível	63
Figura 35. Componentes das etapas de moldagem em silicone a partir de fímbrias em PLA.....	64
Figura 36. Ponteiros de polipropileno (10 microlitros)	64
Figura 37. Processo de pigmentação do silicone.....	65
Figura 38. Fímbrias de silicone colorizadas com pigmento azul	65
Figura 39. Protótipo da forma de bacilo revestido com diferentes tipos de fímbrias..	66
Figura 40. Flagelos com diferentes materiais.....	66

Figura 41. Componentes da moldagem do flagelo em silicone.....	67
Figura 42. Conjunto de protótipos das principais formas bacterianas.....	69
Figura 43. Conjunto de protótipos das principais formas de vírus.....	70
Figura 44. Estrutura de superfície do vírus envelopado	71
Figura 45. Modelagem inicial de estruturas de superfície do vírus poliédrico.....	71
Figura 46. Revisão da modelagem de estruturas de superfície do vírus poliédrico	71
Figura 47. Modelo tridimensional do suporte para o protótipo bacilo com fímbrias e flagelo	73
Figura 48. Suporte aplicado ao protótipo	73
Figura 49. Simulação do uso do Kit Microbiano por aluno portador de deficiência visual.....	78

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Censo Escolar – Matrículas na Educação Especial, 1998-2013.....	25
Gráfico 2. Distribuição de matrículas por etapa de ensino, 1998-2013	26

Lista de Quadros

Quadro 1. Currículo de Ciências do Ensino Fundamental, 7º ano	29
Quadro 2. Avaliação KitFis	37
Quadro 3. Avaliação DNA Twist	39
Quadro 4. Avaliação DNA-RNA Kit	40
Quadro 5. Avaliação Tabela Periódica em Braile e Alto Relevo	42
Quadro 6. Propriedades de materiais para impressora 3D.....	45

SUMÁRIO

1. Introdução.....	14
--------------------	----

Capítulo I - Elementos da Proposição

I.1 Apresentação Geral do Problema Projetual	16
I.2 Objetivos	16
I.2.1 Geral.....	16
I.2.2 Específicos	16
I.3 Metodologia	17
I.4 Justificativa	18
I.5 Resultados Esperados.....	19
I.7 Cronograma.....	20

Capítulo II - Levantamento, análise e síntese de dados, análise e elaboração de requisitos projetuais

II.1 Levantamento dos fatores determinantes para o projeto.....	21
II.1.1 Deficiência Visual.....	21
II.1.2 A cor: estímulo visual para alunos com baixa visão.....	22
II.1.3 A Educação Especial	24
II.1.4 Recursos didáticos na educação de deficientes visuais.....	26
II.1.5 Ensino das Ciências Naturais e suas vertentes no Ensino Fundamental.....	27
II.1.6 Microbiologia: Aspectos gerais das bactérias e vírus	29
II.1.7 Modelagem em impressão 3D	32
II.2 Análise e Síntese de dados.....	33
II.2.1 Estudo morfológico dos principais grupos de bactérias e vírus causadores de doenças infecciosas	33
II.2.2 Análise de Similares	35
II.2.3 Características gerais de materiais e suas propriedades.....	42
II.2.4 Análise de Materiais	44
II.3 Elaboração dos requisitos projetuais.....	47

Capítulo III - Experimentações e desenvolvimento de modelos

III.1 Elaboração de modelos	49
III.1.1 Modelagem Volumétrica	49
III.1.2 Modelagem Virtual 3D.....	54
III.1.3 Modelagem Física Tridimensional	61
III.2 Experimentação de materiais.....	63
III.3 Procedimento de avaliação dos modelos	67

Capítulo IV - O projeto

IV.1 O produto.....	69
IV.2 Detalhamento	70
IV.2.1 Estruturas de superfície	70

IV.2.2 Escolha do material	72
IV.2.3 Cores.....	72
IV.2.4 Suporte	73
IV.2.5 Materiais e Processos de Fabricação	74
IV.3 Comparação com os similares.....	75
Conclusão	77
Bibliografia	79
Anexos	83

1. Introdução

Esse projeto se propõe a modelar e a desenvolver modelos tridimensionais dos principais representantes morfológicos de bactérias e vírus, de maneira a tornar os conceitos microscópicos acessíveis aos alunos deficientes visuais, possibilitando uma compreensão acurada de formas e estruturas microbianas abordadas no conteúdo da grade curricular do Ensino Fundamental.

A Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, adotada pela ONU em 13 de dezembro de 2006 é um marco para muitos militantes da justiça e equidade sociais e para seu público destinatário. O propósito dessa Convenção é o de promover, proteger e assegurar o desfrute pleno e equitativo de todos os direitos humanos e liberdades fundamentais por parte de todas as pessoas com deficiência e promover o respeito pela sua inerente dignidade¹. Assegurar os direitos dos deficientes é incluir uma parcela significativa de indivíduos que muitas vezes tem a lei a seu favor mas a prática aplicada não. No Brasil essa parcela representa, segundo dados levantados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) quase 24% que declararam ter algum tipo de deficiência. Entre as deficiências declaradas a mais comum foi a visual, atingindo 3,5% sendo seguida pela deficiência motora com 2,3%. Segundo dados do Censo 2010, no Brasil, das mais de 6,5 milhões de pessoas com deficiência visual, aproximadamente 528 mil são totalmente cegos e cerca de 6 milhões possuem baixa visão².

A educação é parte importante na formação do indivíduo de maneira a estimular o pensamento crítico e a reflexão, assim o acesso a ela se faz essencial além de ser um direito defendido por lei. Dois marcos importantes nesse campo para alunos com necessidades especiais foram a Declaração Mundial de Educação para Todos em 1990 e a Declaração de Salamanca em 1994 os quais além de afirmarem o direito a educação, esta última ressalta o papel da Escola como um agente participativo neste processo (JORGE; PIRES, 2014)³.

Escolas devem buscar formas de educar tais crianças bem-sucedidamente, incluindo aquelas que possuam desvantagens severas. Existe um consenso

¹ Fundação Dorina (<https://www.fundacaodorina.org.br/a-fundacao/deficiencia-visual/convencao-da-onu-sobre-direitos-das-pessoas-com-deficiencia/>).

² Fundação Dorina (<https://www.fundacaodorina.org.br/a-fundacao/deficiencia-visual/estatisticas-da-deficiencia-visual/>).

³ JORGE, V L.; PIRES, B B M. Confecção de modelos biológicos para alunos cegos do segundo segmento. I Seminário Internacional de Inclusão Escolar: práticas em diálogo. 2014.

emergente de que crianças e jovens com necessidades educacionais especiais devam ser incluídas em arranjos educacionais feitos para a maioria das crianças. Isto levou ao conceito de escola inclusiva. O desafio que confronta a escola inclusiva é no que diz respeito ao desenvolvimento de uma pedagogia centrada na criança e capaz de bem-sucedidamente educar todas as crianças, incluindo aquelas que possuam desvantagens severa. (DECLARAÇÃO DE SALAMANCA, 1994) ⁴.

É possível notar então, que a escola deve ter uma postura ativa buscando mecanismos que incluam pessoas que apresentam algum tipo de deficiência no processo de aprendizagem, considerando as particularidades de cada aluno³. Desse modo, observa-se a importância da utilização de recursos adaptados que possam estimular e facilitar o processo de ensino-aprendizagem (VAZ, 2012) ⁵.

Na seleção, adaptação ou elaboração de recursos didáticos para alunos deficientes visuais deverão ser considerados critérios técnicos para se alcançar a máxima eficiência da utilização dos mesmos, tanto para crianças cegas quanto as de baixa visão (CERQUEIRA; FERREIRA, 2000) ⁶.

A literatura tem revelado que existem dificuldades no ensino de Biologia, especialmente na Microbiologia uma vez que o conteúdo é voltado para conceitos abstratos não palpáveis, dificultando a correta assimilação da informação por deficientes visuais (NEPOMUCENO; ZANDER, 2015 e ORLANDO, T C et al, 2009) ^{7,8}. Os microrganismos são formas de vida diminuta muito pequenas para serem vistas a olho nu, devendo ser observados com o auxílio de microscópios, que são equipamentos laboratoriais capazes de ampliar em milhares de vezes o tamanho aparente desses organismos além de proporcionar a resolução da imagem. Esse grupo de organismos é formado por inúmeros representantes incluindo bactérias e vírus (CASE; FUNKE; TORTORA, 2012) ⁹.

⁴ MEC (<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/salamanca.pdf>).

⁵ VAZ, J M C. Material Didático para Ensino de Biologia: Possibilidades de Inclusão. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Vol. 12, nº 3, 2012.

⁶ CERQUEIRA, J B.; FERREIRA, E M B. Recursos Didáticos na educação especial. Revista Benjamin Constant Rio de Janeiro, Vol. 15, Abril 2000.

⁷ NEPOMUCENO, T A R.; ZANDER L D. Uma análise dos recursos didáticos táteis adaptados ao ensino de ciências a alunos com deficiência visual inseridos no ensino fundamental. Revista Benjamin Constant, Rio de Janeiro, Vol. 1, nº 58, Jan-Jun, 2015.

⁸ ORLANDO, T C et al. Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de Biologia Celular e Molecular no Ensino Médio por graduandos de Ciências Biológicas. Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular, São Paulo, Vol. 1, 2009.

⁹ CASE, C L.; FUNKE, B R.; TORTORA, G J. Microbiologia. 10ª.ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

Capítulo I – Elementos da Proposição

I.1 Apresentação Geral do Problema Projetual

Estudos tem revelado a dificuldade na apreensão por deficientes visuais de conteúdos de natureza biológica, em especial, na área da Biologia Celular e Molecular em virtude da abordagem de conceitos em escala microscópica (ORLANDO, T C *et al*, 2009)⁸. Tendo em vista a limitada disponibilidade desses materiais adaptados para alunos com deficiência visual e a natureza abstrata dessa área da Biologia, espera-se que os produtos desenvolvidos nesse projeto preencham esta lacuna proporcionando a aquisição do conhecimento da Microbiologia por esses estudantes.

I.2 Objetivos

I.2.1 Geral

Desenvolver modelos tridimensionais dos principais grupos de bactérias e vírus para serem utilizados como recurso didático complementar da Microbiologia, por deficientes visuais totais e/ou com baixa visão do Ensino Fundamental.

I.2.2 Específicos

- a) Coletar informações sobre o público alvo identificando suas necessidades relacionadas ao Ensino-Aprendizagem;
- b) Levantar informações sobre a temática da Microbiologia no Ensino Fundamental;
- c) Analisar os produtos pedagógicos voltados para esse público alvo tendo como referência os critérios estabelecidos;
- d) Fortalecer o papel do *Design* como uma ferramenta capaz de potencializar a aquisição do conhecimento atrelado a Educação;
- e) Contribuir para a melhoria do ambiente educacional de maneira a torná-lo mais inclusivo e equitativo;
- f) Propor um projeto que atenda as necessidades do público alvo de deficientes visuais totais e/ou com visão em cumprimento aos critérios táteis-sensoriais.

I.3 Metodologia

O desenvolvimento do presente trabalho terá como base a metodologia desenvolvida por Löbach (2001), na qual o processo de design é dividido em quatro grandes fases: **fase de preparação, fase de geração, fase de avaliação e fase de realização**. Estas fases serão utilizadas para orientar o desenvolvimento do projeto com as devidas adaptações¹⁰.

1. Fase de Preparação

Esta etapa foi a fase inicial do projeto, caracterizada por constantes pesquisas e coletas de informações em base de dados técnico-científicas, disponibilizados por meio físico e eletrônico, buscando adquirir maior conhecimento sobre a deficiência visual, os recursos didáticos adaptados a educação especial, a grade curricular do ensino da Microbiologia e as necessidades pedagógicas voltadas para esse público alvo. Serão realizadas pesquisas de produtos similares utilizados no ensino da educação especial visual sob aspectos diversos, incluindo cores, materiais e processos.

2. Fase de Geração

Esta fase consistiu do desenvolvimento criativo de modelos físicos preliminares. Esses modelos serviram de referência para a construção dos modelos físicos tridimensionais definitivos sob o aspecto dimensional de cada uma das formas e das estruturas microbianas. Foi prevista a elaboração de 13 modelos representantes dos principais grupos bacterianos e vírus. No grupo bacteriano foram selecionados representantes das formas básicas: cocos, bacilos e de espiral. No grupo dos vírus foram selecionados representantes de tipos morfológicos diferentes com base na arquitetura do capsídeo e presença de envoltórios: helicoidais, complexos, poliédricos e envelopados. Os modelos foram desenvolvidos em massa de modelar DAS na cor branca, silicone e isopor.

Os protótipos foram modelados utilizando o software 3D Rhinoceros e confeccionados em impressora 3D. Foram utilizados os materiais de plástico de poliácido láctico (PLA), filamento flexível e silicone.

¹⁰ LOBACH, B. Design Industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais. 1ª.ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2001.

3. Fase de Avaliação

Os protótipos tridimensionais desenvolvidos foram avaliados segundo os critérios táteis-sensoriais por uma profissional da área.

4. Fase de Realização

Após a coleta dos dados e análise das informações, foi verificada se haveria necessidade de adequação dos modelos. Após a definição das soluções definitivas foi elaborado o relatório final com os resultados, conclusões da pesquisa e desenhos técnicos dos produtos aprovados. Tendo em vista as exigências do curso para a defesa do projeto, foram elaborados uma apresentação digital, um banner em formato A0 e apresentados os protótipos físicos em sua forma final.

I.4 Justificativa

Na educação especial, principalmente a de deficientes visuais, os recursos didáticos assumem um papel muito importante durante o processo de ensino. Esse fato pode ser notado sob os seguintes aspectos: dificuldade do deficiente visual, em especial do cego, de estabelecer contato com o ambiente físico, a carência de material didático especializado adaptado, a necessidade de motivação para a aprendizagem e a relevância da percepção tátil no manuseio de diferentes materiais (CERQUEIRA; FERREIRA, 2000) ⁶.

Tendo em vista o papel do *Design* no contexto atual como um campo que busca a interdisciplinaridade e conexão entre diferentes áreas de conhecimento, a correlação *Design* e Educação permitiu a criação da linha de investigação *Design* em Situações de Ensino-Aprendizagem. Essa linha ressalta a importância do *design* dentro do ambiente educacional, em que o princípio básico é potencializar o processo de aquisição de conhecimento por meio de artefatos, ambientes e sistemas analógicos e digitais. Nessa perspectiva, cada solução de *design* representa a busca de equilíbrio entre interesses e necessidades do professor e do aluno como também das instituições educacionais (PORTUGAL, 2009) ¹¹.

¹¹ PORTUGAL, C. *Design em Situações de Ensino-Aprendizagem: um diálogo interdisciplinar*. Dissertação de Doutorado – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

Dessa maneira, o *Design* assume um papel importante no processo de Ensino-Aprendizagem, adquirindo uma postura participativa ao propor soluções, tendo em vista as necessidades do professor e do aluno, objetivando auxiliar o processo de aprendizagem.

O presente projeto pretende trazer benefícios diretos para os alunos com deficiência visual total e/ou com baixa visão, os quais poderão compreender melhor por meio de peças físicas tridimensionais, os conceitos abstratos da Microbiologia por meio do contato físico com os mesmos. A incorporação de conceitos da escala microscópica para a dimensão física palpável, permitirá uma compreensão acurada das diversas estruturas e formas dos microrganismos.

Além disso, os modelos visam favorecer a melhor percepção tátil e visual de alunos com baixa visão, por apresentarem materiais com cores contrastantes e de diferentes texturas.

1.5 Resultados Esperados

Espera-se que os modelos físicos tridimensionais dos principais grupos bacterianos e de vírus possam ser utilizados por alunos com deficiência visual total e/ou com baixa visão, proporcionando a apreensão do conhecimento da morfologia microbiana. Esses modelos serão posteriormente doados ao IBC (Instituto Benjamin Constant) e incorporados no acervo da instituição para que possam ser utilizados como ferramenta auxiliar educacional.

O presente trabalho procura assim contribuir para um processo mais equitativo na educação inclusiva, proporcionado por esses recursos adaptados para alunos deficientes visuais.

I.7 Cronograma

QUINZENA ATIVIDADE	Abril		Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
Levantamento bibliográfico																		
Modelagem Volumétrica																		
Modelagem Virtual																		
Modelagem Física Tridimensional																		
Avaliação técnica																		
Adequação dos protótipos																		
Redação do TCC																		
Desenvolvimento técnico do projeto																		
Elaboração da apresentação digital																		
Defesa do TCC																		

Capítulo II – Levantamento, análise e síntese de dados, análise e elaboração de requisitos projetuais

II.1 Levantamento dos fatores determinantes para o projeto

II.1.1 Deficiência Visual

A expressão, deficiência visual, se refere ao espectro que vai da cegueira até a baixa visão. Entre esses dois extremos da capacidade visual estão situadas as patologias como miopia, estrabismo, hipermetropia que não constituem necessariamente uma deficiência visual (GIL, 2000) ¹². Há várias classificações para a deficiência visual, que variam conforme as limitações e os fins que se destinam. Para compreender melhor essas classificações, faz-se necessário o entendimento de funções visuais, identificando alguns conceitos importantes: **acuidade visual** é a capacidade do olho de distinguir detalhes, identificar o contorno e forma dos objetos a uma certa distância, **binocularidade** é a capacidade de fusão da imagem proveniente de ambos os olhos em convergência ideal, o que proporciona a noção de profundidade, **campo visual** é a extensão do espaço que o olho vê quando está parado e olha em frente, **visão de cores** é a capacidade para distinguir diferentes tons e nuances das cores, **sensibilidade à luz** é a capacidade de adaptação frente aos diferentes níveis de luminosidade do ambiente e **sensibilidade ao contraste** é habilidade para discernir pequenas diferenças na luminosidade de superfícies adjacentes ¹³.

Do ponto de vista clínico, para um indivíduo ser considerado deficiente visual ele deve apresentar limitações significativas na acuidade e no campo visual. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) a deficiência visual está organizada em cinco categorias sendo a 1 e 2 relativas a situações de baixa visão e, as 3, 4 e 5 de cegueira (LADEIRA; QUEIRÓS, 2002) ¹⁴. Considerando que uma pessoa com visão normal corresponde a fração 10/10 (1) classifica-se:

1. Moderada: Acuidade Visual binocular corrigida entre 3/10 e 1/10 (0,3 - 0,1), com campo visual de pelo menos 20°;
2. Grave: Acuidade Visual binocular corrigida entre 1/10 e 1/20 (0,1 – 0,05);

¹² GIL, M. Deficiência Visual. Brasília. MEC. Secretaria de Educação a Distância, 2000.

¹³ EFDeportes (<http://www.efdeportes.com/efd93/defic.htm>).

¹⁴ LADEIRA, F.; QUEIRÓS, S. Compreender a Baixa Visão. Ministério da Educação, 2002.

3. Profunda: Acuidade Visual binocular corrigida entre 1/20 e 1/50 (0,05 – 0,02) ou com um campo visual inferior a 10° mas superior a 5°;
4. Quase total: Acuidade Visual binocular inferior a 1/50 com percepção luminosa preservada ou campo visual inferior a 5°;
5. Total: Cegueira absoluta com ausência de percepção luminosa.

A baixa visão, também denominada visão subnormal, caracteriza-se por um comprometimento significativo da visão que não pode ser corrigido com o uso de óculos convencionais, lentes de contato e nem mesmo com intervenção cirúrgica. Trata-se de uma perda parcial da visão. Ela abrange comprometimentos de diversas naturezas e intensidades nas funções visuais, as quais englobam desde a simples percepção de luz até a redução da acuidade e do campo visual que interferem ou limitam a execução de tarefas e o desempenho visual. Assim, esse grupo é bem heterogêneo, abrangendo pessoas com graus mais ou menos afetados da visão. A cegueira por sua vez, é uma alteração grave ou total de uma ou mais das funções elementares da visão que afeta de modo irremediável a capacidade de perceber cor, tamanho, distância, forma, posição ou movimento em um campo mais ou menos abrangente. Pode ocorrer desde o nascimento, sendo denominada como cegueira congênita, ou posteriormente, cegueira adquirida, em decorrência de causas orgânicas ou acidentais (SÁ; CAMPOS; SILVA, 2007) ¹⁵.

Os comprometimentos da visão que classificam um indivíduo como portador de deficiência visual, baixa visão ou cegueira, podem ser causados por diversas patologias oculares como Glaucoma e Catarata congênitos e podem ser resultantes de doenças como diabetes, deslocamento de retina ou traumatismos oculares. Esses fatores ocasionam perturbações no funcionamento visual contribuindo para: percepção turva, escotoma (área de não visão rodeada de áreas com visão) e visão tubular ¹³.

II.1.2 A cor: estímulo visual para alunos com baixa visão

A visão constitui um canal com grande importância na aprendizagem já que é por meio deste sentido que muitas informações são absorvidas (MOLLOSSI; AGUIAR; MORETTI, 2016) ¹⁶. Em se tratando de deficientes visuais, os outros sentidos deverão

¹⁵ SÁ, E D.; CAMPOS, I M.; SILVA, M B C. Atendimento Educacional Especializado: Deficiência Visual. Brasília: MEC, 2007.

¹⁶ MOLLOSSI, L F S B.; AGUIAR, R.; MORETTI M T. Materiais didáticos para inclusão de educandos cegos no ensino da matemática. Joinville, 2016.

ser estimulados para que permitam o entendimento e a percepção do mundo ao redor em detrimento da visão. No caso de alunos com baixa visão assim como de alunos com visão normal os estímulos visuais constituem uma ferramenta importante no processo de aprendizagem ¹⁷. Em meio a um mundo excessivamente visual, a utilização de mecanismos que possam ressaltar determinado conteúdo e estimular o interesse dos alunos pode contribuir significativamente para o ensino.

Para um melhor desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem de estudantes que possuem baixa visão, os recursos e materiais didáticos que possuem um apelo visual devem adotar o uso de cores fortes e contrastantes. O forte contraste entre as cores empregadas facilita e permite a visualização e identificação de cada área colorida. Utilizando-se desse contraste, o aluno com visão subnormal é capaz de identificar com maior facilidade as diferenças cromáticas ¹⁸.

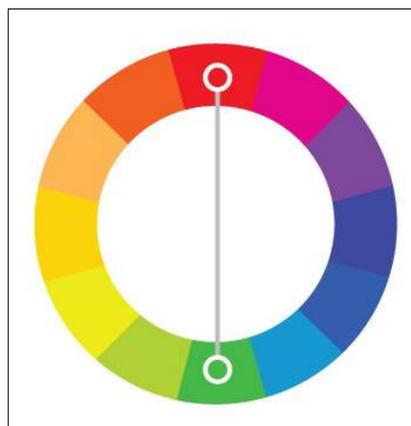
Para se estudar uma combinação de cores harmoniosa muitas vezes se utiliza o círculo cromático como uma ferramenta de apoio. É através dele que pode-se visualizar muitos esquemas de harmonias cromáticas (Figura 1) ¹⁹. Diante de um aluno com visão subnormal, o uso de cores contrastantes é essencial e ao analisar o círculo cromático uma das combinações que produzem maior contraste é o uso de cores complementares. Nesse esquema as cores estão localizadas diretamente em oposição no círculo. Assim, o uso de verde com vermelho por exemplo é uma opção com bastante contraste assim como roxo e amarelo. Em materiais escritos e peças que se utilizam de mais de uma cor, buscar o uso de cores contrastantes e fortes pode facilitar a visualização e a identificação do conteúdo por parte do aluno portador de visão subnormal.

¹⁷ Desafios da Educação (<https://desafiosdaeducacao.com.br/importancia-dos-estimulos-visuais-na-sala-de-aula/>).

¹⁸ Visão na infância (<https://visaonainfancia.com/aluno-com-baixa-visao-adaptacoes/>).

¹⁹ Chief of Design (<https://www.chiefdesign.com.br/teoria-das-cores/>).

Figura 1. Cores complementares no Círculo Cromático.



Fonte: www.chiefofdesign.com.br

II.1.3 A Educação Especial

Diante das legislações atuais em exercício, a defesa pelo direito a educação a todos é inerente as condições dos alunos. Os alunos com necessidades educacionais especiais também tem o direito ao acesso a uma educação de qualidade sem exclusões. É diante esse panorama que a educação especial vem sendo muito discutida sob duas perspectivas: educação especial em classes especiais e em classes comuns de ensino regular.

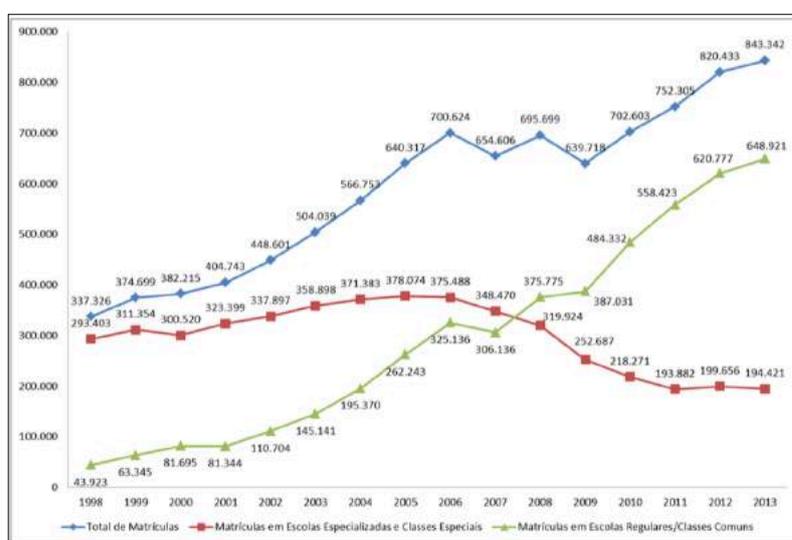
A Educação Especial em classes especiais se organizou tradicionalmente como atendimento educacional especializado substitutivo ao ensino comum, evidenciando diferentes compreensões, terminologias e modalidades que levaram à criação de instituições especializadas. No Brasil, o atendimento às pessoas com deficiência teve início na época do Império, com a criação de duas instituições: o Imperial Instituto dos Meninos Cegos, em 1854, atual Instituto Benjamin Constant – IBC, e o Instituto dos Surdos Mudos, em 1857, hoje denominado Instituto Nacional da Educação dos Surdos – INES, ambos no Rio de Janeiro. Destacam-se ainda o Instituto Pestalozzi, instituição especializada no atendimento às pessoas com deficiência mental, a Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE) e o Instituto Helena Antipoff, especializado no atendimento educacional às pessoas com superdotação²⁰.

²⁰ MEC (http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=16690-politica-nacional-de-educacao-especial-na-perspectiva-da-educacao-inclusiva-05122014&Itemid=30192).

A Educação Especial em classes comuns de ensino regular constitui uma perspectiva de educação inclusiva. Essa perspectiva diferentemente da Educação Especial em classes especiais, caracteriza-se por ser um sistema educacional híbrido que alia a educação regular com a educação especial, ou seja, as crianças com algum tipo de deficiência são inseridas no ambiente escolar normal ²¹. Para que essa inclusão seja de fato eficiente e não prejudique o rendimento escolar dos alunos, é necessária uma estrutura adaptada a este aluno portador de deficiência que vai desde o material didático até a capacitação de professores ²¹.

Segundo o Censo Escolar (1998-2013), a busca pela Educação Especial teve um crescimento substancial notado a partir do final da década de 90 até esse ano do Censo (Gráfico 1). Observa-se que pelo gráfico 2, que as matrículas no segmento do Ensino Fundamental da Educação Especial são muito expressivas revelando a necessidade para uma educação inclusiva crescente. A educação inclusiva e a inserção de alunos com necessidades especiais no primeiro segmento de educação constituem essa mentalidade mais inclusiva, onde busca-se o direito a uma educação mais equitativa em prol dos alunos com necessidades educacionais especiais ²⁰.

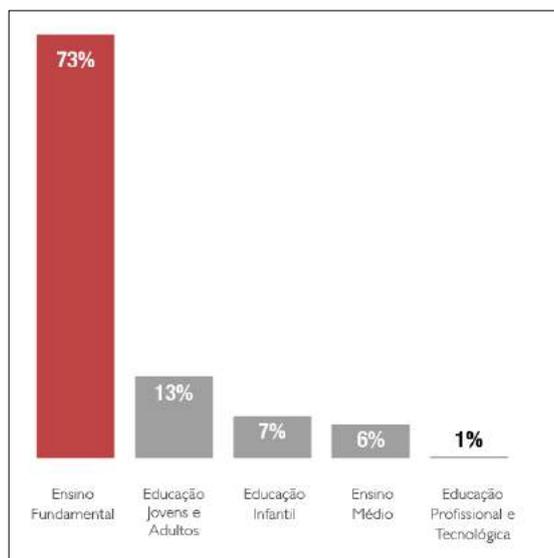
Gráfico 1. Censo Escolar - Matrículas na Educação Especial, 1998-2013.



Fonte: portal.mec.gov.br

²¹ Portal Educação (<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/idiomas/educacao-especial-e-educacao-inclusiva-qual-a-diferenca/55698>).

Gráfico 2. Distribuição de matrículas por etapa de ensino, 1998-2013.



Fonte: portal.mec.gov.br

II.1.4 Recursos didáticos na educação de deficientes visuais

O desenvolvimento do indivíduo é influenciado diretamente pela visão e por meio desse sentido as crianças podem se interessar em explorar mais o mundo que os cerca. No caso de crianças com deficiência visual, esse desenvolvimento deverá estar associado a um ambiente adaptado capaz de motivar a apreensão de conteúdo e estimular os outros sentidos. Sob essa perspectiva da educação inclusiva e especialmente, do aluno deficiente visual, no campo da educação, o uso de recursos didáticos apropriados é um meio imprescindível que permite a adaptação no ambiente escolar visando uma melhor compreensão do conteúdo programático.

Dentre as vertentes da educação especial, a educação de deficientes visuais talvez seja a que mais necessite do uso de recursos didáticos considerando a dificuldade do contato com o ambiente físico e a carência de material adaptado a aprendizagem do deficiente visual conduzindo os conteúdos a meros verbalismos (CERQUEIRA; FERREIRA, 2000) ⁶.

Os recursos didáticos são todos os recursos físicos utilizados com maior ou menor frequência em disciplinas, áreas de estudo ou demais atividades, sejam quais forem as técnicas ou métodos empregados, visando auxiliar o educando a realizar sua

aprendizagem de forma mais eficiente, constituindo-se num meio para facilitar, incentivar ou possibilitar o processo ensino-aprendizagem. Os recursos didáticos podem ser classificados em quatro categorias: **naturais**, elementos de existência real na natureza, **pedagógicos**, **tecnológicos** e **culturais**. (CERQUEIRA; FERREIRA, 2000) ⁶.

Na educação especial os recursos didáticos podem ser divididos em: **seleção**, **adaptação** e **confeção**. A seleção engloba os recursos didáticos utilizados por alunos com visão normal que podem ser utilizados também por alunos com deficiência visual sem necessidade de modificações. A adaptação consiste em alterações e adequações de materiais já existentes para que eles possam ser utilizados por deficientes visuais permitindo sua total compreensão. A confeção consiste na elaboração de um material específico para o público deficiente visual, muitas vezes empregando materiais de fácil acesso (CERQUEIRA; FERREIRA, 2000) ⁶.

II.1.5 Ensino das Ciências Naturais e suas vertentes no Ensino Fundamental

A disciplina de Ciências Naturais estuda diferentes conjuntos de fenômenos naturais e geram representações do mundo ao buscar compreensão sobre o Universo, o espaço, o tempo, a matéria, o ser humano, a vida, seus processos e transformações ²².

Inserida no Ensino Fundamental do 1º ao 9º anos, a disciplina de Ciências Naturais organiza seus conteúdos ao longo desse primeiro ciclo de formação, com o objetivo de desenvolver competências que permitam ao aluno compreender o mundo e atuar como indivíduo e como cidadão, utilizando conhecimentos de natureza científica e tecnológica. Dessa maneira, a seleção dos conteúdos trabalhados no Ensino Fundamental deve estar sujeita aos seguintes critérios ²²:

1. Os conteúdos devem favorecer a construção, pelos estudantes, de uma visão de mundo como um todo formado por elementos interrelacionados, entre os quais o ser humano, agente de transformação. Devem promover as relações entre diferentes fenômenos naturais e objetos da tecnologia, entre si e reciprocamente, possibilitando a percepção de um mundo em transformação e sua explicação científica permanentemente reelaborada;

²² Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais. Brasília: MEC, 1998.

2. Os conteúdos devem ser relevantes do ponto de vista social, cultural e científico, permitindo ao estudante compreender, em seu cotidiano, as relações entre o ser humano e a natureza mediadas pela tecnologia, superando interpretações ingênuas sobre a realidade à sua volta;

3. Os conteúdos devem se constituir em fatos, conceitos, procedimentos, atitudes e valores a serem promovidos de forma compatível com as possibilidades e necessidades de aprendizagem do estudante, de maneira que ele possa operar com tais conteúdos e avançar efetivamente nos seus conhecimentos.

A variedade de conteúdos presente no currículo de Ciências Naturais pode ser notada diante a abrangência de suas áreas de conhecimento (Biologia, Astronomia, Física, Química) além da complexidade de cada uma. Dessa maneira, o ensino de Ciências para o Ensino Fundamental constitui uma formação bastante plural e diversificada sobre as temáticas que rodeiam o dia-a-dia trazendo a discussão de conceitos científicos para a sala de aula.

No ensino de Ciências em sua vertente da Biologia, conteúdos da Microbiologia estão concentrados principalmente na grade curricular do 7º ano (Quadro 1)²³. É nesta série que são abordadas temáticas de grupos virais e bacterianos. No primeiro caso, são estudados características gerais desses seres abordando suas especificidades em relação aos demais. No segundo, as bactérias se enquadram no estudo dos Reinos. Além disso, essas duas temáticas também podem ser vistas ao serem discutidos temas sobre doenças, onde esses seres podem ser os causadores.

²³ Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/1807290/DLFE-226828.pdf/1.0>).

Quadro 1. Currículo de Ciências do Ensino Fundamental, 7º ano.

<p style="text-align: center;">7º ANO</p> <p style="text-align: center;">Eras da Terra. Surgimento da vida na Terra.</p> <p style="text-align: center;">Reinos: Monera, Protista, Fungi, Animalia e Plantae.</p> <p style="text-align: center;">Estudo dos Fósseis. Seleção Natural e Evolução das espécies</p> <p style="text-align: center;">Características gerais dos seres vivos. Vírus e suas características básicas.</p> <p style="text-align: center;">Características morfo-fisiológicas do reino Animália, diferenciando vertebrados e invertebrados.</p> <p style="text-align: center;">Doenças: Dengue, cólera e leptospirose- Controle biológico.</p> <p style="text-align: center;">Intervenção dos seres humanos na dinâmica dos animais.</p> <p style="text-align: center;">Características morfo-fisiológicas do reino Plantae, diferenciando gimnospermas e angiospermas.</p> <p style="text-align: center;">Importância medicinal, econômica e ambiental das plantas.</p> <p style="text-align: center;">Intervenção do homem na dinâmica ecológica das plantas.</p> <p style="text-align: center;">Desafios Atuais: Alimentos e tecnologia. Transgênicos. Orgânicos.</p> <p style="text-align: center;">Princípios ativos farmacológicos</p>

Fonte: Orientações Curriculares: Áreas Específicas. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2009.

II.1.6 Microbiologia: Aspectos gerais das bactérias e vírus

A Microbiologia é o ramo da Biologia que estuda os seres vivos microscópicos nos seus mais variados aspectos incluindo morfologia, estrutura, fisiologia, reprodução, genética, taxonomia e também a interação com outros seres e como o meio ambiente. Bactérias e vírus estão entre os principais grupos estudados na Microbiologia.

As bactérias representam um grupo muito heterogêneo nos seus inúmeros gêneros e espécies e são diferenciadas por muitas características, incluindo a morfologia (forma) da célula. Baseado nessa característica, as bactérias apresentam algumas formas básicas distintas como: esféricas ou cocos, cilíndricos ou bacilos e de espiral, os quais contemplam importantes bactérias tanto as de interesse médico agentes de doenças infecciosas quanto também os organismos comensais, não causadores de doenças, inclusive podendo ter ação benéfica ao hospedeiro. A célula bacteriana pode apresentar estruturas em sua superfície como fímbrias, flagelos e pili que possuem funções distintas auxiliando na aderência da bactéria sobre superfícies diversas, no

movimento e na transferência de material genético (CASE; FUNKE; TORTORA, 2012)⁹.

Os cocos em geral são redondos e quando se dividem para se reproduzir, as células podem permanecer ligadas umas as outras. É durante esse processo de divisão que são originados subgrupos dos cocos de acordo com o número de planos de divisão. Quando há um plano de divisão e os cocos permanecem aos pares eles são chamados de diplococos já os que permanecem unidos em forma de cadeia são chamados de estreptococos. Quando a divisão ocorre em dois planos e os grupos permanecem unidos são formadas as tétrades. Com três planos de divisão são formadas as sarcinas. Quando existem múltiplos planos de divisão e forma-se um agrupamento com formato de cacho de uva, estes são chamados de estafilococos. A maioria dos bacilos apresentam-se em bastonetes simples. As bactérias espirais possuem uma ou mais curvaturas, elas nunca são retas. Nesta morfologia apresentam-se três grupos: vibriões, espirilos e espiroquetas. O primeiro se assemelha a um bastão curvo, o segundo e o terceiro tem uma forma helicoidal tendo as espiroquetas a possibilidade de ter um corpo flexível.

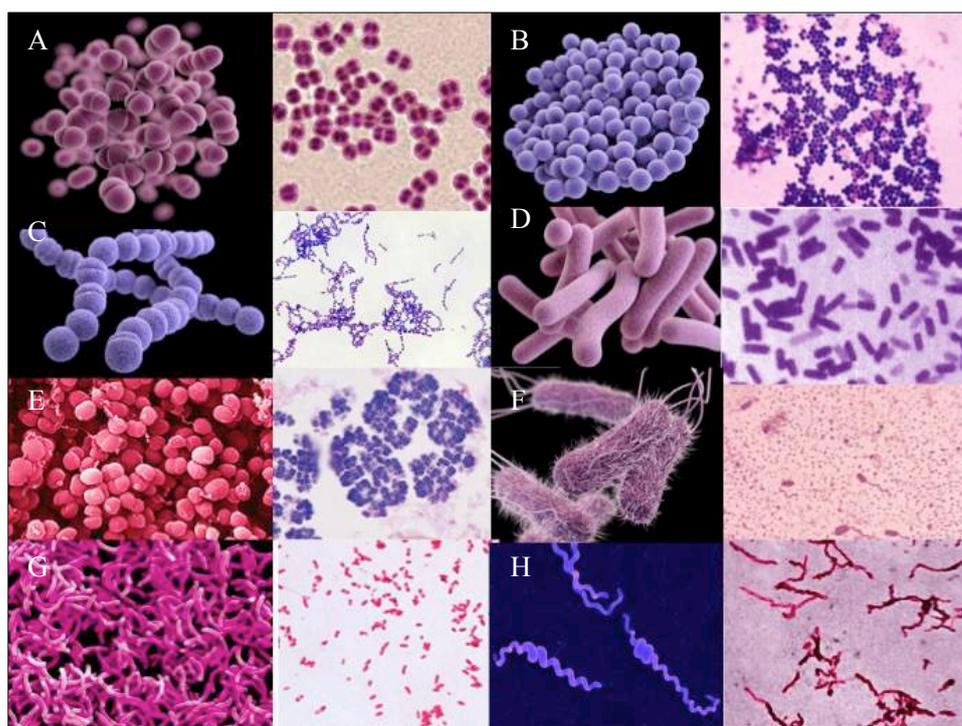
Os vírus são um pouco menores que as bactérias e alguns dos maiores vírus são praticamente do mesmo tamanho de algumas bactérias. Os vírus podem ser identificados e classificados conforme várias características, incluindo a morfologia. Os vários grupos morfológicos podem ser diferenciados com base na arquitetura do capsídeo, que é o envoltório à base de proteínas que protege o material genético desses seres vivos. Em alguns vírus o capsídeo é coberto por um envelope composto de lipídeos, proteínas e carboidratos. Dependendo do vírus, o envelope pode ou não apresentar estruturas que se projetam da superfície dos mesmos. Essas estruturas tem funções diversas como se ligar a superfície da célula hospedeira e aglutinar eritrócitos. De um modo geral, os vírus podem assim ser agrupado como helicoidais, poliédricos, envelopados e complexos, de acordo com a simetria do capsídeo e a presença de estruturas complexas envolvendo o núcleocapsídeo (CASE; FUNKE; TORTORA, 2012)⁹. Os vírus helicoidais se assemelham a bastões, onde seu capsídeo é cilíndrico e oco. Os vírus poliédricos apresentam seu capsídeo em forma de poliedro, em sua maioria icosaedro. Os envelopados, ou seja, os que apresentam um envelope envolvendo o capsídeo são relativamente esféricos. E os vírus complexos

são aqueles que possuem estruturas mais complicadas e aderidas a sua superfície. Assim como nas bactérias, os vírus podem apresentar estruturas externas chamadas espículas que se projetam da superfície do envelope. Essas estruturas tem funções diversas como se ligar a superfície da célula hospedeira e aglutinar eritrócitos.

É essa enorme variedade microbiana, do ponto de vista visual, aliada às características diminutas desses organismos, motivaram o desenvolvimento do presente trabalho tendo em vista a dificuldade do aprendizado desse conteúdo por estudantes deficientes visuais.

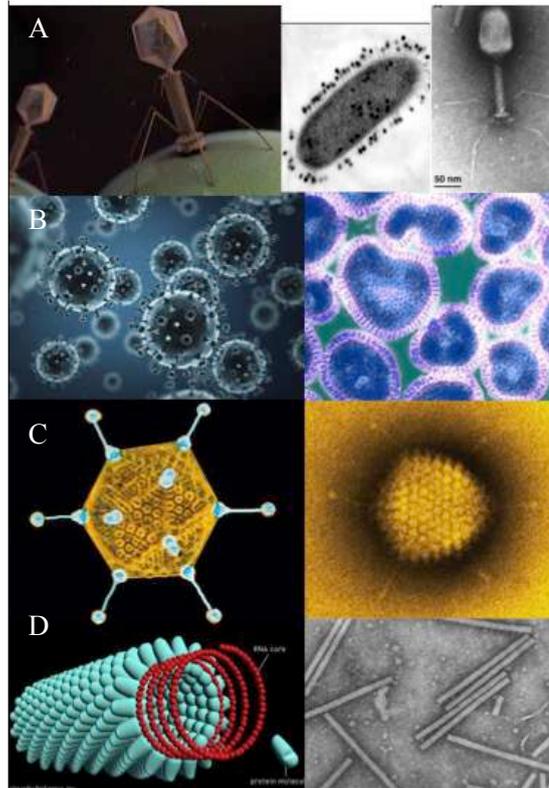
Essas morfologias estão apresentadas nas Figuras 2 e 3, por meio de imagens obtidas a partir de microscopia ótica (técnicas de coloração) e microscopia eletrônica (varredura) além de ilustrações tridimensionais, objetivando dar uma melhor percepção das diferentes formas e estruturas desses grupos.

Figura 2. Imagens representativas das principais morfologias bacterianas.



Legenda. A, cocos aos pares; B, cocos em cacho; C, cocos em cadeia; D, bastonete; E, cocos em oito; F, bastonete com fimbrias e flagelos; G, Vibrião; H, espiroqueta.

Figura 3. Imagens representativas das principais morfologias de vírus.

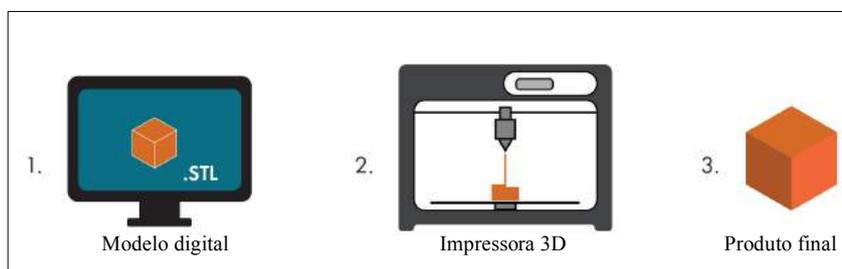


Legenda. A, vírus complexo; B, vírus envelopado; C, vírus poliédrico; D, vírus helicoidal.

II.1.7 Modelagem em impressão 3D

O termo manufatura aditiva, também conhecido como impressão 3D vem sendo muito abordado atualmente apesar dessa tecnologia não ser tão recente tendo a sua concepção nos anos 80. A impressão 3D é o processo pelo qual objetos físicos são criados pela deposição de materiais em camadas. Esse processo tem início com a elaboração de um modelo digital que é enviado para uma máquina de impressão 3D, capaz de decodificar o arquivo iniciando a etapa de deposição de camadas para a criação do produto final em 3D (Figura 4).

Figura 4. Esquema simplificado do processo de impressão 3D.



A manufatura aditiva engloba uma gama enorme de materiais e processos, e é em razão dessa diversidade que se é capaz de categorizar essa tecnologia em três principais grupos: sistemas baseados em líquidos, sistemas baseados em pó e sistemas baseados em sólidos. Em sistemas baseados em líquidos a formação de um objeto ocorre a partir da cura seletiva de polímeros (resinas) fotossensíveis. Os sistemas baseados em pó oferecem uma variedade maior de possibilidades de materiais como polímeros, metais e cerâmicos. O método mais conhecido que emprega o pó utiliza o laser para fundir as camadas. (HOPKINSON; HAGUE; DICKENS, 2006) ²⁴.

Os sistemas baseados em sólidos são os que estão mais presentes na indústria desde os anos 90. O processo mais conhecido e mais comumente utilizado é o FDM (Fused Deposition Modeling), em que o objeto 3D é criado a partir da extrusão de um material, normalmente um polímero termoplástico. (HOPKINSON; HAGUE; DICKENS, 2006) ²⁴.

Devido a avanços tecnológicos e a contínua busca por eficiência, a todo o momento surgem novos materiais e novos processos. E na área da impressão 3D essas inovações permitem a ampliação do campo de atuação dessa tecnologia. No setor da indústria civil, por exemplo, já é possível ver casas inteiramente impressas em concreto ²⁵. Na área médica, o processo de bioimpressão utilizando células vivas como substrato para impressão é um exemplo do avanço de pesquisas no setor de implantes aplicando essa tecnologia ²⁶.

II.2 Análise e Síntese de dados

II.2.1 Estudo morfológico dos principais grupos de bactérias e vírus causadores de doenças infecciosas

O mundo microbiano é muito diversificado, ao analisar cada um dos grupos morfológicos de vírus e bactérias é possível identificar inúmeros representantes, onde cada grupo tem a sua particularidade. Esses microrganismos são agentes infecciosos de importantes doenças para os seres humanos e portanto, essa temática assume relevância ao ser abordada em sala de aula.

²⁴ HOPKINSON, N.; HAGUE, R.J.M.; DICKENS, P.M. Rapid manufacturing: an industrial revolution for the digital age. John Wiley & Sons, Ltd, 2006.

²⁵ Engenhariae (http://engenhariae.com.br/tecnologia/impressora-3d-construi-casa-de-concreto-em- apenas-24-horas-custo-de-us10-000/)

²⁶ Cellink (https://cellink.com/heres-3d-printers-making-human-body-parts/)

1. Representantes do grupo bacteriano:

A. Bastonete, é uma bactéria em forma de bastão podendo ter estruturas como cílios para fixação e flagelos para auxiliar na locomoção. Um representante dessa morfologia é a espécie *Escherichia coli* que faz parte da microbiota intestinal mas também bactérias dessa espécie causam infecções intestinais e extraintestinais como infecção urinária, meningite e septicemia

B. Cocos é uma morfologia bacteriana que representa os gêneros como:

B.1 *Staphylococcus*, são bactérias com morfologia de cocos dispostos em cachos. Podem causar pneumonias, bacteremias, infecções de pele e tecidos moles, infecções relacionadas ao uso de próteses e cateteres venosos e meningites.

B.2. *Streptococcus*, são bactérias com morfologia de cocos dispostos em cadeias. Podem causar infecções do trato respiratório, pele e tecidos moles, endocardites, seps e meningites.

B.3. *Neisseria* que são cocos dispostos aos pares (diplococos), que podem causar gonorreia, meningite pneumonia e artrite.

C. Espiroquetas, são bactérias com morfologia espiral. As principais doenças causadas por esse grupo incluem a Leptospirose, Sífilis, Doença de Lyme e Boubá.

D. Vibriões, são bactérias que se assemelham a bastões curvos. O seu principal representante é agente causador da Cólera.

2. Representantes do grupo dos vírus:

A. Vírus Helicoidais, lembram bastões longos que podem ser rígidos ou flexíveis e são causadores de doenças como Raiva e Febre Hemorrágica.

B. Vírus Poliédricos, são vírus de forma icosaédrica e representam os Adenovírus que são agentes de infecções respiratórias e tumores em animais e Poliovírus que causam a Poliomielite em seres humanos.

C. Vírus Envelopados, são vírus também conhecidos como encapsulados e apresentam a sua forma relativamente esférica. Essa morfologia representa os agentes da Gripe e do Herpes genital e labial.

D. Vírus Complexos são vírus que apresentam estruturas complexas. São representados por exemplo por vírus que infectam bactérias (bacteriófagos) e por causadores da Varíola.

II.2.2 Análise de Similares

Diante da discussão sobre a importância da inclusão escolar de alunos com deficiência, em especial os deficientes visuais, em um ambiente com condições igualitárias, os produtos analisados devem atender a exigência desse contexto educacional.

Cada um dos similares apresentados foram analisados com base no tamanho, significação tátil, estimulação visual, fidelidade, facilidade no manuseio e resistência (CERQUEIRA; FERREIRA, 2000) ⁶. Para esta análise assumiu-se as notas de 1 a 5, sendo o número 1 representado como não cumprimento do critério e o número 5 como cumprimento ideal/total do critério em questão.

O critério **tamanho**, levará em consideração a adequação do dimensionamento dos produtos. No caso de deficientes visuais este fator é importante pois a compreensão pode ser prejudicada caso o seu tamanho seja muito grande, não permitindo o entendimento de sua totalidade ou se for muito pequeno, perdendo aspectos importantes.

O quesito **significação tátil** levará em conta diretamente os aspectos táteis, analisando a presença de relevos e/ou texturas. Este critério assume relevância ao ser observado que por meio do tato os alunos deficientes visuais conseguem compreender maiores detalhes.

No critério **estimulação visual** serão analisados a presença de elementos visuais, como por exemplo o uso das cores, como mais um elemento que visa a identificação

mais fácil de diferentes estruturas/peças no mesmo produto. Considerando que o público de deficientes visuais é composto também por alunos que possuem baixa visão, este critério é importante para contemplá-los.

O critério **fidelidade** levará em consideração o quanto o produto analisado está próximo de sua representação fiel. Quanto mais próximos do real, melhor será para a compreensão dos alunos.

No critério **facilidade no manuseio** será analisada a praticidade com que os alunos manipulam os similares. Neste quesito será observado se o produto é de fácil compreensão com relação ao funcionamento de suas partes.

O critério **resistência** levará em consideração a durabilidade dos materiais constituintes dos produtos considerando a constante manipulação dos mesmos. Os produtos deverão resistir a constantes manipulações, estando sujeitos a ações como puxar, apertar e empurrar sem sofrer danos. Neste quesito, a escolha do material é de grande importância.

A seguir são apresentados 4 similares como propostas de apoio educacional para deficientes visuais.

1. KitFis

O kit didático desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) reproduz, de forma tátil, ilustrações bidimensionais de fenômenos e situações físicas similares as encontradas nos livros didáticos de Física ou construídas na lousa pelo professor (Figura 5). O KitFis é formado por uma mesa magnética e 83 peças confeccionadas em aço com diversos formatos e tamanhos. No critério **tamanho**, as peças do kit aparentam ter um dimensionamento adequado à manipulação, não sendo muito pequenas. No quesito **significação tátil**, as peças permitem um relevo com relação a mesa magnética mas não tem texturas que poderiam facilitar identificação de diferentes formas. Com relação a **estimulação visual**, o kit se utiliza de peças de mesma cor, pretas, o que não seria tão estimulante

quanto peças coloridas para um aluno com visão subnormal. No critério **fidelidade**, o kit se propõe a reproduzir ilustrações bidimensionais e cumpre o seu papel mas talvez a tridimensionalidade possa contribuir ainda mais para esse processo de aprendizagem. O kit apresenta uma praticidade em sua utilização, facilitando o manuseio pelos alunos. Com relação a **resistência**, a utilização de aço nas peças confere uma boa durabilidade ao material e a capacidade de se manter íntegro durante períodos de manipulação constante.

Figura 5. Similar 1 - KitFis.



Fonte: www.douradosagora.com.br

O somatório das pontuações obtidas para o KitFis foi de 22 (Quadro 2).

Quadro 2. Avaliação KitFis.

KitFis	
Critérios	Avaliação
Tamanho	4
Significação Tátil	3
Estimulação Visual	1
Fidelidade	4
Facilidade de manuseio	5
Resistência	5
TOTAL: 22	

2. DNA Twist

DNA Twist é um modelo vendido pela *American Printing House for the Blind* que demonstra a estrutura da molécula de DNA (Figura 6). Este produto é composto por duas estruturas laterais em espuma e 20 estruturas internas que representam as bases e suas combinações. No critério **tamanho**, é possível perceber pela imagem que as bases tem um dimensionamento bem reduzido, o que pode dificultar o manuseio das peças. No quesito **significação tátil**, este produto é ideal pois cada uma das bases contem uma textura diferente permitindo uma fácil identificação por meio do tato além da utilização de materiais de diversas naturezas permitindo identificar diferentes estruturas. O uso de cores contribui para uma **estimulação visual** de alunos com visão subnormal, as cores são contrastantes porém o azul poderia ter uma saturação maior para produzir um maior contraste como ocorre com as duplas marrom e branco. O produto representa da maneira bem próxima ao real um modelo da molécula de DNA que é estudado em sala de aula. O **manuseio** é fácil, considerando a identificação das bases por meio do uso de cores e texturas e a possibilidade de torção das estruturas laterais porém o tamanho reduzido das bases pode ser um fator que dificulte o uso. No critério **resistência**, com a utilização da espuma o material pode sofrer com as constantes manipulações, perdendo aos poucos suas partes podendo se desmanchar.

Figura 6. Similar 2 - DNA Twist.



Fonte: www.shop.aph.org

O somatório das pontuações obtidas para o DNA Twist foi de 24 (Quadro 3).

Quadro 3. Avaliação DNA Twist.

DNA Twist	
Critérios	Avaliação
Tamanho	3
Significação Tátil	5
Estimulação Visual	4
Fidelidade	5
Facilidade de manuseio	4
Resistência	3
TOTAL: 24	

3. DNA-RNA Kit

O DNA-RNA Kit é um produto vendido pela *American Printing House for the Blind* que apresenta conceitos introdutórios de biologia molecular, por meio da construção de cadeias simples e duplas de DNA, replicação e transcrição do DNA (Figura 7). O kit é composto por 32 subunidades de DNA e mais 32 subunidades de RNA. No critério **tamanho**, as peças apresentam um bom dimensionamento para as funções do kit, compatíveis ao de um quebra-cabeças. As peças apresentam uma leve textura em sua superfície além de conterem as células Braille, um mecanismo tátil para identificar as letras que representam as bases. No quesito **estimulação visual**, as peças apresentam cores o que facilita a identificação para os alunos com baixa visão, contudo nem todas são contrastantes o azul claro é muito próximo da cor branca. Este produto representa um esquema bidimensional do processo de pareamento de bases que corresponde a um encadeamento de ações no campo tridimensional, o kit é fiel a este processo bidimensional porém o esquema tridimensional pudesse contribuir um pouco mais para a compreensão espacial do mesmo. A escolha por peças que funcionem com um quebra cabeças em um primeiro momento pode dificultar o **manuseio**, sendo necessária uma ajuda mas é uma proposta interessante para estimular o interesse e a busca por soluções por parte dos alunos. No critério **resistência**, cada subunidade é constituída por espuma na parte inferior, e com o tempo e o manuseio essas peças podem acabar se torcendo e dobrando adquirindo marcas diante dos constantes encaixes, fragilizando o material.

Figura 7. Similar 3 - DNA-RNA Kit.



Fonte: www.shop.aph.org

A seguir, o somatório das pontuações obtidas pelo DNA-RNA Kit foi de 25 pontos (Quadro 4).

Quadro 4. Avaliação DNA-RNA Kit

DNA-RNA Kit	
Crítérios	Avaliação
Tamanho	5
Significação Tátil	5
Estimulação Visual	4
Fidelidade	4
Facilidade de manuseio	4
Resistência	3
TOTAL: 25	

4. TABELA PERIÓDICA EM BRAILE E ALTO RELEVO

Esse similar é um exemplo de material didático adaptado para o ensino de química que substitui a tradicional tabela periódica muitas vezes encontradas em livros bidimensionais. A Tabela Periódica em Braile e Alto Relevo tem sua escolha material orientada por recursos acessíveis e de baixo custo empregando isopor, EVA e alfinetes além do uso de cola (Figura 8). No critério **tamanho**, pode-se observar uma relação de dimensionamento entre as cabeças dos alfinetes e área destinada a cada elemento. Diante de um objeto que apresenta muitos representantes, o dimensionamento não pode ser muito grande, assim este similar aparenta ter um bom tamanho. Sob o ponto de vista da **significação tátil**, por ser constituído de diferentes materiais como isopor esse recurso didático constitui-se de diferentes texturas. O material utiliza-se da cor como mais um recurso para facilitar a identificação de cada elemento e sua família contribuindo para a **estimulação visual**. Contudo, algumas escolhas de cor não contrastam com a grafia do elemento, como é o caso das famílias nas cores verde escuro e vinho o que pode dificultar a visualização por parte dos alunos com visão subnormal. O material é **fiel** as configurações e divisões da tabela periódica tradicional. Sob o aspecto do **manuseio**, o presente similar é prático em seu uso contudo deve-se atentar as pequenas partes como as agulhas para que não promovam dificuldades. No critério de **resistência** este modelo não é capaz de suportar muita força diante da natureza de seus materiais empregados. O público deficiente visual tem o tato, na maioria das vezes, o sentido mais utilizado para compreender estruturas, assim o constante manuseio e aplicação de força devem ser levados em questão na escolha material. No caso do uso de isopor, estrutura podem facilmente sofrer depressões em detrimento do uso. Cabe ressaltar ainda, que muitos desses materiais que utilizam recursos de fácil acesso na maioria dos casos é elaborado pelo próprio professor. Assim, os recursos ficam restritos ao tempo hábil do profissional para elaborá-los e às habilidades manuais de cada um.

Figura 8. Similar 4 - Tabela Periódica em Braile e Alto Relevo



Fonte: www.abq.org.br

O somatório das pontuações obtidas pela Tabela Periódica em Braile e Alto Relevo foi de 23 pontos (Quadro 5).

Quadro 5. Avaliação Tabela Periódica em Braile e Alto Relevo.

TABELA PERIÓDICA EM BRAILE E ALTO RELEVO	
Crítérios	Avaliação
Tamanho	4
Significação Tátil	5
Estimulação Visual	3
Fidelidade	5
Facilidade de manuseio	4
Resistência	2
TOTAL: 23	

II.2.3 Características gerais de materiais e suas propriedades

Devido a avanços tecnológicos e a contínua busca por eficiência, a todo o momento surgem novos materiais com melhores desempenhos. O desempenho de um produto está ligado as suas propriedades sejam elas mecânicas, térmicas, elétricas, magnéticas ou óticas, e isto é o que define a adequação ou não de um material para um determinado produto de acordo com a função que o mesmo deve desempenhar. A

escolha por um determinado material está sujeita aos requisitos projetuais, características e/ou propriedades que o material deve apresentar quando é parte de um produto, pensando em suas restrições e variáveis que devem ou não ser minimizadas ou maximizadas.

O comportamento mecânico de um material reflete a relação entre a sua resposta ou deformação à uma carga ou força aplicada. As propriedades elétricas correspondem as respostas dos materiais à aplicação de um campo elétrico, característica que está intimamente ligada ao mecanismo de condução elétrica (CALLISTER, 2002)²⁷. As propriedades térmicas abrangem a resposta do material após a aplicação de calor enquanto a propriedade ótica é a resposta de um material à exposição à radiação eletromagnética, em especial à luz visível. As propriedades magnéticas englobam o fenômeno do magnetismo, que é a capacidade de atrair ou repelir outros materiais (CALLISTER, 2002)²⁷.

Dentre todas as propriedades que os materiais podem adquirir, a mecânica é um requisito importante que se destaca em diversos projetos, necessitando atenção aos seguintes fatores resistência, rigidez, ductilidade e dureza (CALLISTER, 2002)²³. A rigidez é a capacidade do material de resistir a uma tensão aplicada enquanto a ductilidade é a capacidade de se deformar plasticamente, sem se romper, ou seja representa o grau de deformação plástica suportado até o momento de sua fratura. E a dureza corresponde a capacidade do material em resistir à penetração e ao riscado. Essa propriedade está relacionada com a fragilidade.

Essa gama de materiais pode ser classificada nos seguintes grupos: metais, cerâmicos, polímeros, compósitos, semicondutores e biomateriais. Além desses, ainda são identificados os materiais avançados, que são utilizados em aplicações de alta tecnologia (CALLISTER, 2002)²⁷.

Os materiais metálicos são normalmente combinações de elementos metálicos. Os cerâmicos são compostos entre os elementos metálicos e não-metálicos, em sua maioria compostos por minerais argilosos, cimento e vidro. Os polímeros compreendem materiais comuns plásticos, borrachas, também chamadas de elastômeros, fibras, adesivos e espumas. Os compósitos consistem em uma

²⁷ CALLISTER, W D JR. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. 5ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora SA, 2002.

combinação de materiais buscando uma melhoria em suas propriedades como por exemplo: ligas metálicas e cerâmicas além de madeiras. Os semicondutores são aqueles que apresentam características elétricas intermediárias aos condutores e aos isolantes. Os biomateriais são materiais que podem ser implantados no interior do corpo humano sem provocar rejeições.

II.2.4 Análise de Materiais

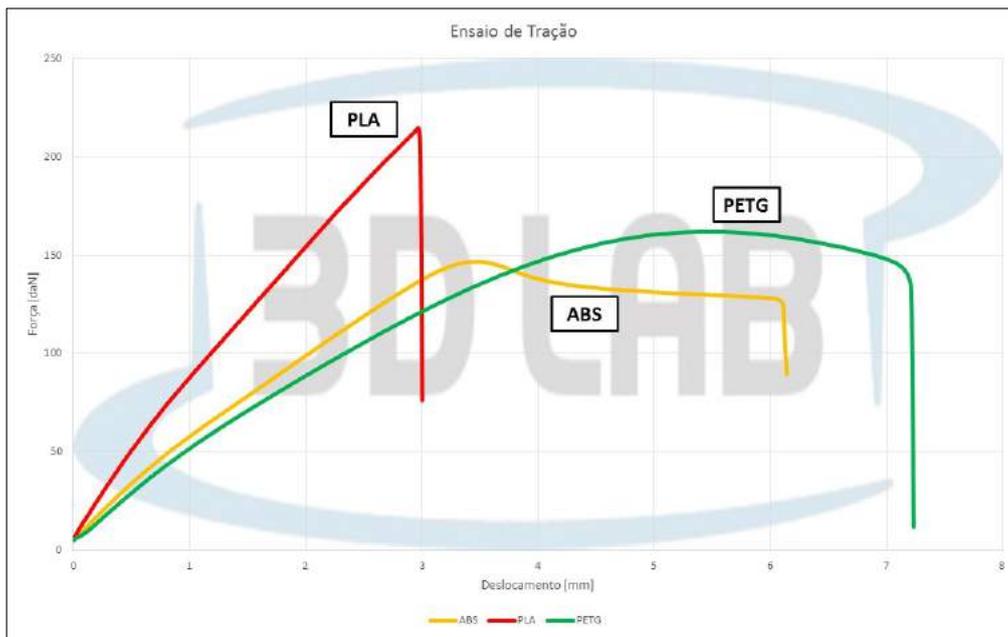
1. Ácido Polilático

O **PLA** ou **Ácido Polilático** é um polímero termoplástico feito com ácido lático, composto orgânico de função mista – ácido carboxílico e álcool, a partir de fontes renováveis como milho, mandioca e beterraba e por isso é biodegradável e reciclável. É o bioplástico ou biopolímero mais popular que tem a capacidade de se degradar sob determinadas condições de calor e umidade, podendo ser compostado somente em instalações industriais²⁸. O PLA possui boas propriedades mecânicas, apresentando uma boa resistência se comparado a outros materiais semelhantes. Contudo, o material é pouco dúctil, ou seja, pouco se deforma antes de atingir o seu pico máximo de carga, provocando uma quebra repentina (Figura 9).

O PLA é um material que apresenta uma boa resistência ao desgaste superficial. Apesar de apresentar uma temperatura baixa para se tornar sólido, fato observado pelo seu tg (coeficiente de transição vítrea) em torno de 60°C, não é capaz de resistir a temperaturas muito elevadas, o que restringe os locais de exposição de peças produzidas desse material longe do sol (Quadro 6).

²⁸ Ecycle (<https://www.ecycle.com.br/738-plastico-pla>).

Figura 9. Ensaio de tração com materiais para impressora 3D.



Fonte: 3dlab.

Quadro 6. Propriedades de materiais para impressora 3D.

Propriedades Materia Prima 3D LAB - Grãos			
Propriedades	PLA	ABS Premium	PETG
Densidade	1,24 [g/cm ³]	1,04 [g/cm ³]	1,27 [g/cm ³]
Temp. Fusão	185 [°C]	220 [°C]	240 [°C]
Tg	60 [°C]	100 [°C]	85 [°C]
Tensão de Escoamento	66 [Mpa]	38 [Mpa]	51 [Mpa]
Resistencia a Flexão	130 [Mpa]	66 [Mpa]	72 [Mpa]
Modulo de Elasticidade	4350 [Mpa]	2200 [Mpa]	2120 [Mpa]
Resultado ensaio de Tração segundo a Norma ASTM D 638 - Corpo de provas Impresso			
Propriedades	PLA	ABS Premium	PETG
Tensão de Escoamento	24,8 [Mpa]	14,7 [Mpa]	18,6 [Mpa]
Modulo de Elasticidade	1896,0 [Mpa]	1335,9 [Mpa]	1067,9 [Mpa]
Tensão de Ruptura	46 [Mpa]	29 [Mpa]	32,6 [Mpa]
Alongamento	3,69 [%]	7,08 [%]	7,74 [%]
Resultado ensaio de Dureza segundo a Norma ASTM D 2240 - Corpo de provas Impresso			
Dureza Shore D	85 [Shore D]	74 [Shore D]	75 [Shore D]
Resultado ensaio HTD segundo a Norma ISO 75 - Corpo de provas Impresso			
Temperatura HDT	55,11°C	86,13°C	67,3 °C

Fonte: 3dlab.

No contexto do presente trabalho, o aspecto visual assume grande importância, no caso de polímeros, substâncias chamadas de aditivos podem ser introduzidas no material para melhorar alguma característica. Sob o aspecto visual, a presença de cor

é fundamental, o PLA permite a pigmentação por meio da introdução de corantes que conferem uma cor específica ao material ²⁹.

Quanto a facilidade ao acesso a este produto, o PLA pode ser encontrado facilmente através de uma distribuidora global de polímeros.

2. Borracha de Silicone

É classificada como um elastômero que é um material com propriedades elásticas ou seja, que possui habilidade de se deformar após a aplicação de determinada força e retornar à sua forma original ao cessar essa mesma força sem se romper. Este processo é chamado de deformação elástica e se assemelha ao movimento de molas. (CALLISTER, 2002) ²⁷. Além disso, tem a propriedade de se vulcanizar, processo onde essa matéria prima endurece aumentando sua capacidade elástica por meio de reação química com auxílio de um catalisador.

Um dos tipos de borracha de silicone facilmente encontrados são as que são utilizadas na elaboração de moldes. Essas borrachas apresentam inúmeras variações podendo ser encontradas em diversas cores: branca, azul, verde, rosa, roxa e vermelha. As diferenças entre elas não estão só na cor mas sim no grau de flexibilidade e na resistência à temperatura de cada uma ³⁰.

A borracha de silicone branca é um elastômero bi-componente, vulcanizável à temperatura ambiente que apresenta dureza Shore A 9-10, o que a caracteriza como de alta flexibilidade. A azul tem sua dureza Shore A 11-13, também tida como de alta flexibilidade. A rosa apresenta dureza Shore A 15-19, caracterizando-a como um elastômero de média flexibilidade. Já a vermelha possui propriedades térmicas superiores podendo ser utilizada como molde na confecção de peças a base de metais com pontos de fusão mais baixos. É um tipo de borracha de silicone muito rígida com dureza Shore A 55, sendo assim bem menos flexível que as demais ³⁰.

Uma grande vantagem da borracha de silicone branca é a possibilidade de receber pigmentos, por meio da introdução de corantes universais, este pode assumir a coloração desejada o que confere uma característica versátil além de garantir um

²⁹ Resinex (<http://www.resinex.pt/tipos-de-polimeros/pla.html>).

³⁰ Redelease (<https://www.redelease.com.br/kit-todas-as-borrachas-de-silicone-para-moldes.html>).

aspecto visual diferenciado. Além disso, o preço é mais vantajoso também comparado ao da borracha vermelha que representa quase o dobro.

II.3 Elaboração dos requisitos projetuais

Os recursos didáticos são ferramentas fundamentais no processo de aprendizagem, especialmente de alunos com visão subnormal e/ou deficientes visuais, onde o seu uso tem a função de auxiliar e servir como instrumento de ensino dando suporte ao conteúdo verbal transmitido em sala. No caso do público-alvo considerado no estudo, esses recursos devem estar adaptados às suas necessidades para que possam cumprir as funções pedagógicas, auxiliando na transmissão do conteúdo programático. Os recursos didáticos deverão seguir os seguintes critérios para alcançar a eficiência com alunos com deficiência visual e/ou visão subnormal (CERQUEIRA; FERREIRA, 2000) ⁶:

1. **Tamanho:** os materiais devem ser confeccionados ou selecionados em tamanho adequado às condições dos alunos não podendo ser excessivamente pequenos ou grandes. O dimensionamento incorreto implica na perda de detalhes no caso de serem muito pequenos e prejudica a visão geral do objeto em estudo se for muito grande;
2. **Significação Tátil:** o material precisa possuir um relevo perceptível e, tanto quanto possível, constituir-se de diferentes texturas para melhor destacar as partes componentes;
3. **Aceitação:** o material não deve provocar rejeição ou ferimentos durante o manuseio;
4. **Estimulação Visual:** o material deve ter cores fortes e contrastantes para melhor estimular a visão funcional do aluno deficiente visual;
5. **Fidelidade:** o material deve ter sua representação tão exata quanto possível do modelo original;
6. **Facilidade de Manuseio:** os materiais devem ser simples e de manuseio fácil, proporcionando ao aluno uma prática utilização;

7. **Resistência:** os recursos didáticos devem ser confeccionados com materiais que não se deteriorem com facilidade, considerando o frequente manuseio pelos alunos;

8. **Segurança:** os materiais não devem oferecer perigo para os educandos e educadores.

Para o desenvolvimento do presente trabalho, estes critérios servirão de base para avaliar os modelos desenvolvidos atestando sua adequação para serem empregados como recursos didáticos em sala de aula voltados para o público deficiente visual e/ou alunos com visão subnormal.

Capítulo III – Experimentações e desenvolvimento dos modelos

III.1 Elaboração de modelos

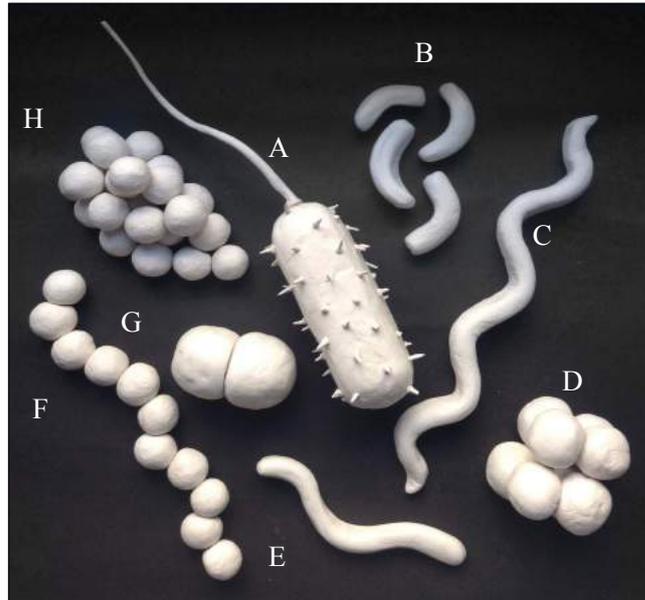
O estudo do dimensionamento das peças deve ser considerado um atributo importante já que o tato é a principal forma de reconhecimento e compreensão dos componentes de um objeto para o público deficiente visual, especialmente levando-se em conta a natureza microscópica do tema abordado. O processo de elaboração dos protótipos tridimensionais seguiu três etapas gerais de modelagem: Volumétrica, Virtual e Física tridimensional. Essas etapas serão descritas a seguir:

III.1.1 Modelagem Volumétrica

Esta etapa consistiu da elaboração de modelos físicos feitos de materiais de fácil manuseio e acesso, visando obter uma avaliação preliminar dimensional dos mesmos. Este desenvolvimento foi guiado pelo referencial visual pesquisado além do referencial teórico levantado acerca da morfologia microbiana. Durante essa fase foram desenvolvidos 8 modelos de morfologias bacterianas: Bastonete com fímbrias e flagelo, Espiral (Vibrião, Espiroqueta e Espirilo), Cocos aos pares, Cocos em oito, Cocos em cadeia e Cocos em cacho e, 3 modelos de vírus: Complexo, Poliédrico e Envelopado. Para a elaboração dos modelos físicos bacterianos foi utilizada a massa de modelar DAS (cerâmica fria), enquanto para os modelos de vírus, foram empregados materiais diversos como plastilina, isopor, palito e canudo (Figura 10).

Ao trazer esses grupos morfológicos para o campo físico/palpável, foi possível observar diretamente as relações dimensionais de cada peça e/ou de seus componentes, permitindo avaliar em um primeiro momento a adequação das proporções empregadas. A execução desses modelos orientou decisões com relação aos aspectos projetuais, sempre objetivando um dimensionamento adequado ao público alvo de maneira a possibilitar a compreensão dos representantes morfológicos assim como de seus componentes bacterianos e de vírus.

Figura 10. Modelos microbianos em massa de modelar DAS.



Legenda. A, Bastonete com fimbrias e flagelo; B, Vibrião; C, Espiroqueta; D, Cocos em oito; E, Espirilo; F, Cocos em cadeia; G, Cocos aos pares; H, Cocos em cacho.

O primeiro modelo elaborado foi de uma bactéria em forma de bastonete, contendo fimbrias e flagelo com um dimensionamento do corpo de 14cm de comprimento, 5cm de largura e 16cm do flagelo (Figura 11). Este modelo foi considerado satisfatório, sob o ponto de vista dimensional, e adequado para permitir a identificação da estrutura.

Figura 11. Modelo de bastonete com fimbrias e flagelo em massa de modelar DAS.



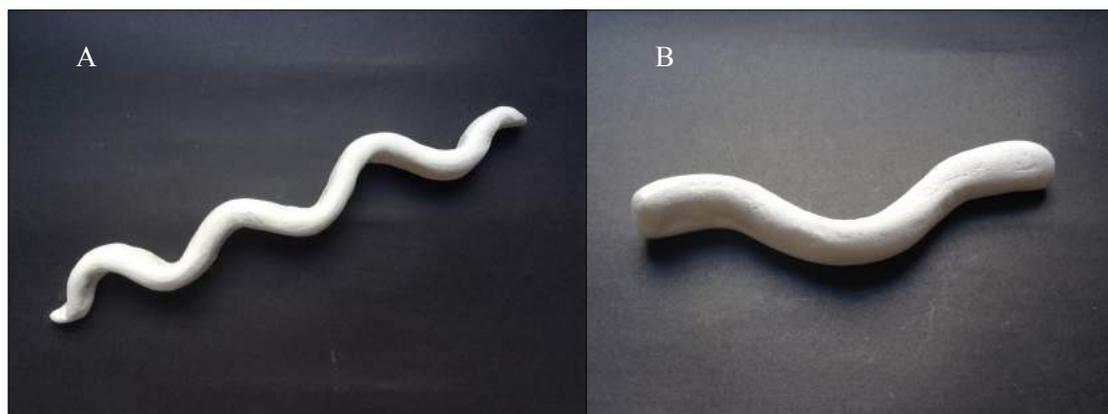
A partir desse primeiro modelo, foram elaborados outros representantes morfológicos bacterianos, também utilizando a massa DAS. As formas espiraladas podem ter uma ou mais espirais. A forma de vibrião (forma de “vírgulas”) foi modelado em 4 unidades de tamanho reduzido com dimensões aproximadas de 6cm de comprimento e 1cm de largura/profundidade (Figura 12).

Figura 12. Modelos de vibrião em massa de modelar DAS.



A forma de espirilo se assemelha a “saca-rolha”. Após o desenvolvimento desses modelos, foi possível notar que o espirilo e a espiroqueta se assemelhavam muito, em razão de sua morfologia helicoidal (Figura 13). Neste momento, optou-se por desenvolver o modelo da espiroqueta uma vez que ele é mais espiralado e dessa maneira ficaria mais perceptível em termos visual e táteis.

Figura 13. Modelos da forma espiral em massa de modelar DAS.



Legenda. A, espiroqueta; B, espirilo.

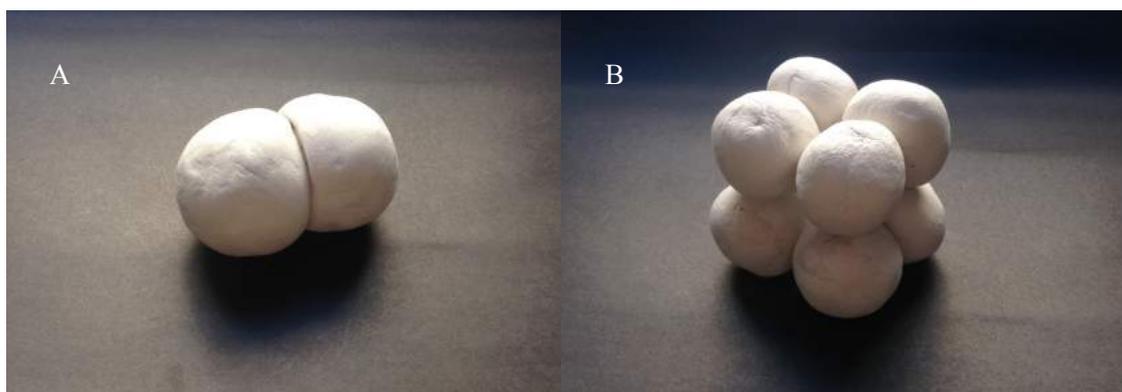
Com o objetivo de ter uma coerência formal, os grupos com formas alongadas teriam que ser ajustados para apresentarem dimensões próximas. Esse seria o caso das morfologias cocos em cadeia, espiral e bacilo com fímbrias e flagelo. O coco em cadeia já na fase de modelagem com a massa DAS, apresentou um dimensionamento satisfatório apresentando por volta de 23cm de comprimento e 2,5cm de largura e profundidade (Figura 14).

Figura 14. Modelo de cocos em cadeia em massa de modelar DAS.



A morfologia esférica sob a organização de cocos aos pares, cocos em oito e cocos em cachos foi desenvolvida em um dimensionamento um pouco maior, para que não comprometessem o entendimento de suas estruturas e organização celular (Figuras 15 e 16).

Figura 15. Modelos de cocos em massa de modelar DAS.



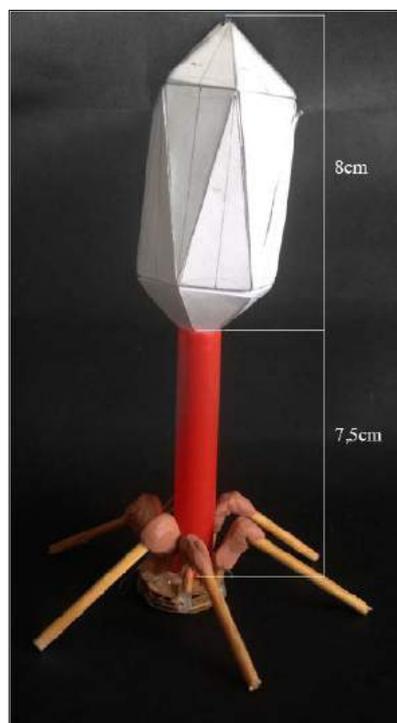
Legenda. A, cocos aos pares; B, cocos em oito.

Figura 16. Modelo de cocos em cacho em massa de modelar DAS.



Assim como nos modelos bacterianos, para os vírus foram desenvolvidos *mockups* para avaliar, principalmente, os aspectos de dimensionamento. O primeiro *mockup* feito foi o da morfologia complexa (Bacteriófago), quando foi possível notar a falta de proporção entre as partes (capsídeo e estrutura) (Figura 17). O capsídeo apresentou um tamanho muito maior do que era necessário fato que atrapalharia a compreensão morfológica desse representante de vírus além da fragilidade da peça e dos aspectos estéticos que não ficaram em harmonia.

Figura 17. *Mockup* de vírus complexo em plastilina, papel, madeira e plástico.



No vírus envelopado (Vírus da Gripe) foi feito um *mockup* de isopor, plastilina e palitos de churrasco (Figura 18). A intenção desse modelo além de avaliar as dimensões gerais era conseguir visualizar a quantidade e a disposição de espículas, estruturas que se projetam do capsídeo, presentes na morfologia deste vírus. A visualização física e a possibilidade alteração de decisões de forma prática e rápida me guiaram no processo projetual para tomar decisões.

Figura 18. Mockup de vírus envelopado em isopor, madeira e plastilina.



III.1.2 Modelagem Virtual 3D

Tendo como base a avaliação dimensional dos modelos físicos, foi possível tomar decisões para o processo projetual, orientando a execução da próxima fase: modelagem virtual. Durante essa etapa, foram elaborados os modelos virtuais no software Rhinoceros , versão 6, já com as questões levantadas pelos *mockups* da etapa anterior. Foram modelados um total de 9 representantes dos três principais grupos morfológicos bacterianos de cocos, bacilos e de formas espirais, são eles: cocos, cocos aos pares, cocos em oito, cocos em cadeia, cocos em cacho, bastonete simples, bastonete com fimbrias e flagelo, espiroqueta e vibrião. Além das formas de bactérias foram também modelados virtualmente os 4 representantes de formas de vírus complexo, poliédrico, envelopado e helicoidal.

Essas modelagens virtuais, em modo *wireframe* com suas respectivas imagens renderizadas sem material de revestimento são apresentadas a seguir:

Figura 19 . Modelagem tridimensional virtual da forma de bacilo com fimbrias e flagelo.

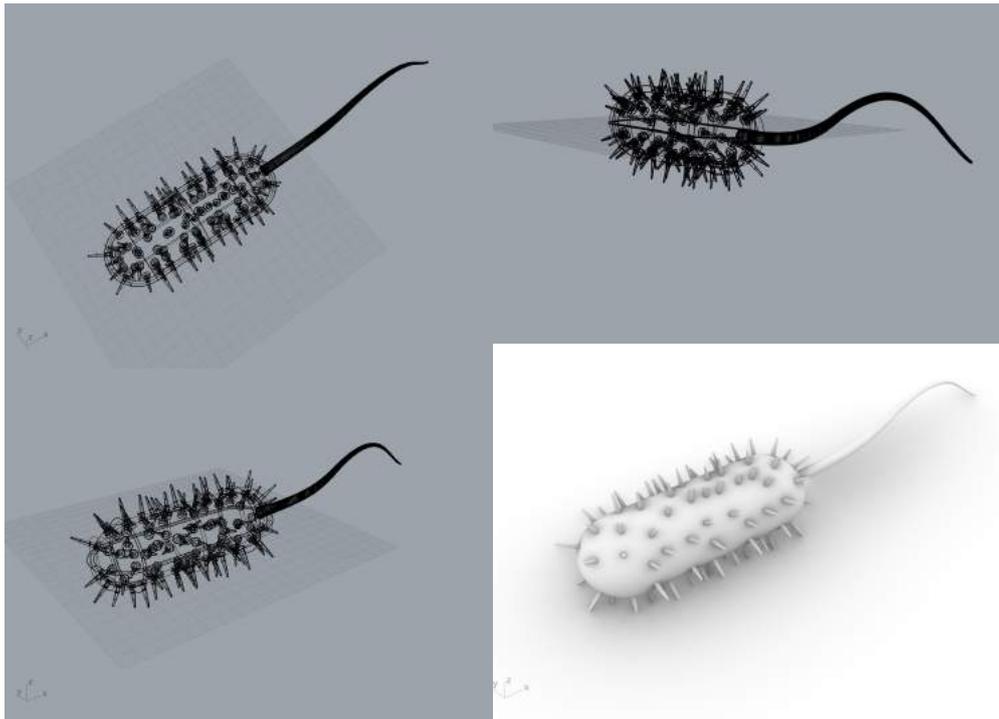


Figura 20. Modelagem tridimensional virtual da forma de bacilo.

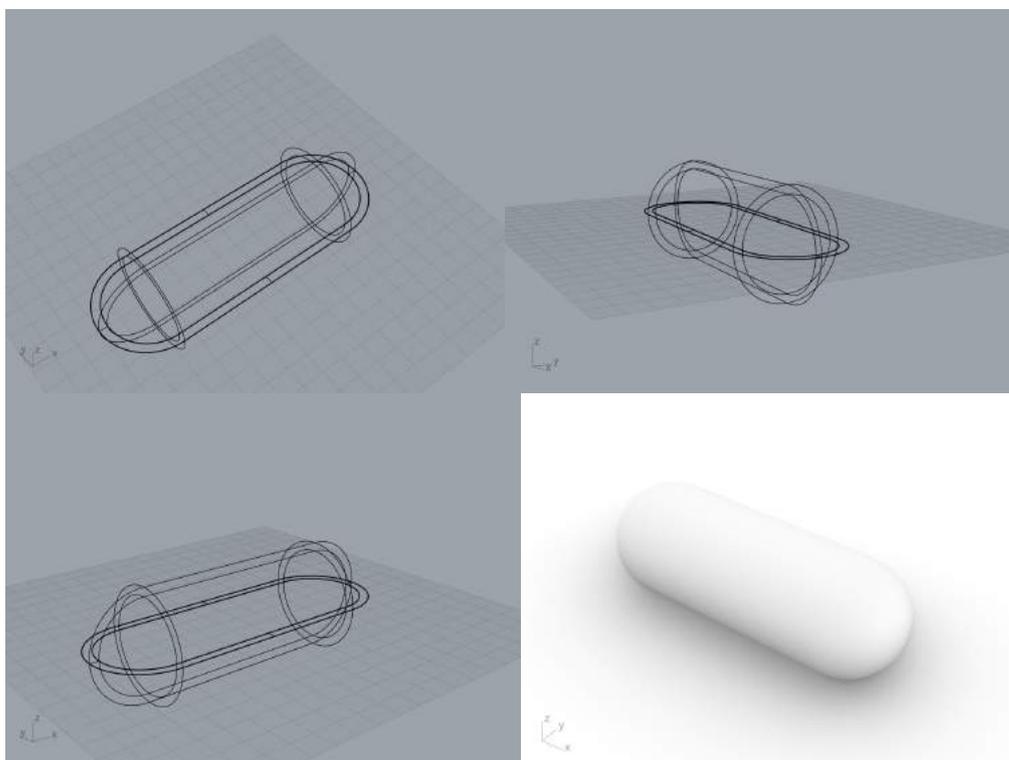


Figura 21. Modelagem tridimensional virtual da forma de cocos.

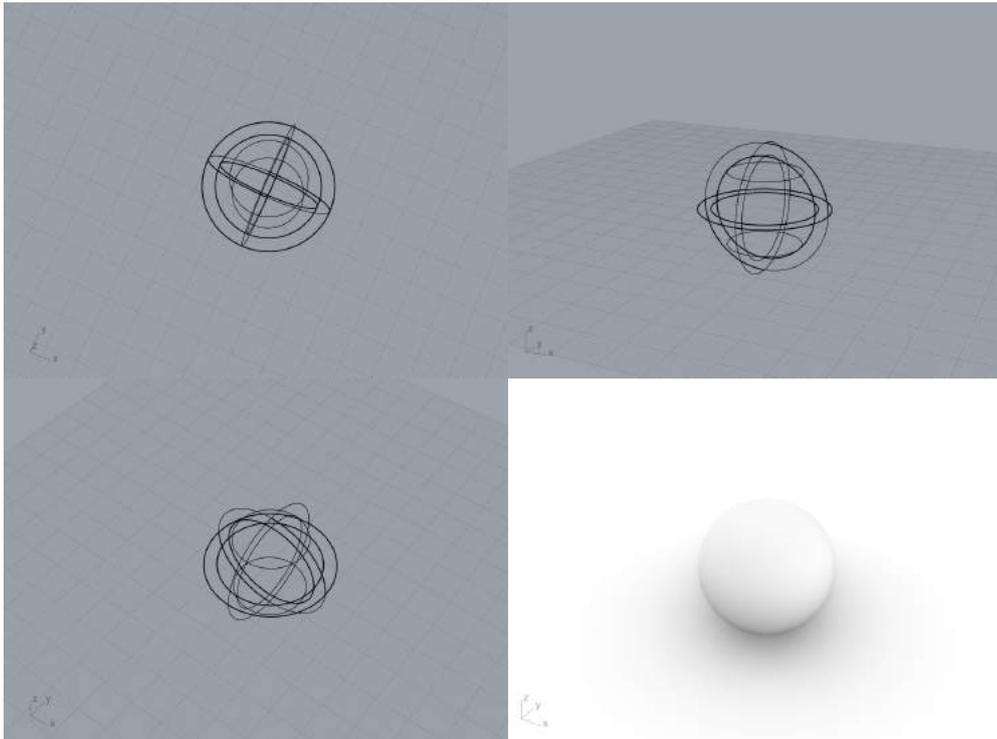


Figura 22. Modelagem tridimensional virtual da forma de cocos aos pares.

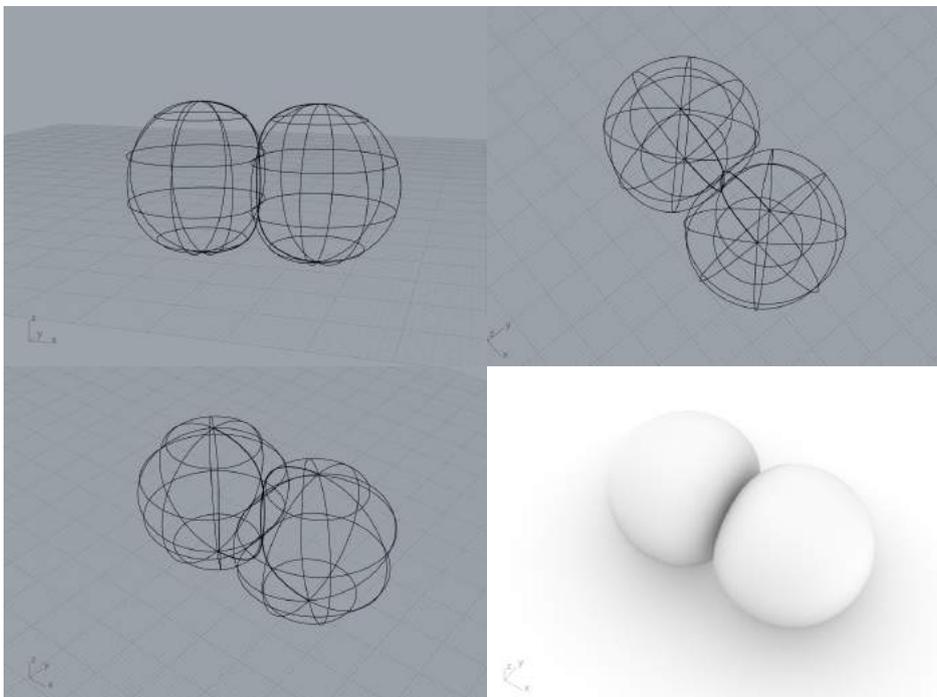


Figura 23. Modelagem tridimensional virtual da forma de cocos em oito.

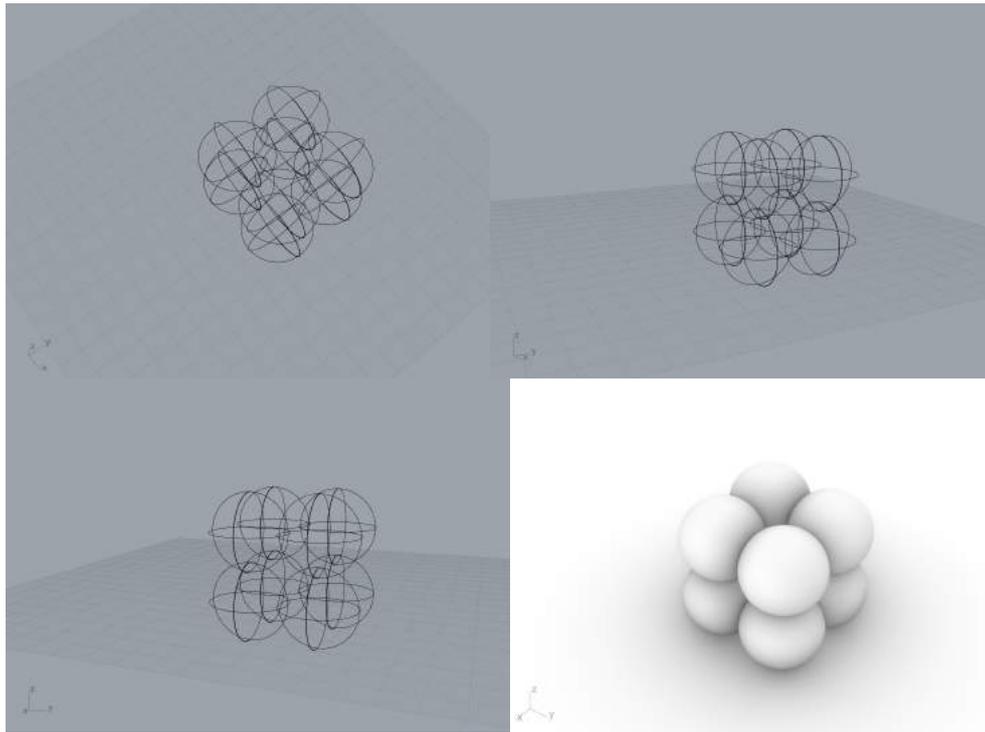


Figura 24. Modelagem tridimensional virtual da forma de cocos em cacho.

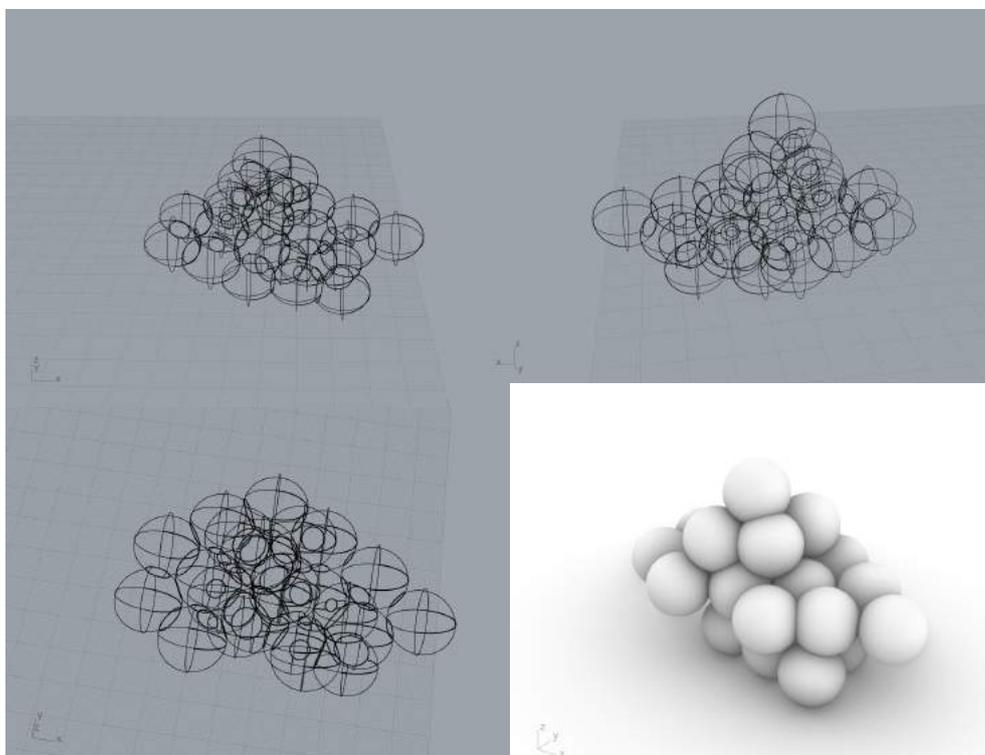


Figura 25. Modelagem tridimensional virtual da forma de cocos em cadeia.

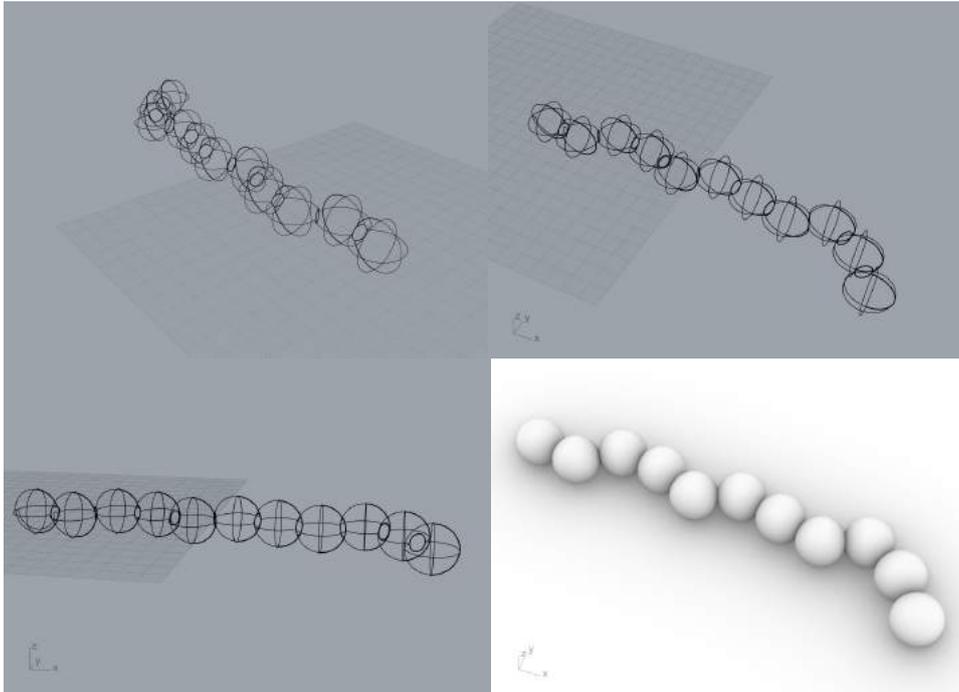


Figura 26. Modelagem tridimensional virtual da forma espiral (espiroqueta).

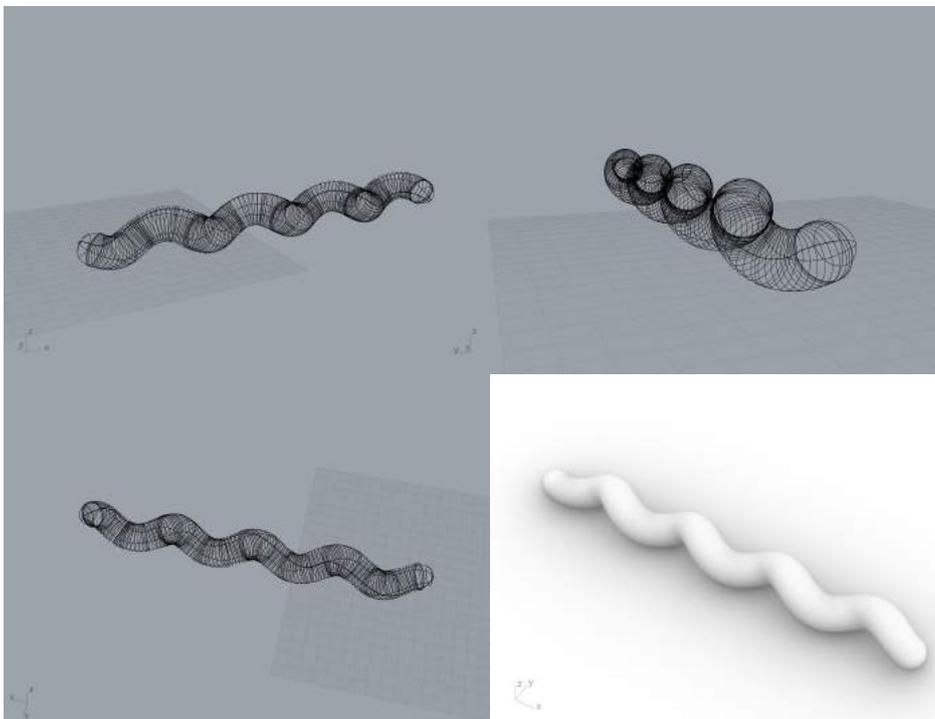


Figura 27. Modelagem tridimensional virtual da forma espiral (vibrião).

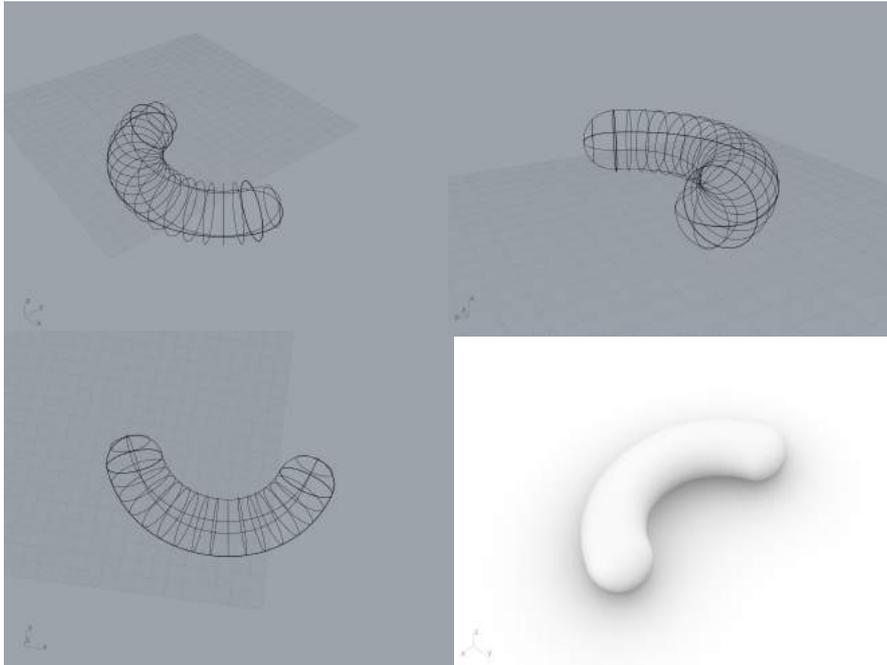


Figura 28. Modelagem tridimensional virtual do vírus complexo (Bacteriófago).

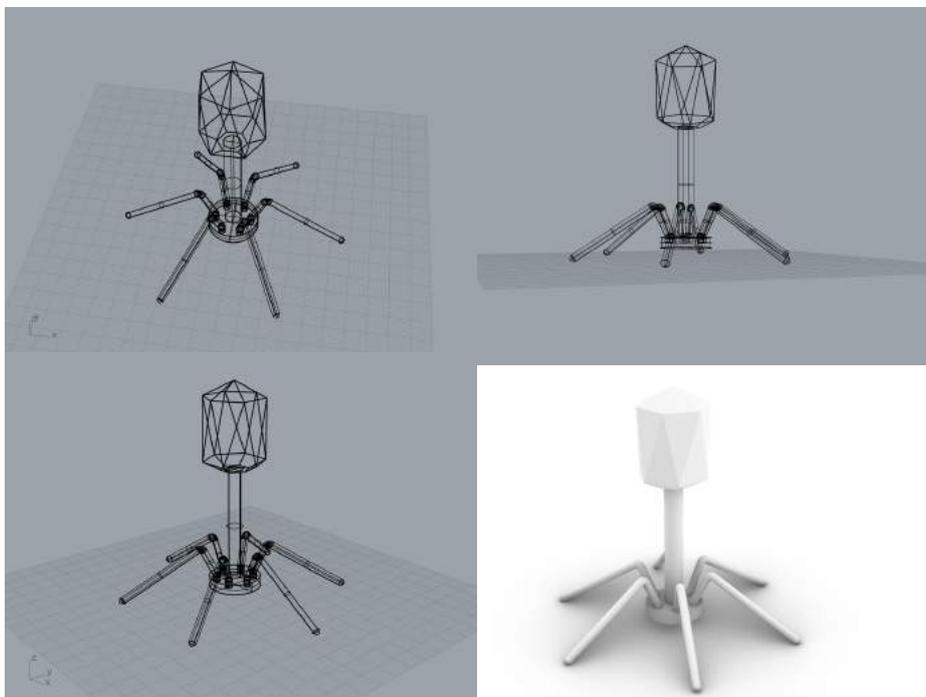


Figura 29. Modelagem tridimensional virtual do vírus poliédrico.

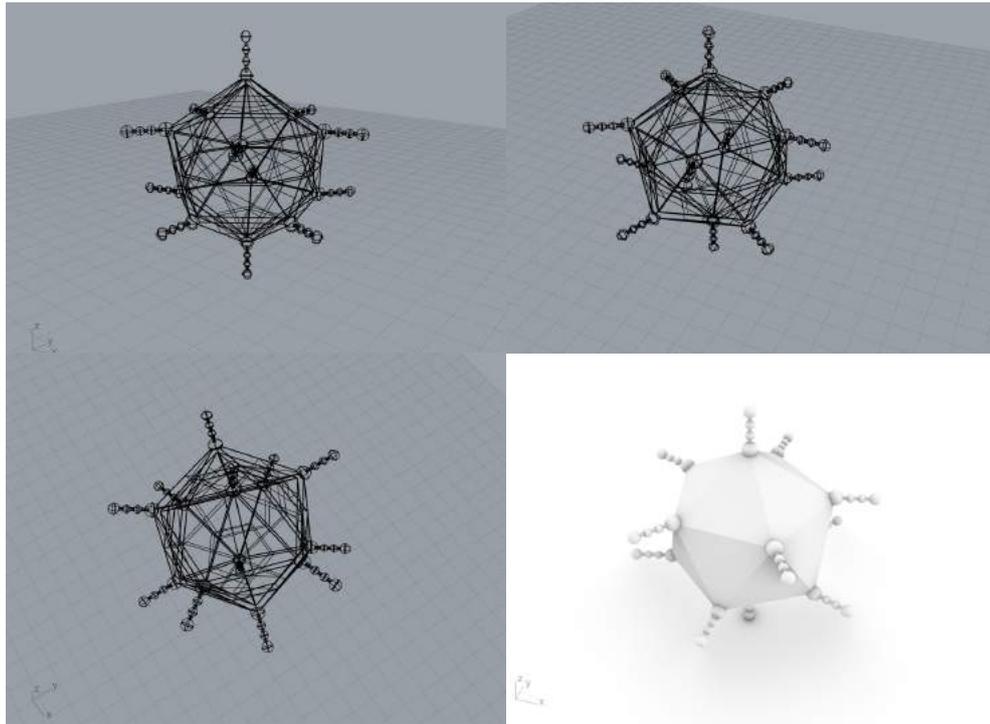


Figura 30. Modelagem tridimensional virtual do vírus envelopado.

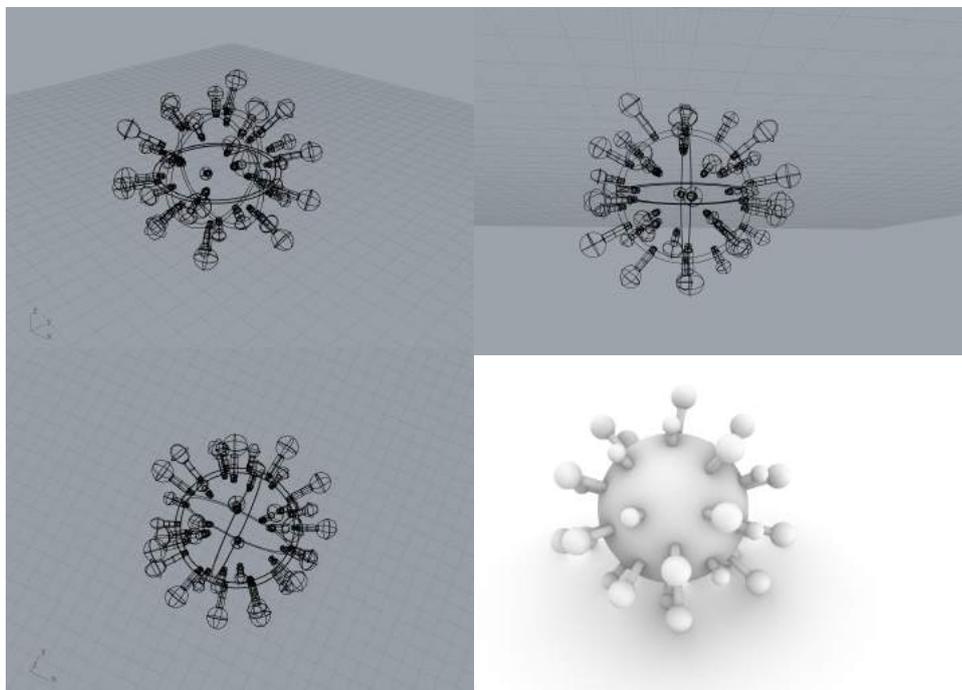
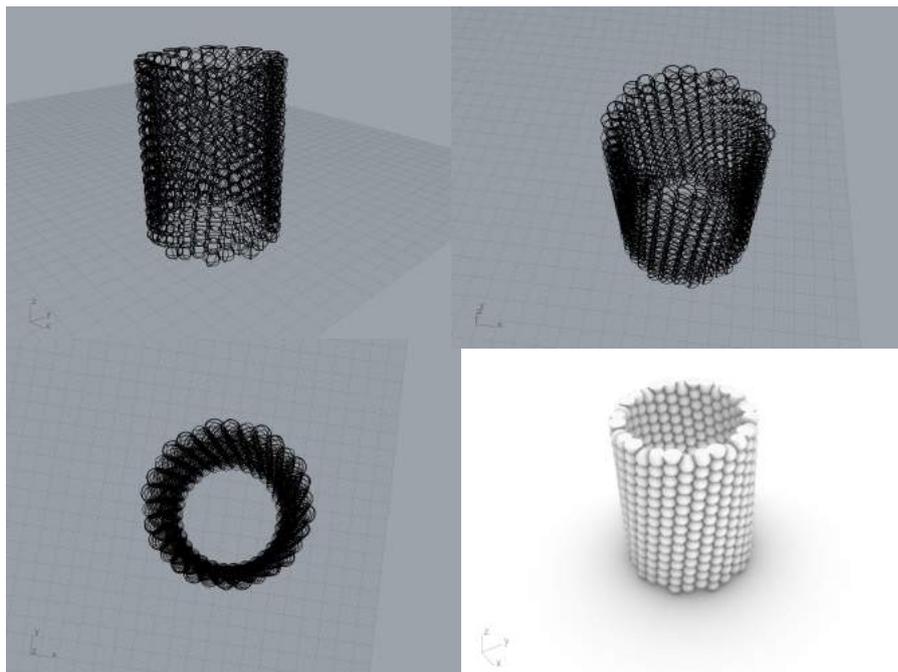


Figura 31. Modelagem tridimensional virtual do vírus helicoidal.

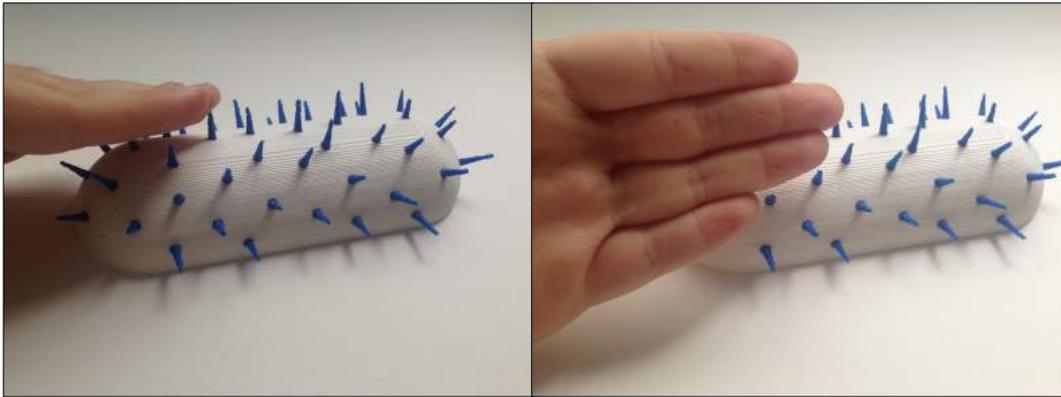


III.1.3 Modelagem Física Tridimensional

A partir da modelagem tridimensional virtual, com o objetivo de tornar as peças desenvolvidas em algo físico palpável, cada uma das formas representadas (9 bactérias e 4 vírus) foi impressa em 3D, utilizando o PLA como material constituinte principal. Esses protótipos impressos foram também analisados quanto aos aspectos de tamanho, aceitação e facilidade no manuseio. Essas características foram analisadas mediante observação simples, teste de contato e manuseio dos produtos.

Nessa análise foi possível observar o não cumprimento do critério facilidade de manuseio para o representante da forma de bastonete com fímbrias e flagelo. As fímbrias modeladas virtualmente, apesar de terem suas pontas arredondadas, funcionavam como espetos ao serem tocadas, provocando desconforto e incômodos ao toque (Figura 32). Considerando que o público alvo utiliza o tato como meio principal de percepção e estimulação, essa estrutura se mostrou inadequada ao toque. Assim, foram buscadas outras soluções para essas estruturas como a utilização de outro material diferente do PLA utilizado.

Figura 32. Protótipo da forma bastonete com fímbrias em PLA.



Além desse representante, o protótipo de forma espiral bacteriana (Vibrião) também se revelou inadequada quanto ao tamanho. Essa peça sofreu um redimensionamento da fase de modelagem com a massa para a modelagem virtual, mas o aumento de seu tamanho foi além do necessário e do proporcional (Figura 33). Pela imagem abaixo é possível perceber que este exemplar assumiu dimensões muito exageradas para a manipulação de crianças. A peça ficou grande para a pega além do formato muito curvo, requerendo a adequação formal.

Figura 33. Protótipo da forma espiral bacteriana (vibrião).

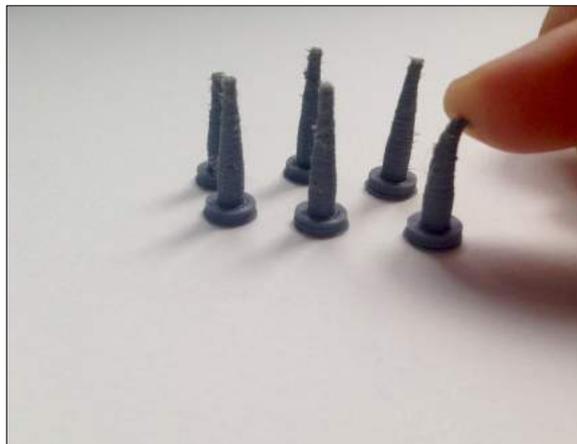


III.2 Experimentação de materiais

Para a eliminar os desconfortos provocados pelas estruturas denominadas de fímbrias, no momento do toque, foram iniciados testes com materiais alternativos.

A primeira tentativa foi recorrer a utilização do filamento flexível (Figura 34). Esse material tem sido muito empregado no processo de impressão tridimensional quando se objetiva flexibilidade, diferentemente do PLA que é rígido. Nesse ajuste, as fímbrias apresentaram uma melhor adequação comparando ao PLA, porém ainda causavam desconforto ao serem tocadas, apesar desse material apresentar flexibilidade. Esteticamente, o seu acabamento não era satisfatório.

Figura 34. Fímbrias em filamento flexível.



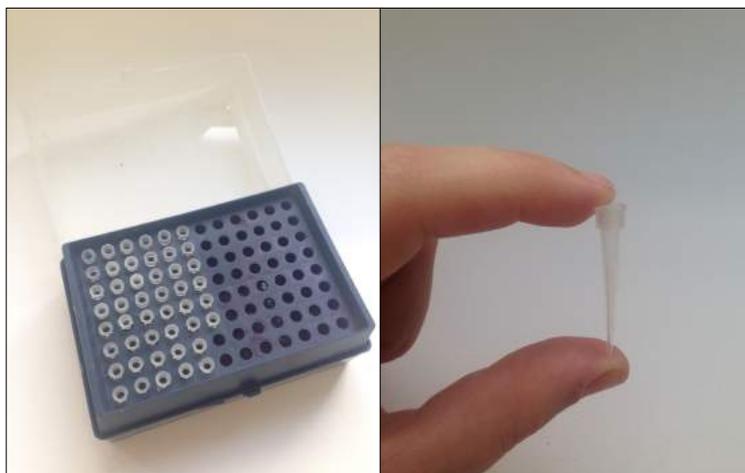
A segunda tentativa foi na busca por um material mais flexível porém também confortável ao toque e com um bom acabamento. Assim, foi pensada na borracha de silicone. Utilizando-se como matriz a peça de PLA impressa, foram elaborados moldes individuais para as fímbrias (Figura 35). Com os moldes prontos, o silicone seria despejado dentro dos mesmos para produzir fímbrias de silicone. Com essa tentativa também não se obteve sucesso pois o silicone não penetrava nos pequenos orifícios dos moldes, devido a sua alta densidade e baixa fluidez.

Figura 35. Componentes das etapas de moldagem em silicone a partir das fimbrias de PLA.



Para a terceira tentativa o silicone se manteve como material para a base do experimento. Entretanto, nessa tentativa foi utilizado como molde ponteiras laboratoriais de Polipropileno, com capacidade para 10 microlitros (Figura 36). Esse procedimento mostrou-se mais adequado para a obtenção de fimbrias flexíveis e confortáveis ao toque além de esteticamente mais satisfatórias.

Figura 36. Ponteiras de polipropileno (10 microlitros).



O processo de fabricação incluiu testes de pigmentação de silicone., uma vez que a borracha de silicone branca é passível de pigmentação por meio da utilização de pigmentos universais. O pigmento é adicionado à mistura antes de iniciar o processo de polimerização da borracha (Figura 37). Dessa forma, foram obtidas fímbrias colorizadas com pigmento azul (Figura 38).

Figura 37. Processo de pigmentação do silicone.

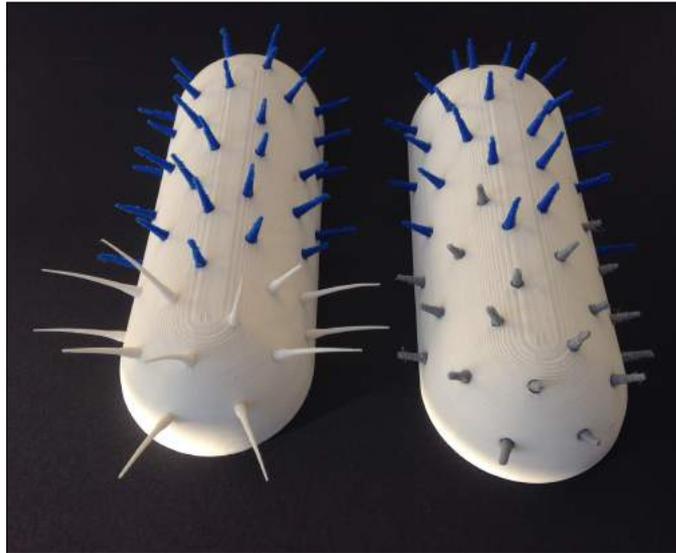


Figura 38. Fímbrias de silicone colorizadas com pigmento azul.



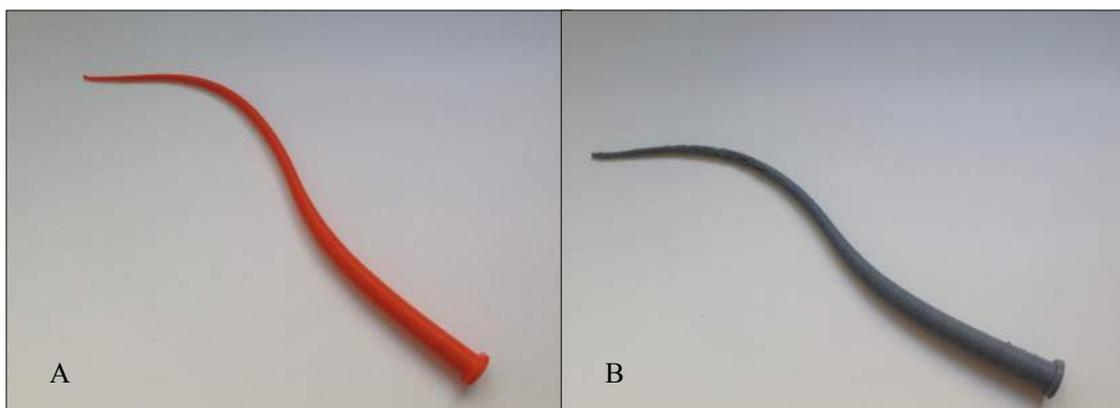
A seguir estão apresentadas os diferentes tipos de fímbrias (PLA azul, filamento flexível cinza e silicone branco) obtidas a partir dos distintos processos de fabricação.

Figura 39. Protótipo da forma de bacilo revestido com diferentes tipos de fimbrias.



Da mesma forma como testado para as fimbrias, diferentes materiais foram aplicados ao flagelo. O flagelo impresso em PLA apresentou boas características estéticas porém como é uma estrutura que tem movimento, foram avaliados outros materiais (Figura 40A). Além desse aspecto, essa estrutura poderia apresentar um risco de acidente perfurante na manipulação inadequada pelos alunos. Para tal foram testados o filamento flexível e o silicone. O filamento flexível impresso em 3D apresentou boas características elásticas porém seu acabamento não foi muito satisfatório (Figura 40B). Depois testou-se o silicone colorizado em molde utilizando garrote hospitalar comum e ponteira laboratorial (1.000 microlitros) (Figura 41). Esta última testagem não atendeu às expectativas pois o silicone não polimerizou totalmente e a forma final rígida esperada não foi obtida.

Figura 40. Flagelos com diferentes materiais.



Legenda. A, Flagelo em PLA; B, Flagelo em filamento flexível.

Figura 41. Componentes da moldagem do flagelo em silicone.



III.3 Procedimento de avaliação dos modelos

Após a finalização dos protótipos 3D, os mesmos foram encaminhados para a professora de Ciências do Ensino Fundamental do Instituto Benjamin Constant, Priscila Marques, que fez a avaliação de todas as peças por meio tátil-visual e por escrito, respondendo a um questionário.

O questionário foi individual para cada um dos 13 protótipos, tendo SIM ou NÃO como possibilidades de resposta, conforme a adequação satisfatória do protótipo. Além da justificativa da resposta, se necessária (Anexo 1). O questionário abordou os seguintes critérios:

1. Tamanho (O protótipo tem dimensionamento adequado para a compreensão de sua forma e estrutura?)
2. Significação Tátil (O protótipo permite identificar estruturas diferentes?)
3. Aceitação (O protótipo é apropriado para o manuseio quanto ao material?)
4. Estimulação Visual (O protótipo apresenta cores para estimular o aluno com baixa visão?)
5. Fidelidade (O protótipo representa o microorganismo em teste?)

6. Facilidade de Manuseio (O protótipo é de fácil manuseio proporcionando ao aluno uma prática utilização?)
7. Resistência (O protótipo é feito de material que pode resistir ao manuseio frequente dos alunos?)
8. Segurança (O material do protótipo oferece algum perigo aos alunos?)

Os resultados da avaliação por meio do questionário foram consolidados e estão apresentados resumidamente na tabela a seguir:

Protótipo	Tamanho		Significação Tátil		Aceitação		Estimulação Visual		Fidelidade		Facilidade de manuseio		Resistência		Segurança	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Cocos			N/A	N/A												
Cocos aos pares																
Cocos em oito																
Cocos em cadeia																
Cocos em cacho																
Bastonete			N/A	N/A												
Bastonete fimbrias e flagelo																
Vibrião																
Espiroqueta																
Vírus Helicoidal																
Vírus Polédrico																
Vírus Envelopado																
Vírus Complexo																

Legenda. N/A : não se aplica;

O conjunto dos resultados obtidos revelou que todos os protótipos atenderam satisfatoriamente aos critérios de tamanho, aceitação, fidelidade, facilidade de manuseio, resistência e segurança. Foram feitas algumas ressalvas para os protótipos: cocos, bastonete e vibrião. Para os cocos e bastonete, no item estimulação visual foi observado que não é necessário obter cores diferentes já que o protótipo não apresenta nenhum detalhe diferenciado, por isso foi classificado como não se aplica (N/A). Para o vibrião, no item tamanho foi sugerido um modelo com maior curvatura.

Capítulo IV – O Projeto

IV.1 O produto

O produto final do projeto consistiu do desenvolvimento de um kit de representantes microbianos para serem usados como recurso didático no ensino-aprendizagem da Microbiologia para deficientes visuais. O kit é composto de 13 exemplares que representam as principais morfologias de bactérias e vírus. No grupo bacteriano os modelos representam as formas: cocos, cocos aos pares, cocos em oito, cocos em cadeia, cocos em cacho, bacilo simples, bacilo com fímbrias e flagelo, vibrião e espiroqueta (Figura 42). No grupo dos vírus as formas representadas são: complexa, envelopada, poliédrica e helicoidal (Figura 43).

Figura 42. Conjunto de protótipos das principais formas bacterianas.

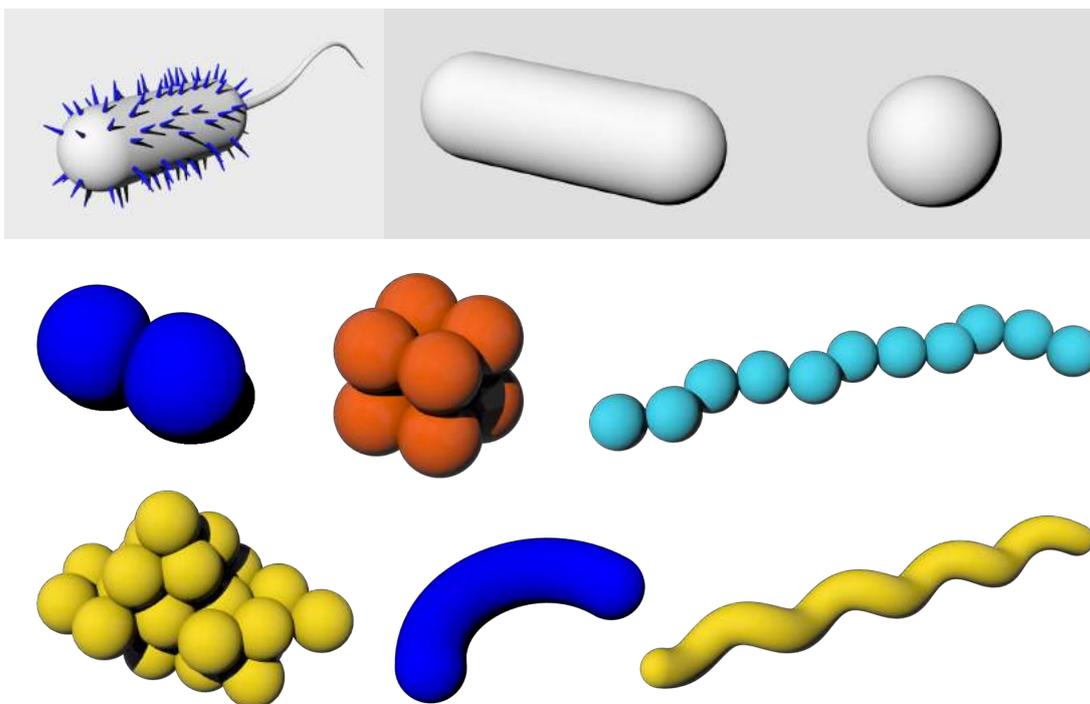
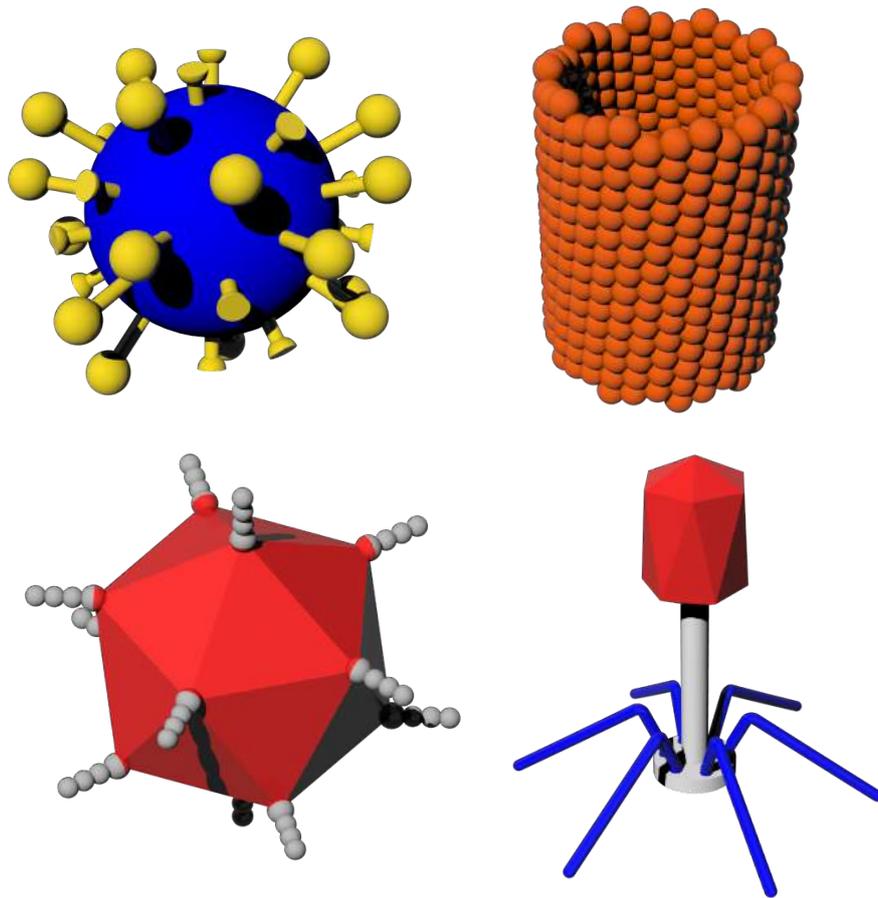


Figura 43. Conjunto de protótipos das principais formas de vírus.



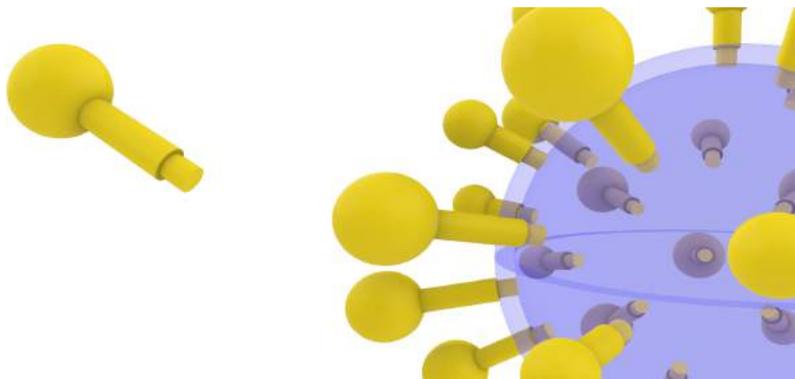
IV.2 Detalhamento

IV.2.1 Estruturas de superfície

As estruturas que representam moléculas que são expressas na superfície de alguns vírus, como nos envelopados e poliédricos, tiveram uma atenção maior durante o processo de desenvolvimento de soluções.

No caso do vírus envelopado, essas estruturas foram projetadas como pinos e modeladas no formato “T” com detalhe para o melhor encaixe (Figura 44). Esse tipo de encaixe impediu que a estrutura pudesse ser deslocada para o interior do protótipo.

Figura 44. Estrutura de superfície do vírus envelopado.



Já para o vírus poliédrico houve uma alteração na modelagem virtual inicial para que a peça pudesse adquirir maior resistência, diminuindo as áreas frágeis e aumentando a superfície de contato possibilitando maior aderência ao corpo do protótipo. O projeto inicial continha áreas com paredes muito finas, o que a tornava muito frágil, ao passo que durante o manuseio, essas se quebravam com facilidade (Figura 45). A revisão da modelagem eliminou os pontos frágeis ao aproximar os elementos componentes da peça, ganhando mais material de preenchimento e maior resistência (Figura 46). Com essa nova modelagem, a estrutura apresentou um melhor desempenho sendo capaz de resistir a forças aplicadas sobre si, sem ser danificada com facilidade conforme ocorreu na primeira proposta de modelagem.

Figura 45. Modelagem inicial de estruturas de superfície do vírus poliédrico.

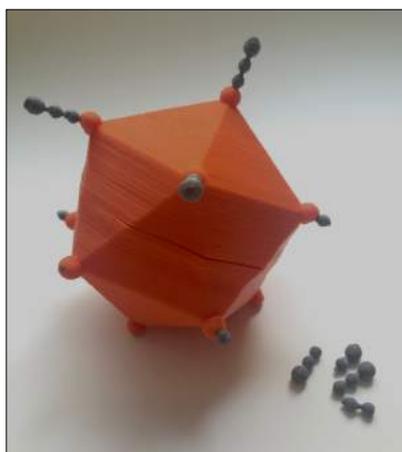
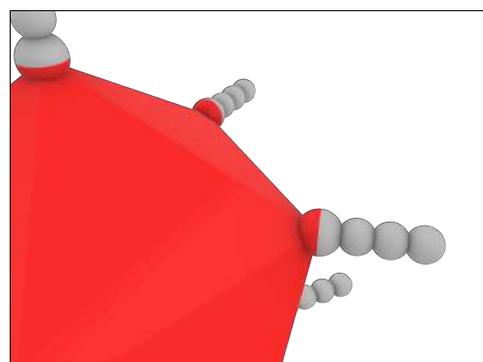


Figura 46. Revisão da modelagem de estruturas de superfície do vírus poliédrico.



IV.2.2 Escolha do material

Em projetos focados para o público deficiente visual é importante que durante o toque, principalmente, seja possível identificar formas, estruturas e texturas. No presente trabalho a escolha do material foi pensada conforme as funções de cada um dos elementos presentes nos grupos microbianos. No representante bacteriano com forma de bastonete, a presença de fímbrias e flagelo, estruturas de fixação e de mobilidade, foi necessário empregar um material que no momento do toque passasse a sensação de algo menos rígido. Além disso, que ao serem manuseadas, provocassem a interação e reflexão dos alunos sobre as funções desses constituintes.

Assim, o grau de flexibilidade de cada estrutura, relacionado a sua função, foi levado em consideração na escolha dos materiais. As fímbrias como estruturas menos rígidas apresentam maior flexibilidade enquanto o flagelo responsável pela locomoção deve apresentar mobilidade mas não é tão fluido quanto as fímbrias. Logo, a dureza de cada uma dessas partes deveria ser diferente ainda que ambas apresentem um grau de flexibilidade.

IV.2.3 Cores

Uma vez que o projeto também tem como público alvo alunos com baixa visão, a cor se torna um aspecto essencial para a diferenciação de detalhes pelos alunos. É através da cor que os alunos com baixa visão podem identificar diferentes estruturas somente utilizando a visão. E para atingir tal objetivo, a escolha das cores não foi aleatória pois foi guiada em esquemas de harmonias cromáticas que pudessem gerar um contraste maior de modo a facilitar a distinção entre as partes de um mesmo modelo. Optou-se por esquemas de harmonia com cores opostas como amarelo e azul, azul e laranja além da combinação de cores mais saturadas com menos saturadas (vermelho com cinza). De uma maneira geral, buscou-se não utilizar cores muito próximas ou repetidas em elementos semelhantes morfológicamente como no caso das bactérias como morfologia de cocos, em que as cores empregadas eram distintas entre si (branco, azul claro, laranja, amarelo e azul escuro) para facilitar a identificação e diferenciação.

Além desse fator de identificação, a cor assume extrema relevância como um recurso de estimulação visual, capaz de atrair a atenção e provocar o interesse dos alunos para o conteúdo que está sendo trabalhado.

IV.2.4 Suporte

Foi elaborada uma peça adicional para dar apoio ao modelo de forma de bacilo com fimbrias e flagelo. Esse representante, em especial, por dotar de componentes em silicone pode, com o passar do tempo, sofrer danos em suas fimbrias. Com o objetivo de minimizar possíveis danos a esses componentes, foi desenvolvido um suporte para que esse modelo possa ser conservado de maneira a preservar suas formas (Figuras 47 e 48).

Figura 47. Modelo tridimensional do suporte para o protótipo bacilo com fimbrias e flagelo.

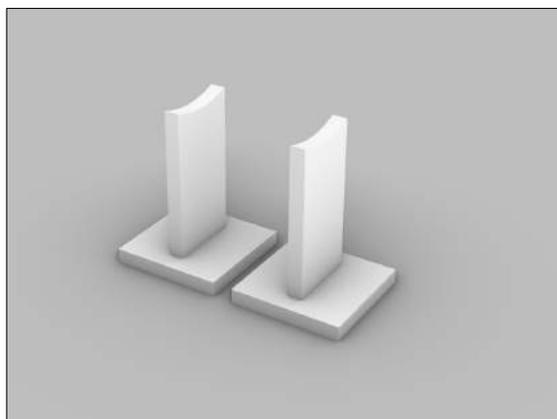
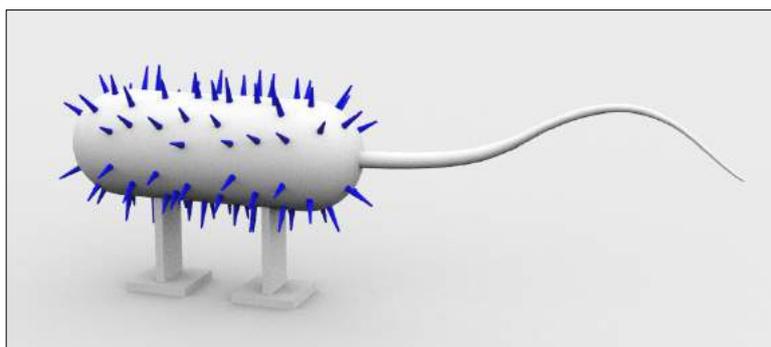


Figura 48. Suporte aplicado ao protótipo.



IV.2.5 Materiais e Processos de Fabricação

Devido à popularização da tecnologia 3D esse projeto optou por inserir esses materiais e processos de fabricação objetivando estimular a sua produção, especialmente, considerando a disseminação de espaços *makers* e *fablabs*. Para a impressão desses protótipos, os arquivos desenvolvidos poderão ser disponibilizados em plataformas para *download*.

O material escolhido para a impressão foi o Ácido Polilático (PLA) em razão das suas propriedades mecânicas, tendo uma boa resistência comparada ao PETG e ao ABS além da facilidade de acesso ao mesmo, sendo uma matéria-prima bastante comum empregada nessa tecnologia, e de fácil aquisição. A gama de cores agregou ao projeto se tornando uma característica essencial de estimulação visual para os alunos com baixa visão.

Para a obtenção das estruturas flexíveis foram utilizados dois elastômeros de naturezas distintas, a borracha de silicone branca e o Poliuretano Termoplástico (TPU). A borracha de silicone branca é um elastômero bastante flexível podendo ser facilmente encontrado. A opção de utilização desse silicone no projeto se justificou principalmente por apresentar um grau de flexibilidade maior comparada as das outras cores além de ser passível de pigmentação por meio da utilização de corantes universais.^{30,31}

O Elastômero Termoplástico (TPE), também conhecido como borracha termoplástica é um material que apresenta um comportamento semelhante à borracha podendo ser processado através de tecnologias utilizadas no processamento de termoplásticos como na moldagem por injeção e extrusão³². Os Elastômeros Termoplásticos são compostos feitos a partir de um termoplástico rígido em combinação com a borracha. Todas as combinações de dureza dos TPE têm propriedades semelhantes à borracha diferenciando-se apenas pela resistência à temperatura, resistência química, flexibilidade e recuperação após compressão³³. Uma grande vantagem dessa matéria prima é a sua facilidade para ser colorizada. Uma das combinações do TPE é o TPE-U, mais conhecido como TPU que apresenta dureza de 60 Shore A a 70 Shore D, onde a escala A se refere a elastômeros mais flexíveis e a escala D as menos flexíveis.

³¹ Cimm (https://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6563-o-durometro-shore#.W8IUR7bOqi4).

³² Resinex (<http://www.resinex.pt/produtos/ravathane.html>).

³³ Resinex (<http://www.resinex.pt/tipos-de-polimeros/tpe.html>).

Os protótipos foram construídos pelo processo de impressão 3D, conhecido como fabricação aditiva, utilizando a tecnologia FDM (*Fused Deposition Modeling*). A tecnologia FDM utiliza como matéria-prima termoplásticos, como o PLA, sob a forma de filamento para criar a peça desejada. Durante a impressão, o filamento é alimentado através de uma extrusora quente onde o material termoplástico aquecido é depositado com precisão pela cabeça de impressão. O filamento fundido é então depositado camada por camada na área de impressão para construir a peça de trabalho. Essa tecnologia tem sido bastante difundida atualmente, o que tende a reduzir os custos de produção ³⁴.

Todos protótipos desenvolvidos no presente trabalho foram feitos na impressora da marca Sethi, modelo S3 empregando a tecnologia FDM.

IV.3 Comparação com os similares

Os protótipos microbianos segundo os critérios técnicos empregados foi avaliado com pontuação máxima para todos os requisitos totalizando 30 pontos. Esse somatório superou os valores dos demais similares incluídos no estudo que variou de 22 a 25 pontos. Esse resultado revela o potencial desses produtos na aplicação a que se propõem e ainda preenchem uma lacuna de mercado, principalmente para este segmento da população carente de material especializado. Cabe ressaltar que a forma final desses protótipos não foi uma escolha aleatória mas seguiu um planejamento baseado em orientações. Todo o processo de elaborações e produção levou em consideração as questões levantadas pela professora do IBC, que citou características essenciais para a estimulação e adequação desses produtos ao público-alvo como a seguir:

1. os produtos não poderiam ser constituídos de materiais frágeis, uma vez que os alunos costumam fazer constantes pressões sobre os produtos para melhor entendimento. Esses recursos didáticos são geralmente feitos de isopor e diversos tipos de papel o que torna essas peças pouco duráveis e facilmente danificáveis;

³⁴ Sempreupdate (<https://sempreupdate.com.br/diferencas-entre-as-tecnologias-de-impressao-3d-fdm-e-sla/>).

2. a identificação das peças em Braille não foi colocada como uma questão essencial já que os produtos são manipulados sempre na presença de um professor que conduz a aula;
3. a temática da Microbiologia foi colocada como de extrema relevância considerando a natureza microscópica do tema, o que dificulta o entendimento do assunto por esses alunos. Foi ressaltada a importância de representantes dos grupos dos vírus diante de sua escala de dimensionamento infinitamente menor que as bactérias;
4. como a deficiência visual inclui aqueles com visão parcial, foi ressaltada a importância do uso de cores contrastantes nos modelos produzidos como uma ferramenta de diferenciação e identificação dos detalhes;
5. o uso de texturas diferentes representados por diferentes materiais também foi colocado como uma característica importante para o estímulo e percepção de detalhes.

Conclusão

O crescimento de matrículas de estudantes com algum tipo de deficiência em escolas regulares de Ensino, demonstra o atual panorama pela busca de um ensino equitativo e inclusivo. Contudo, para tal são necessárias ferramentas didáticas que possam promover essa integração, de modo que sejam adequadas e eficientes para serem utilizadas por um público deficiente que apresenta demandas específicas.

Um dos conteúdos presentes na grade curricular da disciplina de Biologia, a Microbiologia, diante de seus conceitos abstratos em escala física não palpável representa um fator de difícil assimilação por parte dos alunos deficientes visuais. Dessa forma, o presente projeto ao escolher essa temática veio preencher essa lacuna no ensino desses alunos.

Para o desenvolvimento dos produtos cada fase metodológica teve sua importância contribuindo para se alcançar o resultado final deste projeto. O estudo dimensional foi fundamental para se avaliar especialmente questões relacionadas a proporção geral das peças, como também dos componentes individuais/detalhes de cada forma. A modelagem virtual, tendo como referência a modelagem volumétrica, foi essencial para a noção tridimensional das peças, possibilitando a correção de alguns erros cometidos na fase anterior.

O desenvolvimento de um produto de qualidade, requer etapas críticas incluindo o processo de validação. A validação é uma metodologia de análise técnica rigorosa de produtos e assegura que os mesmos sejam tangíveis e também de reconhecida qualidade. A etapa de validação do Kit Microbiano foi realizada pela docente especializada do Instituto Benjamin Constant, Priscila Marques, e foi uma oportunidade para o aperfeiçoamento e a consolidação dos produtos. A validação foi favorável e reconheceu a qualidade técnica dos produtos assim como a relevância de sua contribuição para o Ensino-Aprendizagem de deficientes visuais. Esses resultados contribuíram para a legitimação dos produtos, respaldando o seu uso para o destino a que se propôs.

Quanto aos protótipos que foram desenvolvidos, além de satisfazerem os critérios técnicos, o que permitiu o alcance dos objetivos propostos, eles agregam outras

características práticas no dia a dia, como a facilidade de limpeza e conservação, durabilidade além de serem peças leves.

O Kit Microbiano representa um produto inovador na área do *Design* agregando qualidade do Ensino-Aprendizagem da Microbiologia no Ensino Fundamental, especialmente, para deficientes visuais totais e/ou com baixa visão.

Destaco ainda o meu ganho pessoal em trabalhar com um programa gráfico tridimensional onde tive a oportunidade de desenvolver novas habilidades com possibilidades para ampliar meus conhecimentos.

Figura 49. Simulação do uso do Kit Microbiano por aluno portador de deficiência visual.



Fonte: Imagem alterada do Google.

Bibliografia

A importância dos estímulos visuais na sala de aula. Disponível em: <<https://desafiosdaeducacao.com.br/importancia-dos-estimulos-visuais-na-sala-de-aula/>> Acesso em: 1 de Agosto de 2018.

Aluno com baixa visão: lista completa de adaptações para inclusão em sala de aula. Disponível em: <<https://visaonainfancia.com/aluno-com-baixa-visao-adaptacoes/>> Acesso em: 1 de Agosto de 2018.

CALLISTER, W D JR. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. 5^a ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora SA, 2002.

CASE, C L.; FUNKE, B R.; TORTORA, G J. Microbiologia. 10^a.ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

CERQUEIRA, J B.; FERREIRA, E M B. Recursos Didáticos na educação especial. Revista Benjamin Constant Rio de Janeiro, Vol. 15, Abril 2000.

Classificações da deficiência visual: compreendendo conceitos esportivos, educacionais, médicos e legais.

Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/efd93/defic.htm>> Acesso em 11 de Julho de 2018.

Convenção da ONU sobre Direitos da Pessoas com Deficiência. Disponível em: <<https://www.fundacaodorina.org.br/a-fundacao/deficiencia-visual/convencao-da-onu-sobre-direitos-das-pessoas-com-deficiencia/>>. Acesso em 6 de Julho de 2018.

Declaração de Salamanca: Princípios, Política e Práticas na Área da Necessidades Educativas Especiais (1994).

Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/salamanca.pdf>> Acesso em 5 de Julho de 2018.

Diferenças entre as tecnologias de impressão 3D, FDM E SLA. Disponível em <<https://sempreupdate.com.br/diferencas-entre-as-tecnologias-de-impressao-3d-fdm-e-sla/>>. Acesso em 28 de Setembro.

DNA Twist. Disponível em:

<https://shop.aph.org/webapp/wcs/stores/servlet/Product_DNA%20Twist_1-08978-00P_10001_11051>. Acesso em 10 de Maio de 2018.

DNA-RNA Kit. Disponível em:

<https://shop.aph.org/webapp/wcs/stores/servlet/Product_DNA-RNA%20Kit_1-08979-00P_10001_11051> . Acesso em 10 de Maio de 2018.

Educação especial e educação inclusiva: Qual a diferença?. Disponível em <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/idiomas/educacao-especial-e-educacao-inclusiva-qual-a-diferenca/55698>>. Acesso em 12 de Julho de 2018.

GIL, M. Deficiência Visual. Brasília. MEC. Secretaria de Educação a Distância, 2000.

Here's how 3D printers are making human body parts. Disponível em: <<https://cellink.com/heres-3d-printers-making-human-body-parts/>>. Acesso em 17 de Dezembro de 2018.

HOPKINSON, N.; HAGUE, R.J.M.; DICKENS, P.M. Rapid manufacturing: an industrial revolution for the digital age. John Wiley & Sons, Ltd, 2006.

Impressora - 3D constrói casa de concreto em apenas 12 horas, custo de US\$ 4.000. Disponível em: <<http://engenhariae.com.br/tecnologia/impressora-3d-constroiu-casa-de-concreto-em-apenas-24-horas-custo-de-us10-000/>>. Acesso em 17 de Dezembro de 2018.

JORGE, V L.; PIRES, B B M. Confecção de modelos biológicos para alunos cegos do segundo segmento. I Seminário Internacional de Inclusão Escolar: práticas em diálogo. 2014.

Kit Todas as Borrachas de Silicone para Moldes. Disponível em <<https://www.redelease.com.br/kit-todas-as-borrachas-de-silicone-para-moldes.html>>. Acesso em 1 de Agosto de 2018.

LADEIRA, F.; QUEIRÓS, S. Compreender a Baixa Visão. Ministério da Educação, 2002. Disponível em: <http://www.deficienciavisual.pt/x-txt-aba-Compreender_Baixa_Visao-FL&SQ.pdf> Acesso em: 13 de Julho de 2018.

LOBACH, B. Design Industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais. 1^a.ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2001.

MOLLOSSI, L F S B.; AGUIAR, R.; MORETTI M T. Materiais didáticos para inclusão de educandos cegos no ensino da matemática. Joinville, 2016.

NEPOMUCENO, T A R.; ZANDER L D. Uma análise dos recursos didáticos táteis adaptados ao ensino de ciências a alunos com deficiência visual inseridos no ensino fundamental. Revista Benjamin Constant, Rio de Janeiro, Vol. 1, n^o 58, Jan-Jun, 2015.

O Durômetro Shore.

Disponível em: <https://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6563-o-durometro-shore#.W8IUR7bOqi4>. Acesso em 28 de Setembro.

Orientações Curriculares: Áreas Específicas. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2009. (<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/1807290/DLFE-226828.pdf/1.0>).

ORLANDO, T C et al. Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de Biologia Celular e Molecular no Ensino Médio por graduandos de Ciências Biológicas. Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular, São Paulo, Vol. 1, 2009.

Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais. Brasília: MEC, 1998.

PLA- Biopolímero Ácido Polilático. Disponível em: <<http://www.resinex.pt/tipos-de-polimeros/pla.html>>. Acesso em 1 de Agosto.

Plástico PLA: alternativa biodegradável e compostável. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/738-plastico-pla>>. Acesso em 1 de Agosto.

Política Nacional de Educação Especial na Educação Inclusiva. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=16690-politica-nacional-de-educacao-especial-na-perspectiva-da-educacao-inclusiva-05122014&Itemid=30192>. Acesso em 12 de Julho de 2018.

SÁ, E D.; CAMPOS, I M.; SILVA, M B C. Atendimento Educacional Especializado: Deficiência Visual. Brasília: MEC, 2007.

Sobre deficiência visual no Brasil.

Disponível em: <<https://www.fundacaodorina.org.br/a-fundacao/deficiencia-visual/estatisticas-da-deficiencia-visual/>>. Acesso em 6 de Julho de 2018.

Teoria das Cores – Guia sobre teoria e harmonia das cores no Design. Disponível em: <<https://www.chiefofdesign.com.br/teoria-das-cores/>>. Acesso em: 2 de Agosto de 2018.

TPE Elastómeros Termoplásticos. Disponível em <<http://www.resinex.pt/tipos-de-polimeros/tpe.html>>. Acesso em 28 de Setembro.

TPU Ravathane (TPE-U).

Disponível em: <<http://www.resinex.pt/produtos/ravathane.html>>. Acesso 28 de Setembro.

UFSCar desenvolve kit para alunos cegos aprenderem física. Disponível em:

<<https://www.douradosagora.com.br/brasil-mundo/educacao/ufscar-desenvolve-kit-para-alunos-cegos-aprenderem-fisica>>. Acesso em 6 de Agosto de 2018.

VAZ, J M C. Material Didático para Ensino de Biologia: Possibilidades de Inclusão. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Vol. 12, nº 3, 2012.

ANEXOS

ANEXO 1
QUESTIONÁRIO DE PESQUISA DE CAMPO

Avaliação dos protótipos 3D pela professora de Ciências do Instituto Benjamin Constant seguindo os critérios pré-estabelecidos

Responsável do estudo: Louise Hamond Regua Mangia

PROTÓTIPO:.....

Responda **SIM** ou **NÃO**, se o protótipo atende satisfatoriamente quanto:

1. Tamanho

O protótipo tem dimensionamento adequado para a compreensão de sua forma e estrutura?

SIM

NÃO. Por quê?.....

2. Significação Tátil

O protótipo permite identificar estruturas diferentes?

SIM

NÃO. Por quê?.....

3. Aceitação

O protótipo é apropriado para o manuseio quanto ao material?

SIM

NÃO. Por quê?.....

4. Estimulação Visual

O protótipo apresenta cores para estimular o aluno com baixa visão?

SIM

NÃO. Por quê?.....

5. Fidelidade

O protótipo representa o microorganismo em teste?

SIM

NÃO. Por quê?.....

6. Facilidade de manuseio

O protótipo é de fácil manuseio proporcionando ao aluno uma prática utilização?

SIM

NÃO. Por quê?.....

7. Resistência

O protótipo é feito de material que pode resistir ao manuseio frequente dos alunos?

SIM

NÃO. Por quê?.....

8. Segurança

O material do protótipo oferece algum perigo aos alunos?

SIM. Por quê?.....

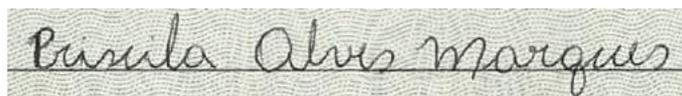
NÃO

ANEXO 2
PARECER TÉCNICO

Declaração

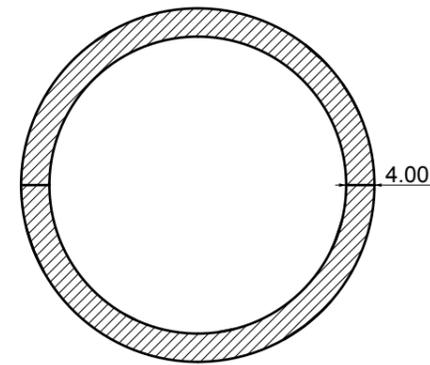
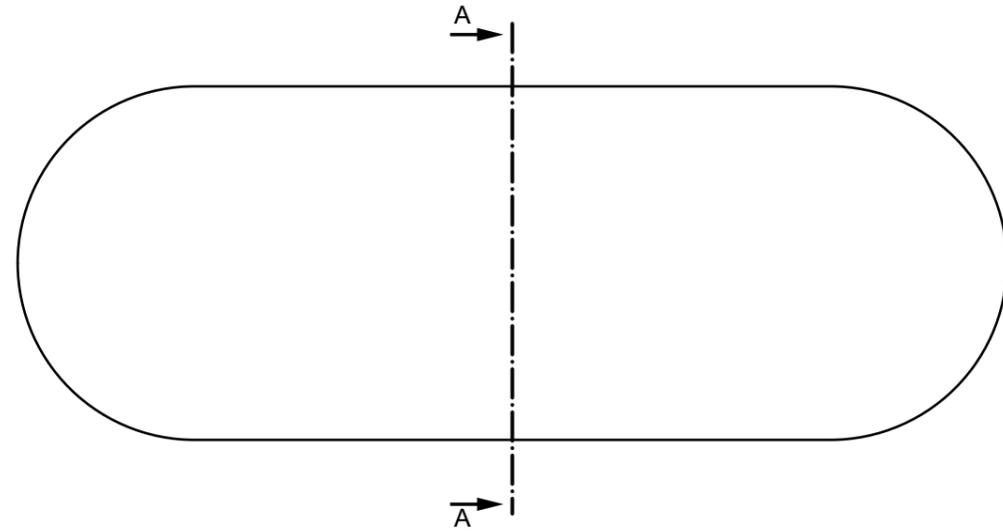
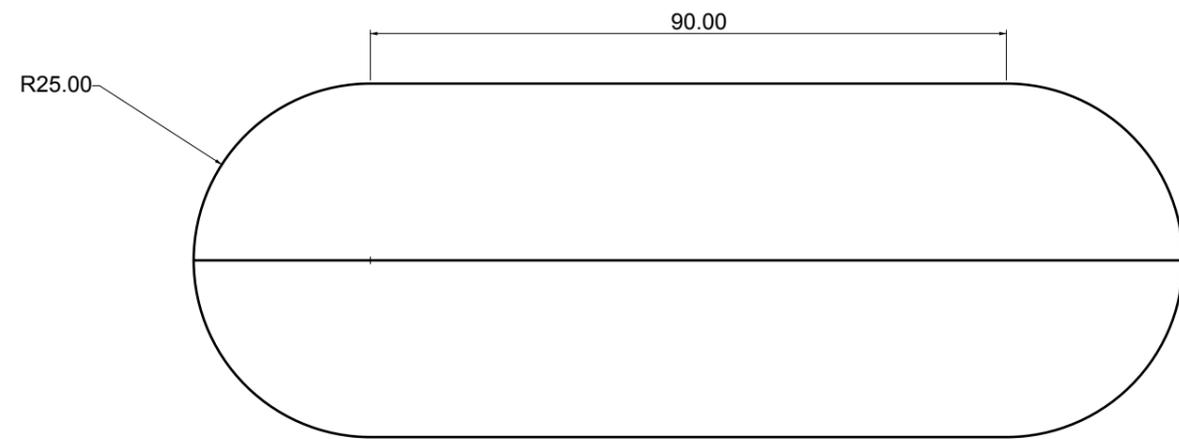
Declaro para os devidos fins que realizei uma avaliação técnica dos protótipos tridimensionais representantes das principais morfologias de vírus e bactérias, desenvolvidos pela aluna Louise Hamond Regua Mangia, como proposta de seu trabalho de conclusão do Curso de Desenho Industrial oferecido pela UFRJ.

Rio de Janeiro,
06/11/2018

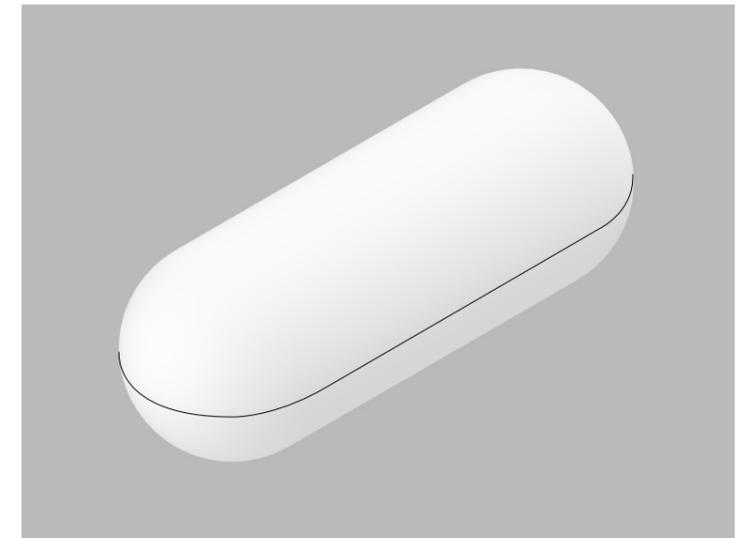
A rectangular area containing a handwritten signature in black ink on a light-colored, textured background. The signature reads "Priscila Alves Marques".

Priscila Alves Marques
Professora do Ensino Básico, Técnico e
Tecnológico Matrícula: 2115396
Instituto Benjamin Constant

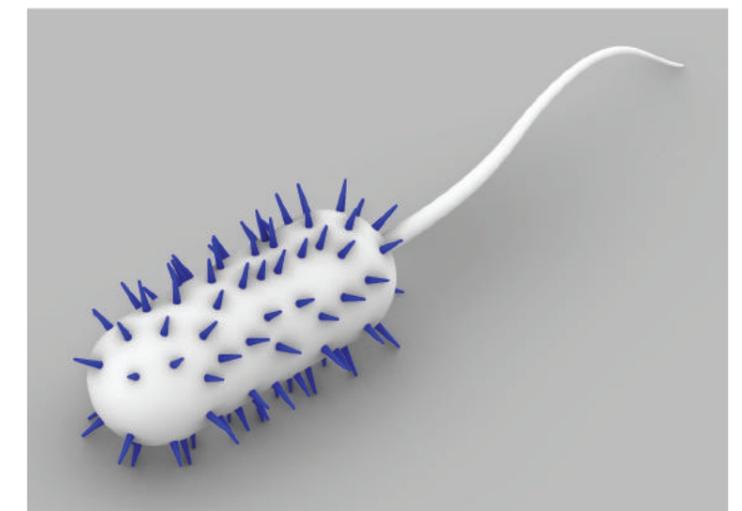
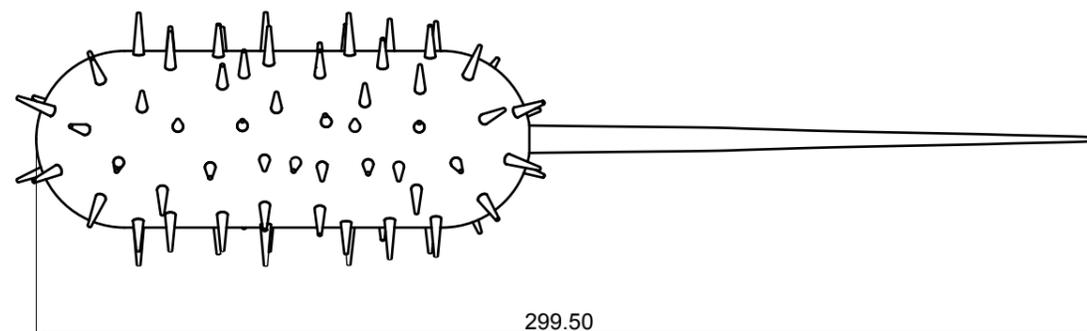
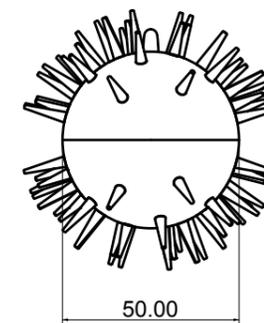
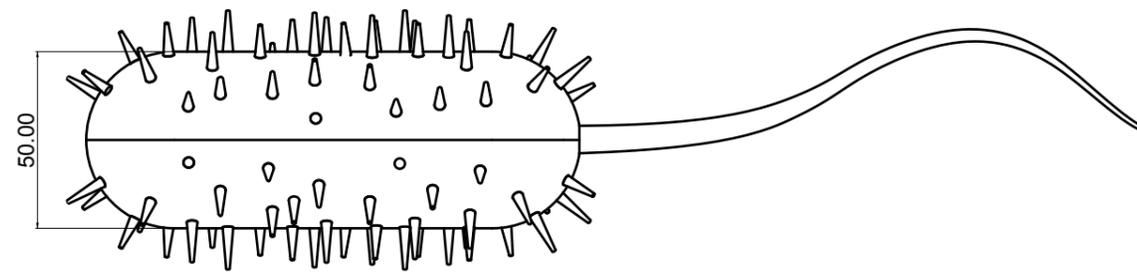
ANEXO 3
DESENHOS TÉCNICOS



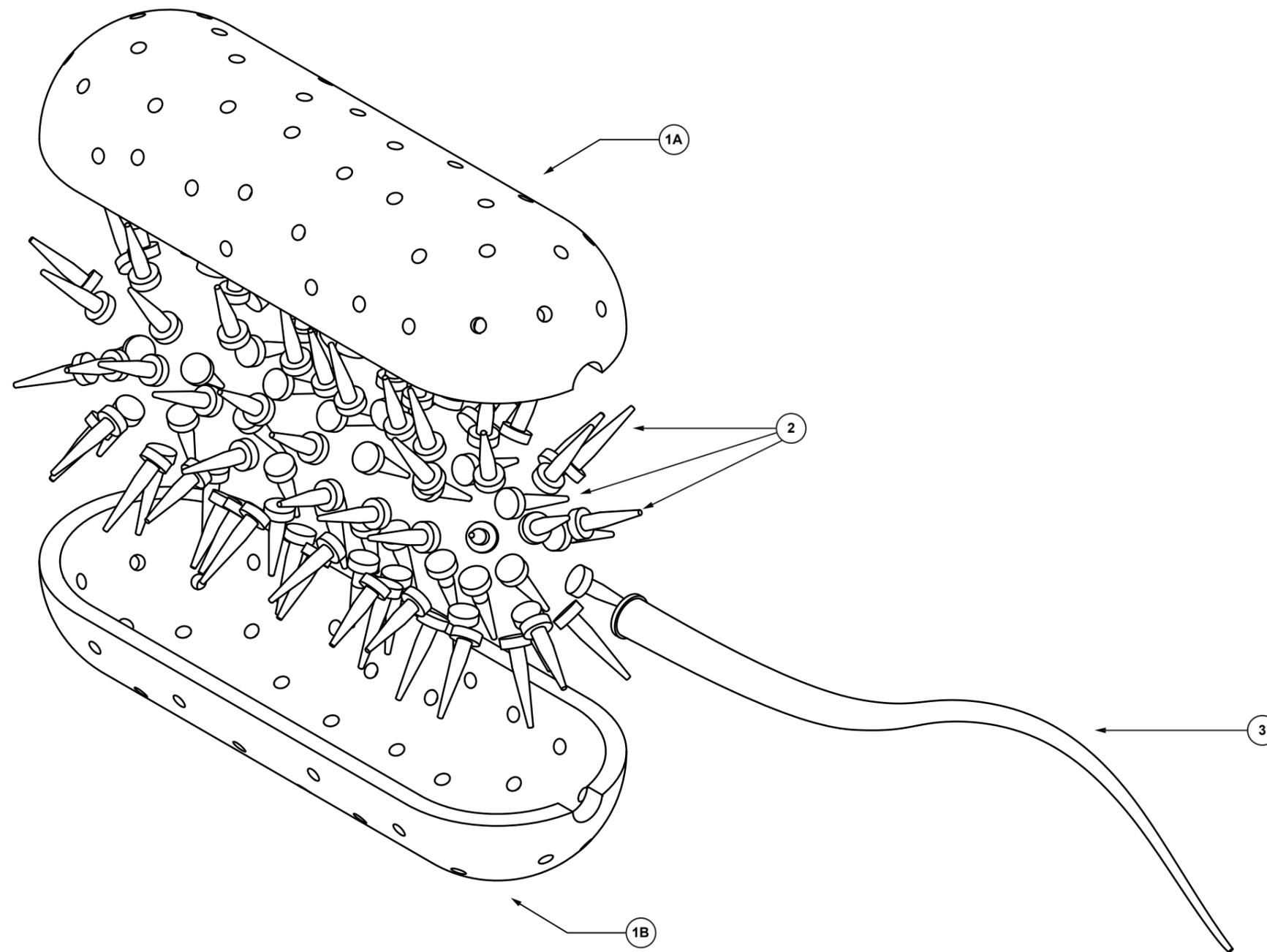
SEÇÃO A-A



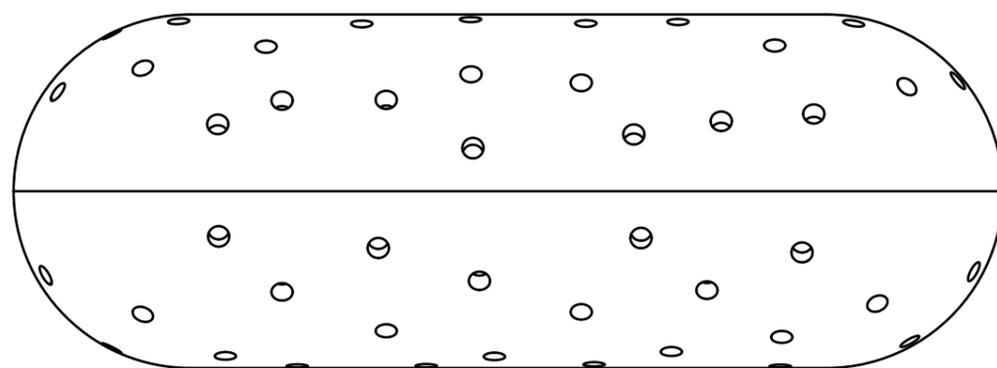
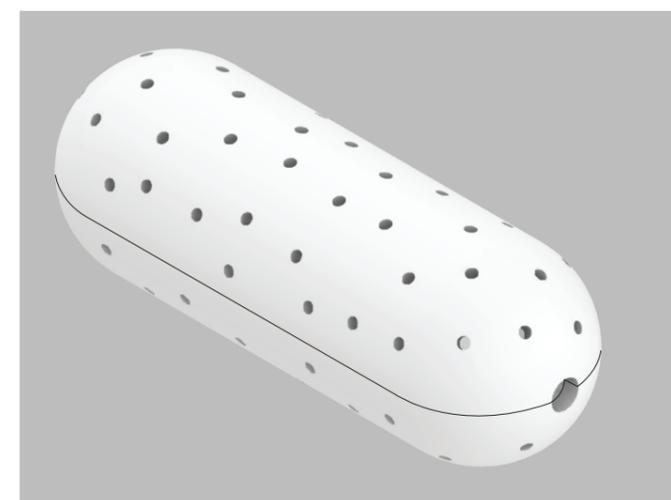
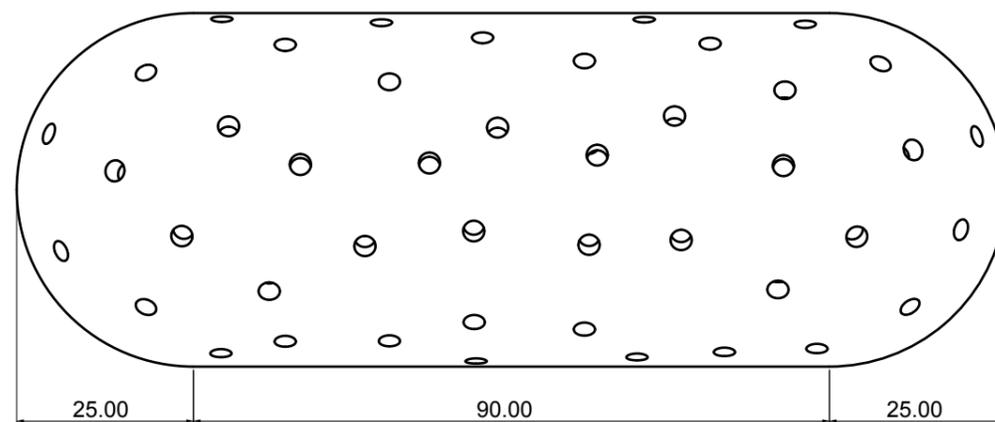
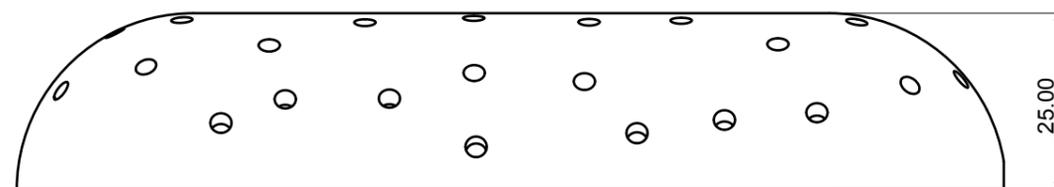
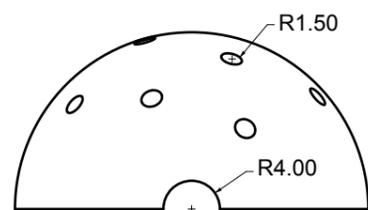
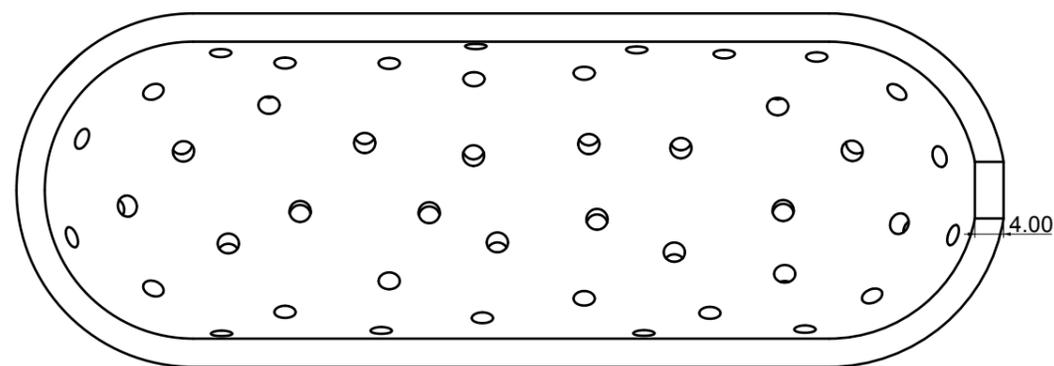
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Geral	Peça Bastonete
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 1/1



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Geral	Peça Bacilo com fímbricas e flagelo
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 2:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 1/4



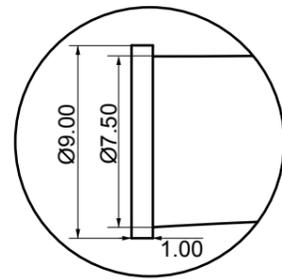
03	Flagelo	1
02	Fímbrias	192
01	Corpo	1
Nº	Identificação	Quantidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto
Título do projeto	Assunto	Peça
Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Identificação dos sistemas	Bacilo com fímbrias e flagelo
Autor	Unidade de medida	Escala
Louise Hamond Regua Mangia	mm	1:1
Orientador	Data	Página
Hugo Borges Backx	21/11/2018	2/4



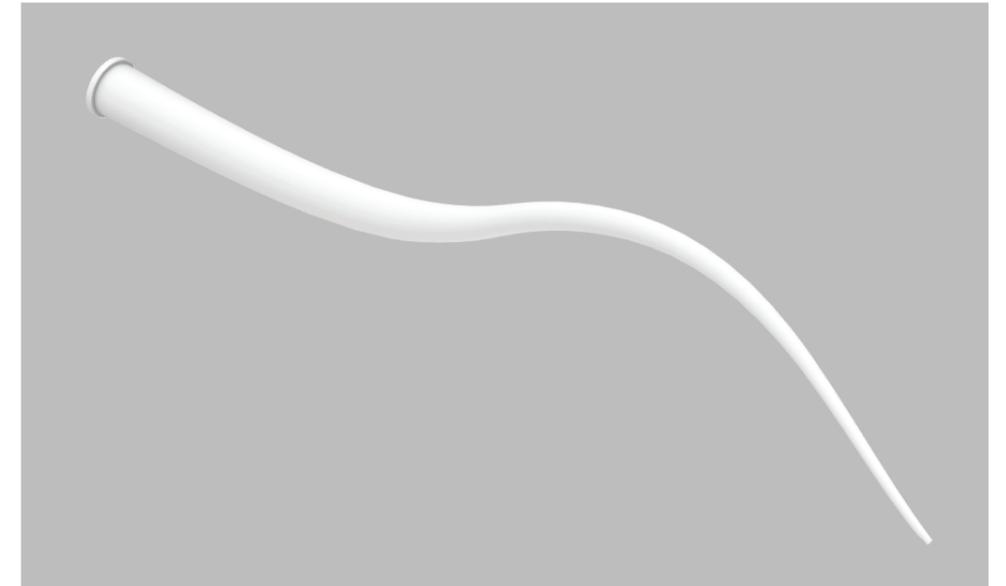
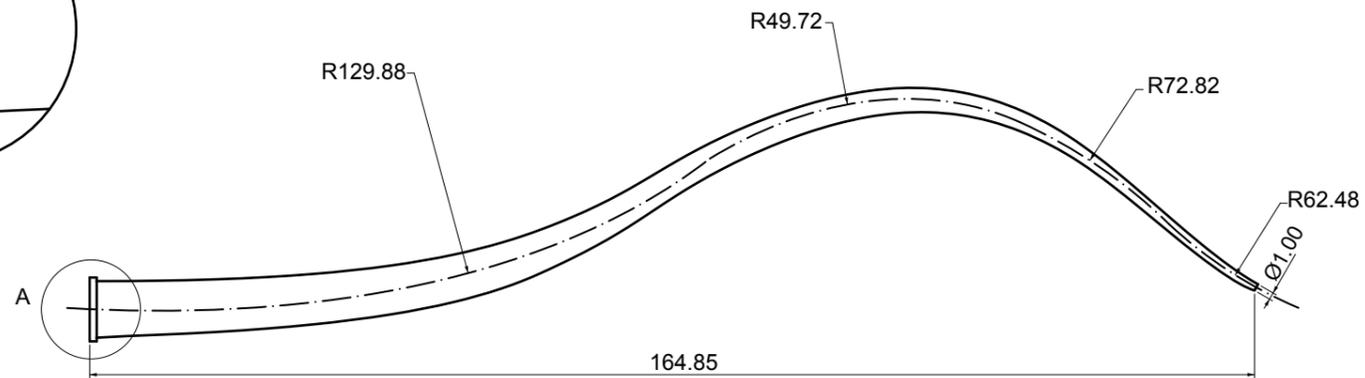
Vista Frontal do conjunto

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Corpo	Peça Bacilo com fimbrias e flagelo
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 3/4

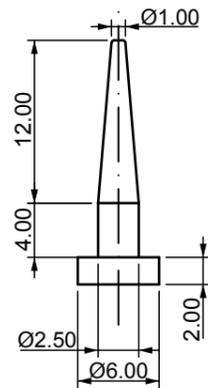
FLAGELO



DETALHE A
ESCALA 3:1



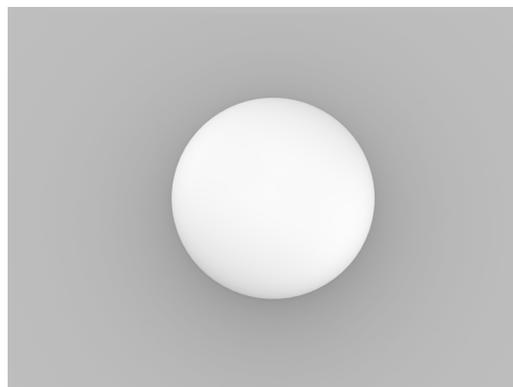
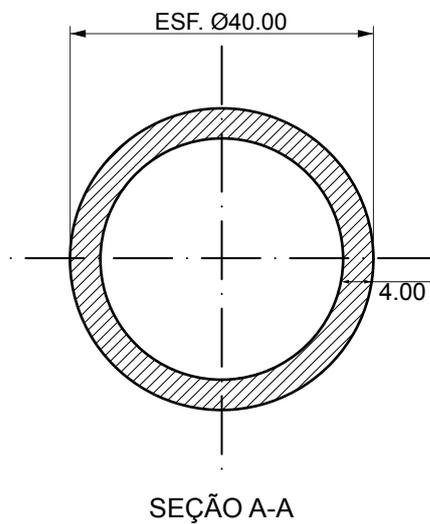
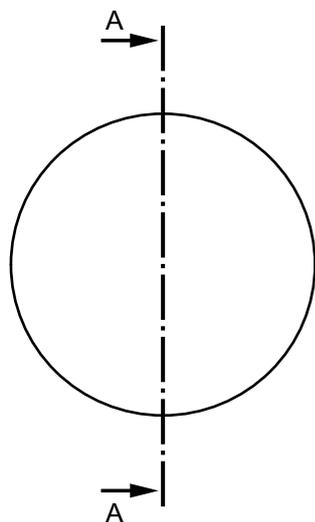
FÍMBRIA



ESCALA 2:1

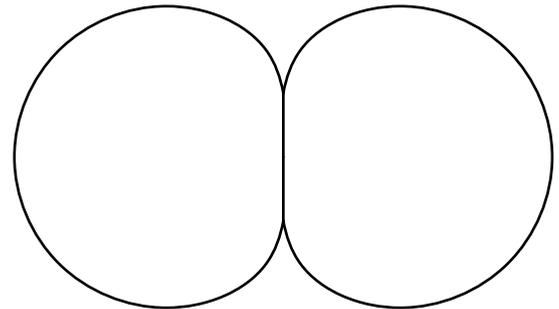
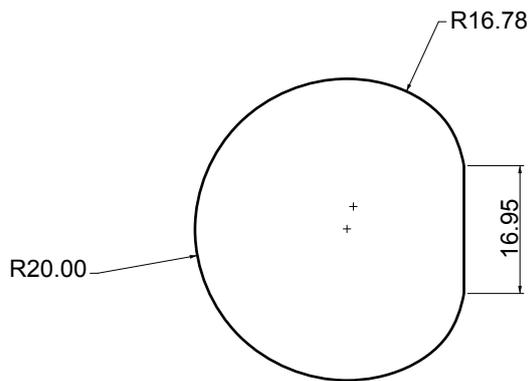


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Flagelo e fímbrias	Peça Bacilo com fímbrias e flagelo
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 4/4

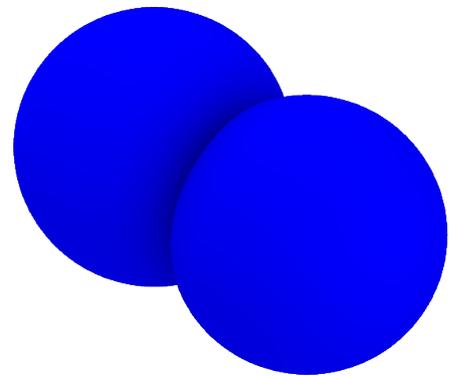


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Geral	Peça Coco
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 1/1

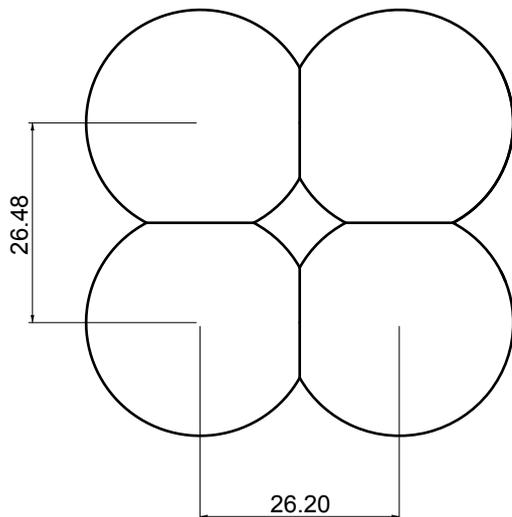
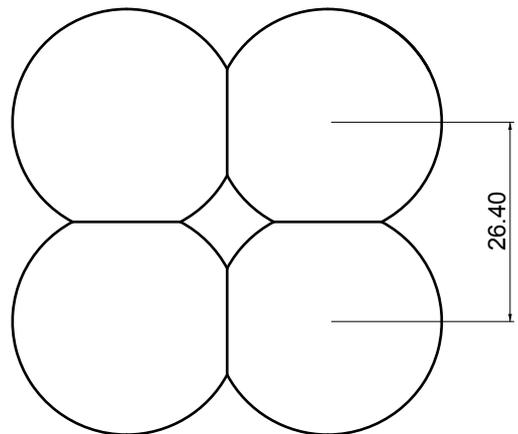
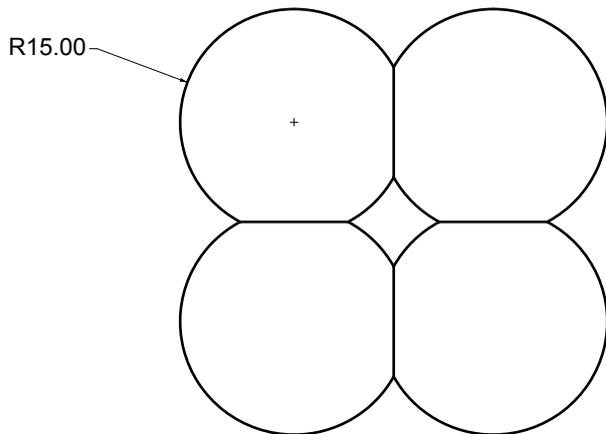


Conjunto



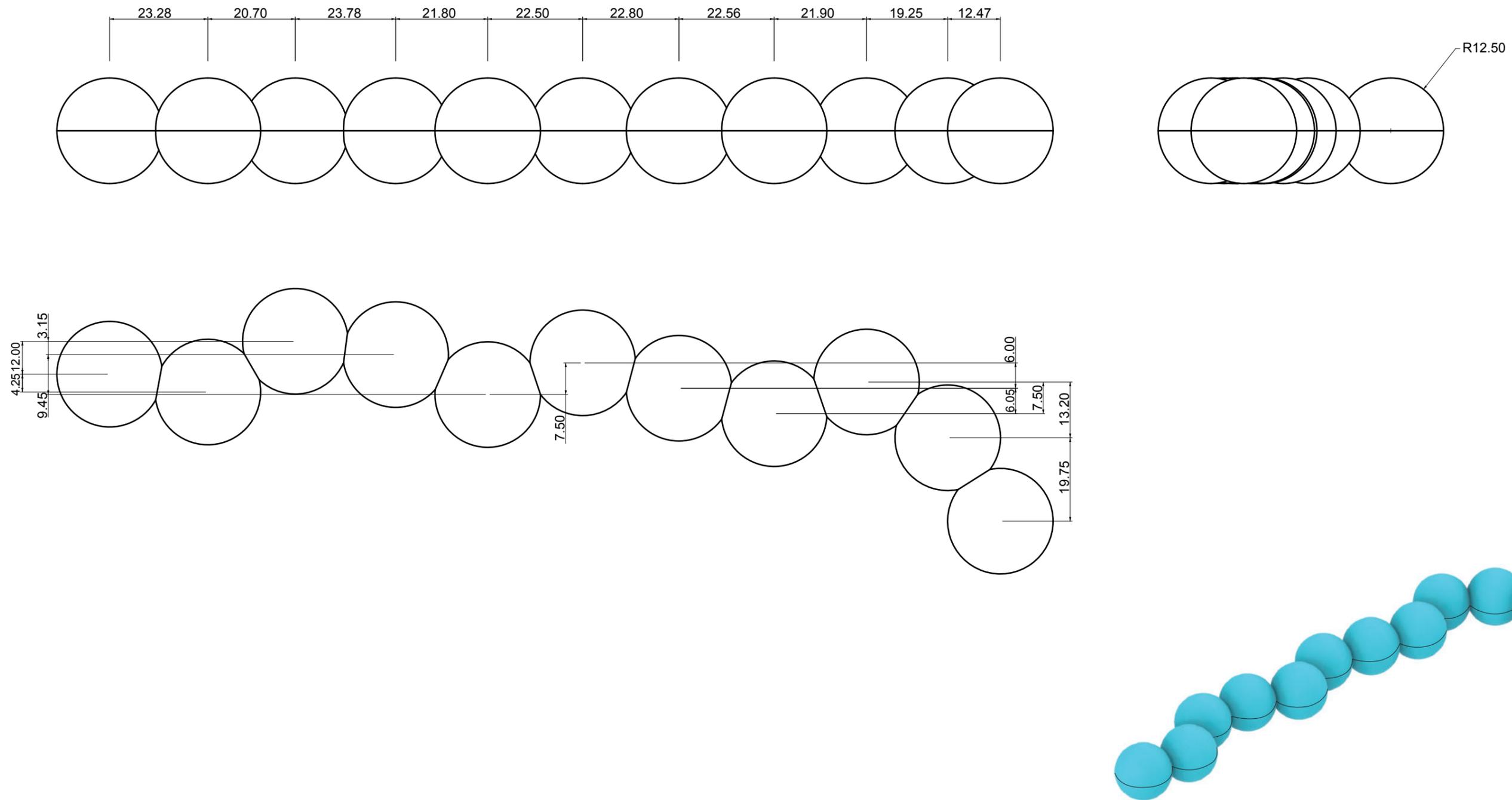
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Geral	Peça Cocos aos pares	
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1	
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 1/1	

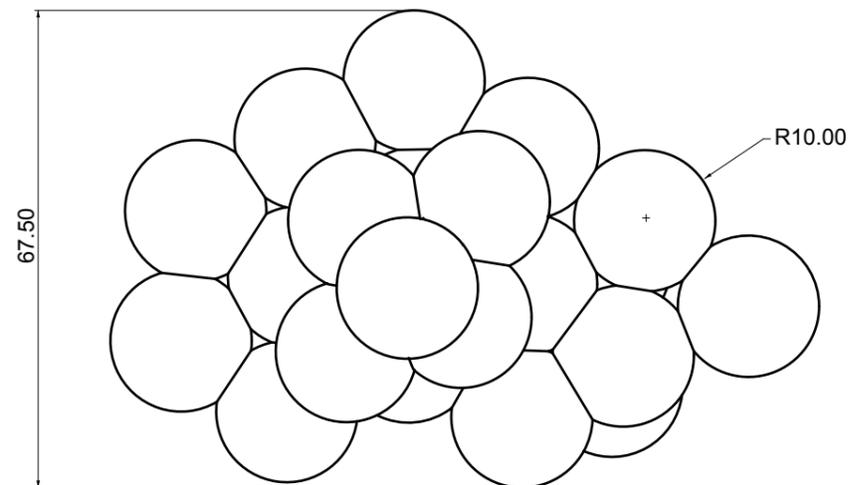
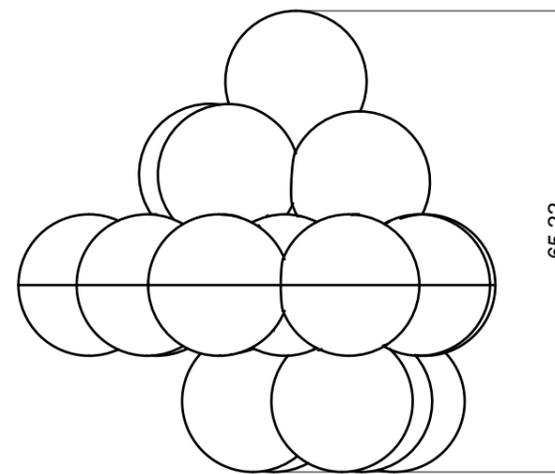
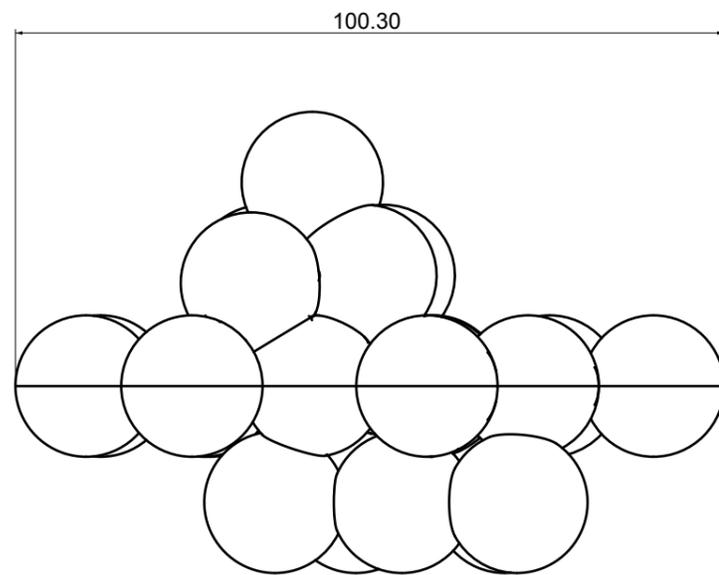


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

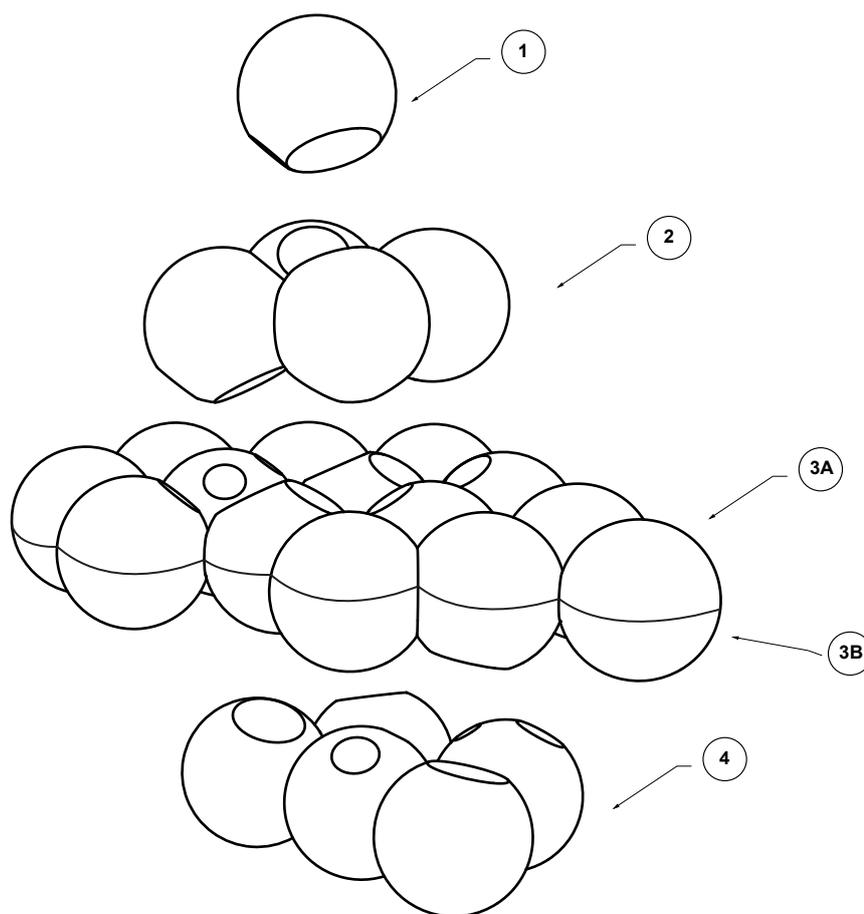
CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Geral	Peça Cocos em oito	
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1	
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 1/1	



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Geral	Peça Cocos em cadeia
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 1/1



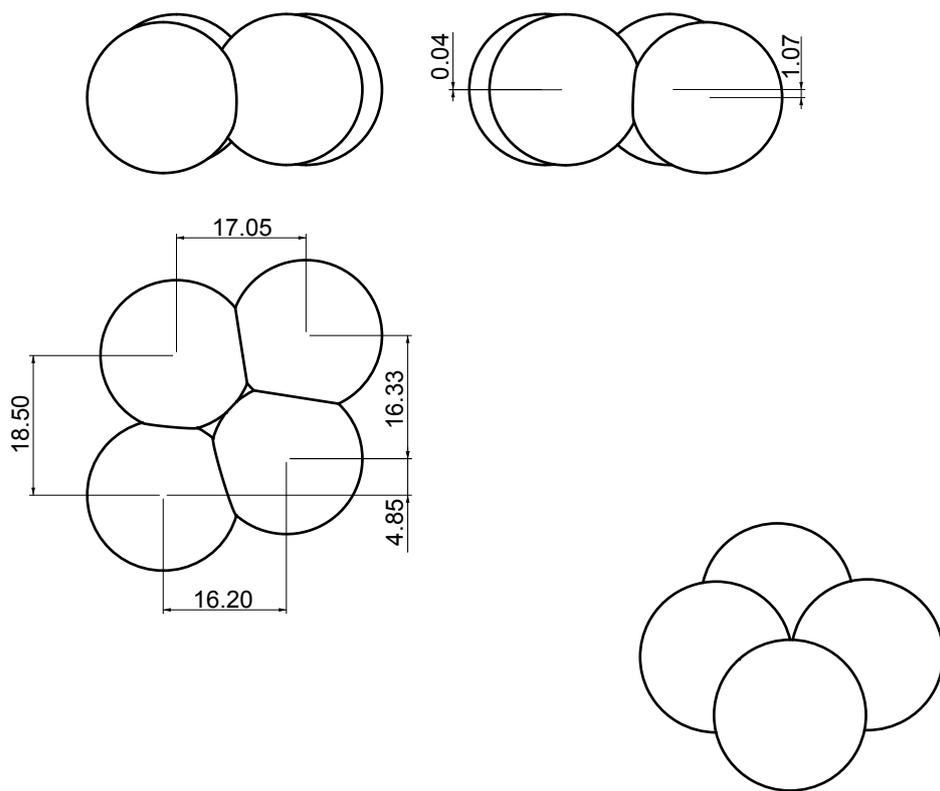
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Geral	Peça Cocos em cacho
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 1/8



04	Sistema 4	05
03	Sistema 3	14
02	Sistema 2	04
01	Sistema 1	01
Nº	Identificação	Componentes

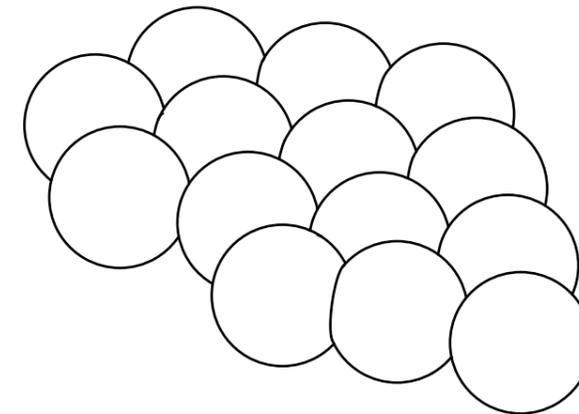
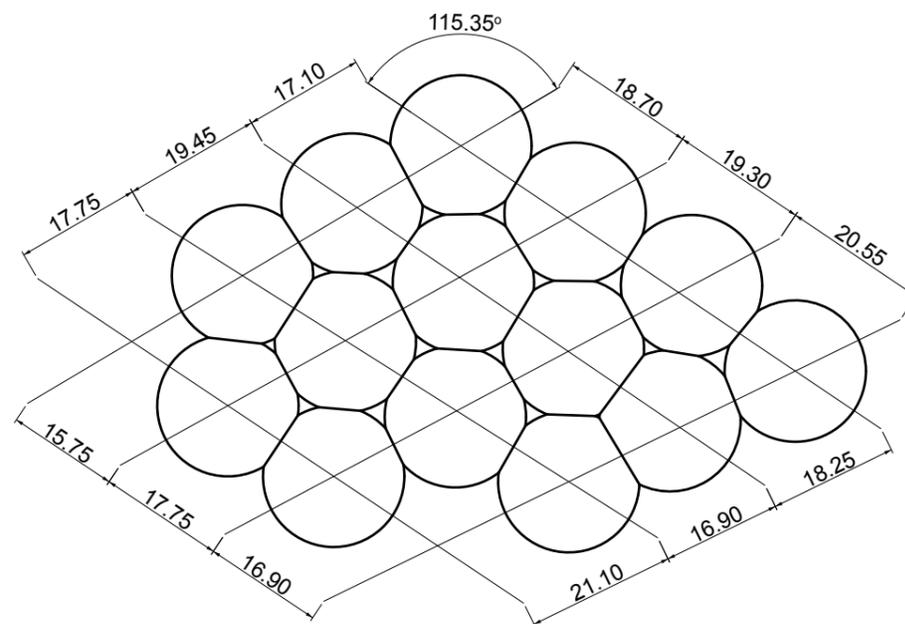
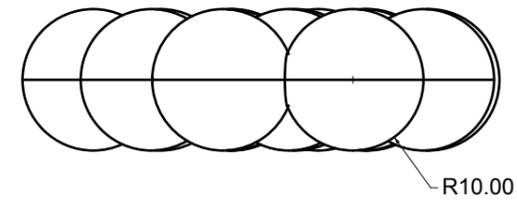
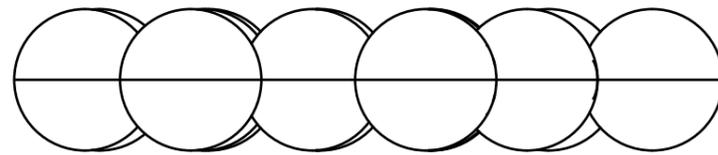
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto	Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto	Peça
		Dimensionamento Geral	Cocos em cacho
Autor	Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida	Escala
		mm	1:1
Orientador	Hugo Borges Backx	Data	Página
		21/11/2018	2/8

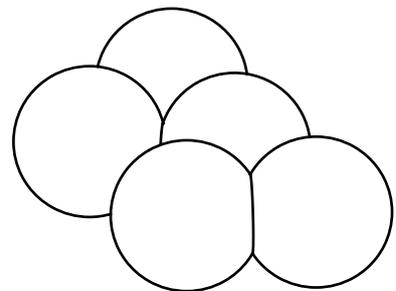
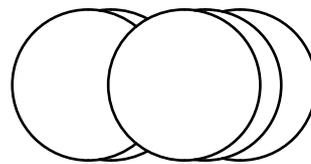
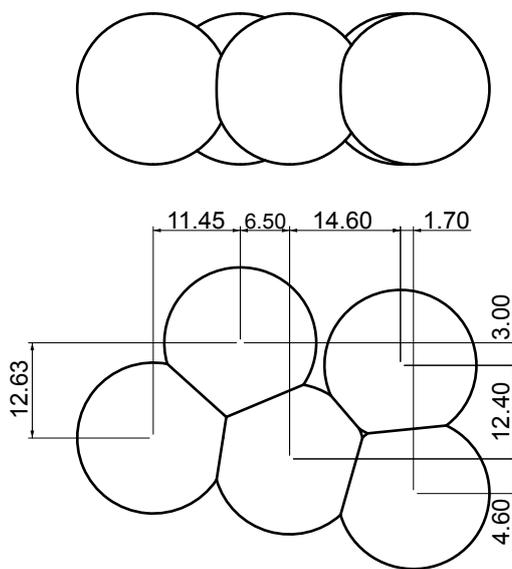


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Sistema 2	Peça Cocos em cacho
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 3/8

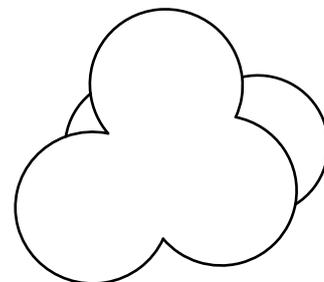
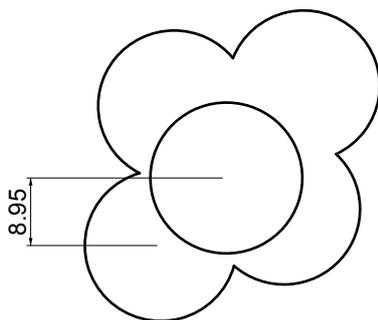
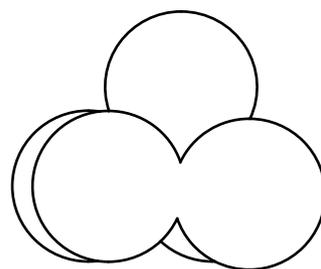
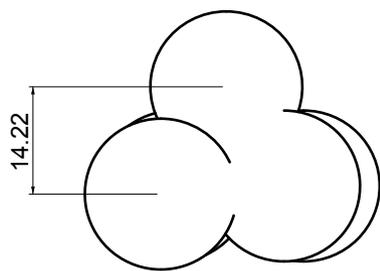


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Sistema 3	Peça Cocos em cacho
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 4/8



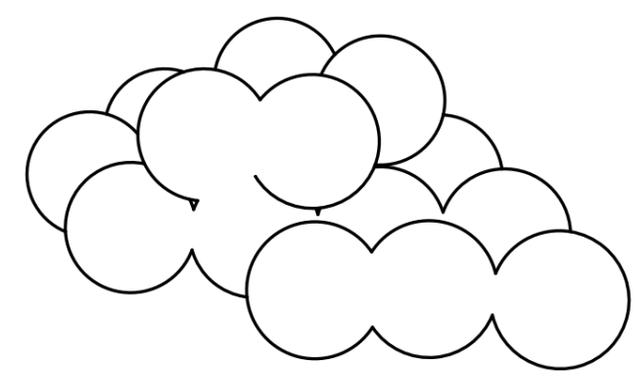
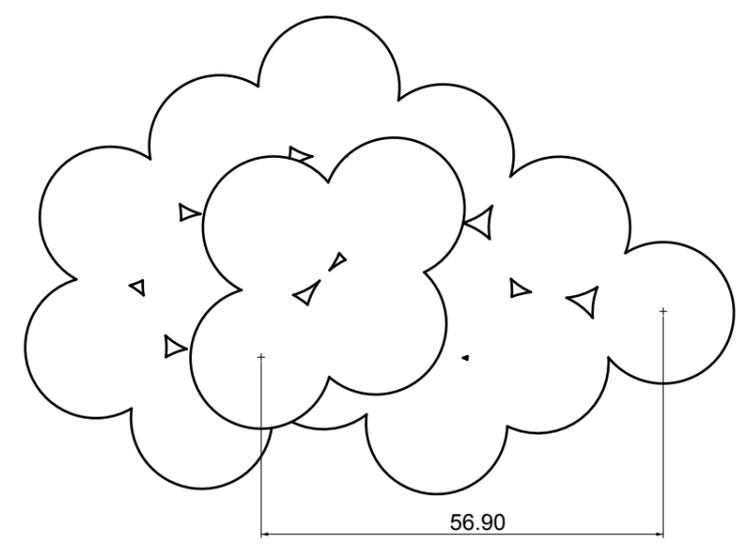
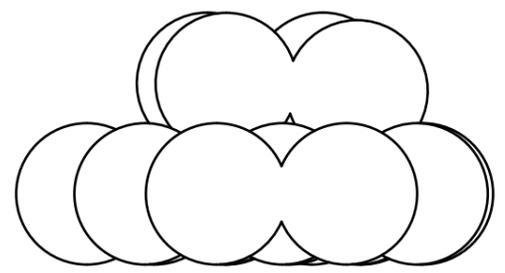
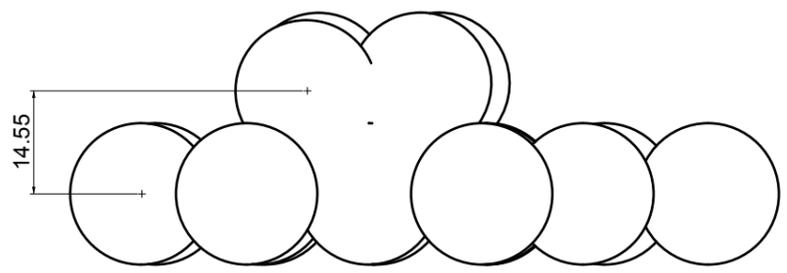
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Sistema 4	Peça Cocos em cacho	
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1	
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 5/8	

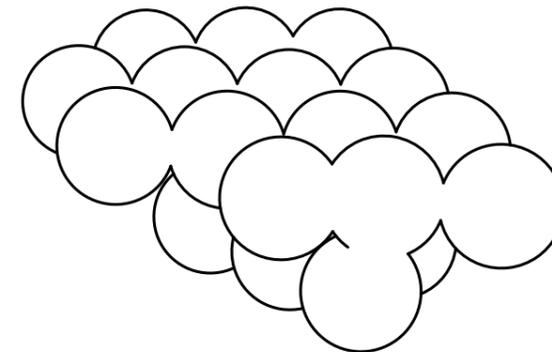
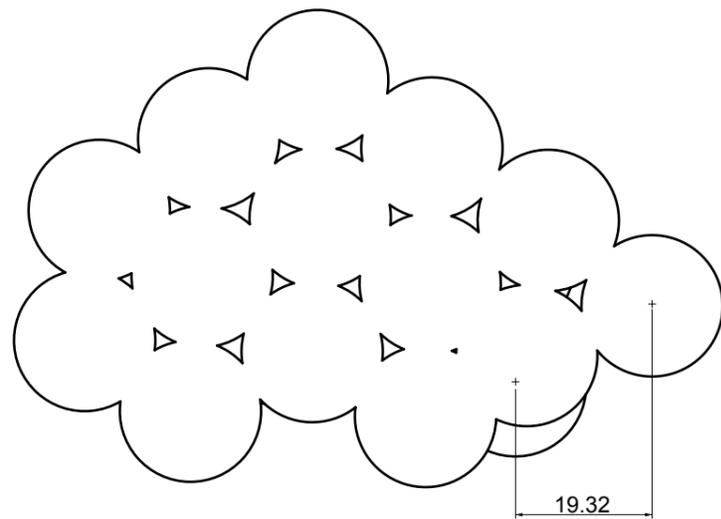
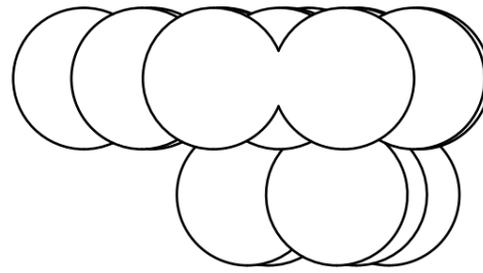
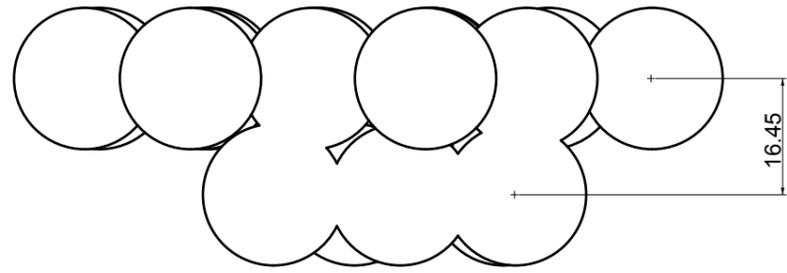


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

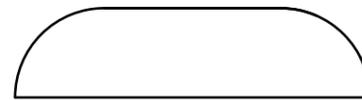
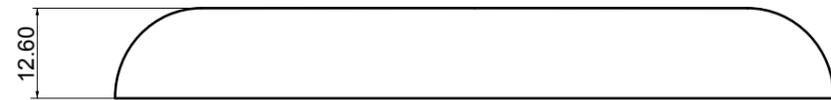
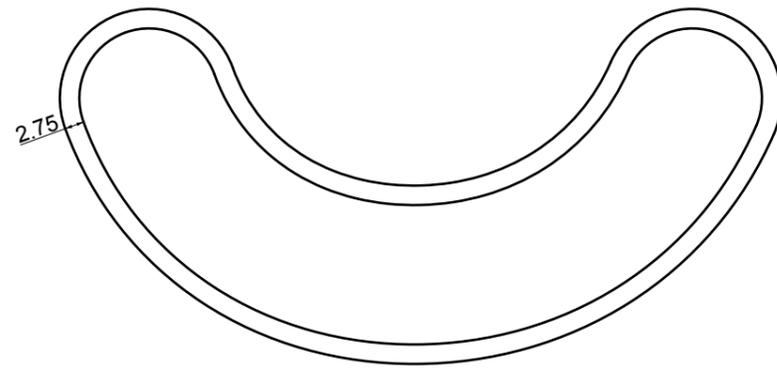
CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Sistemas 1 e 2	Peça Cocos em cacho
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 6/8



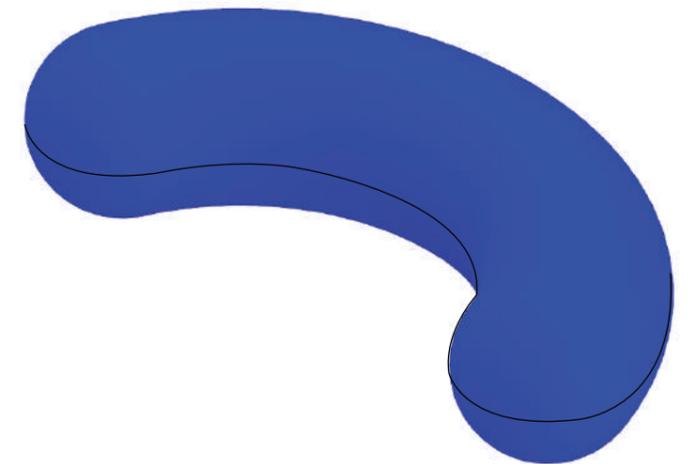
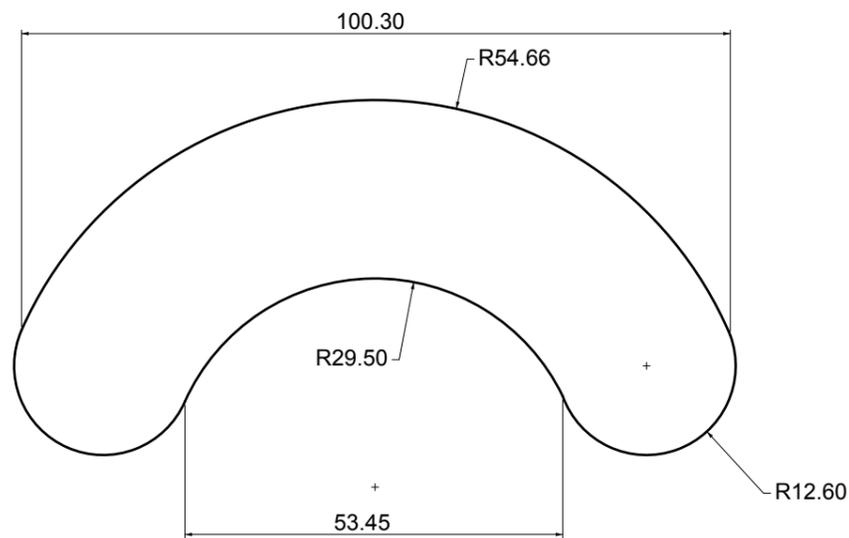
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Sistemas 2 e 3	Peça Cocos em cacho
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 7/8



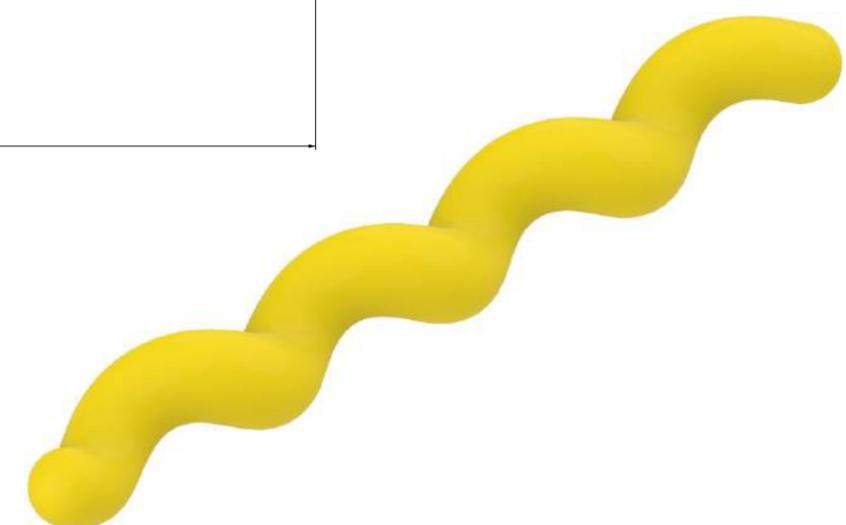
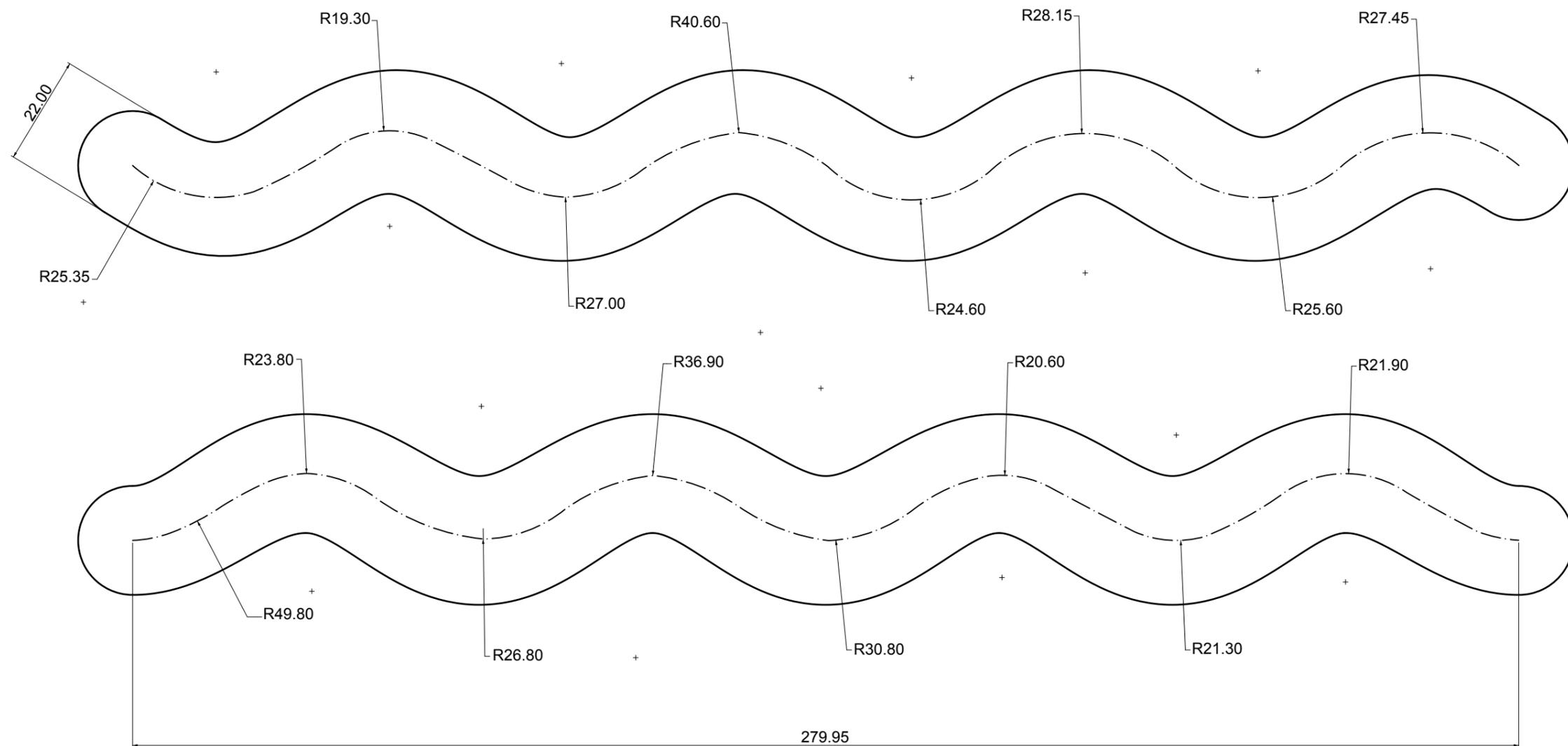
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Sistemas 3 e 4	Peça Cocos em cacho
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 8/8



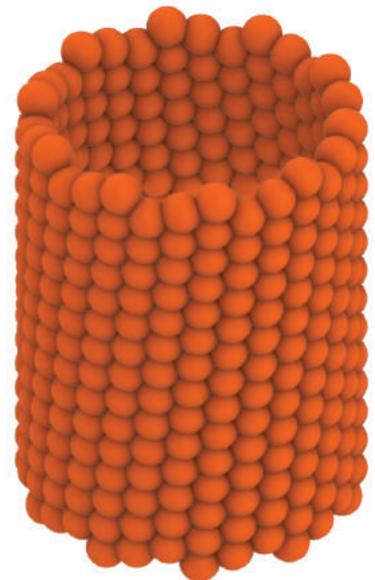
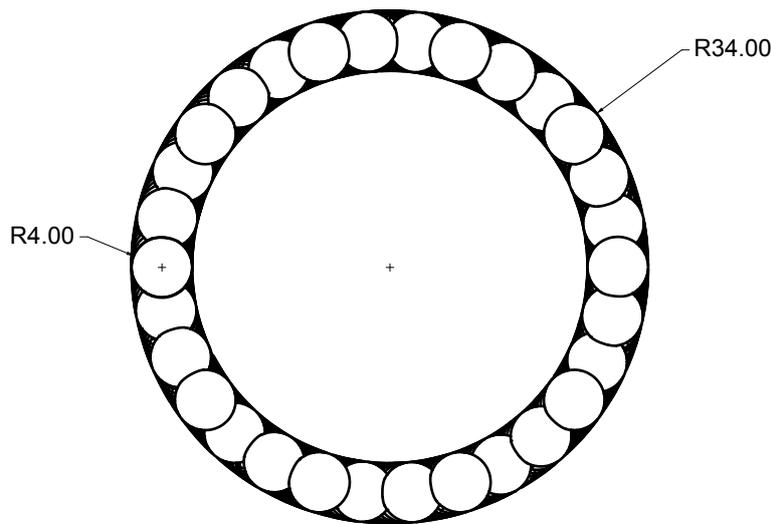
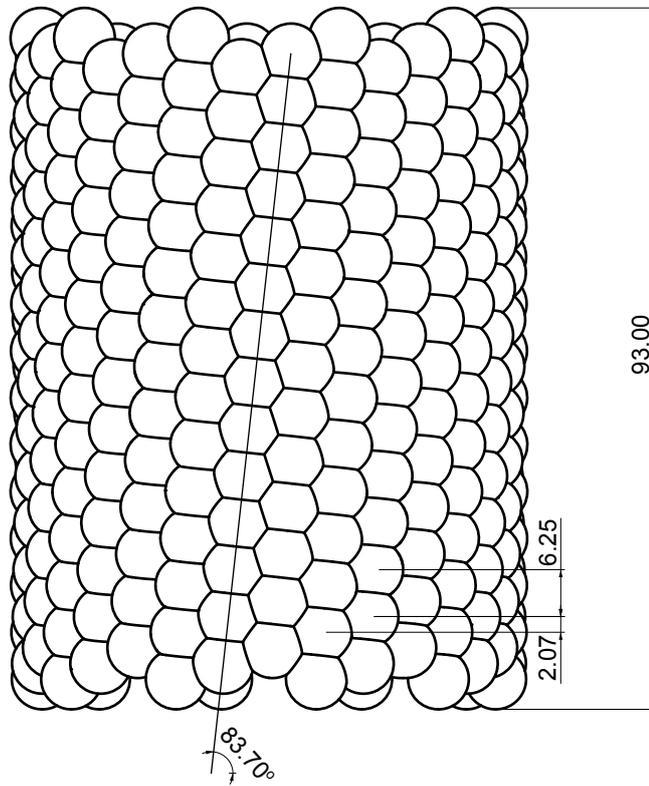
Vista frontal do Conjunto



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Geral	Peça Vibrio
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 1/1

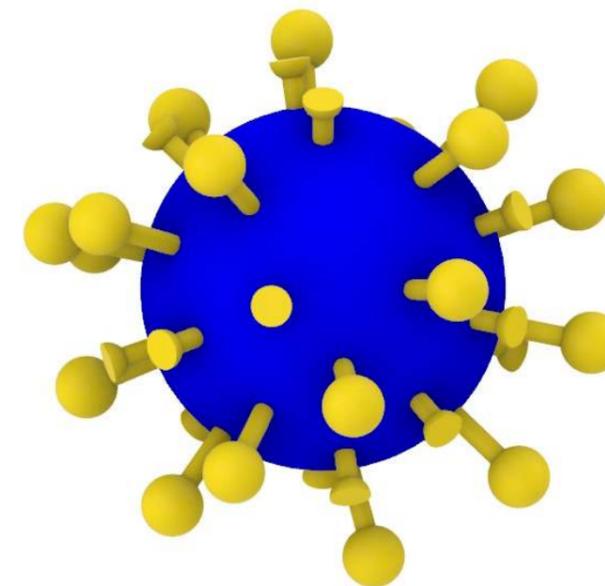
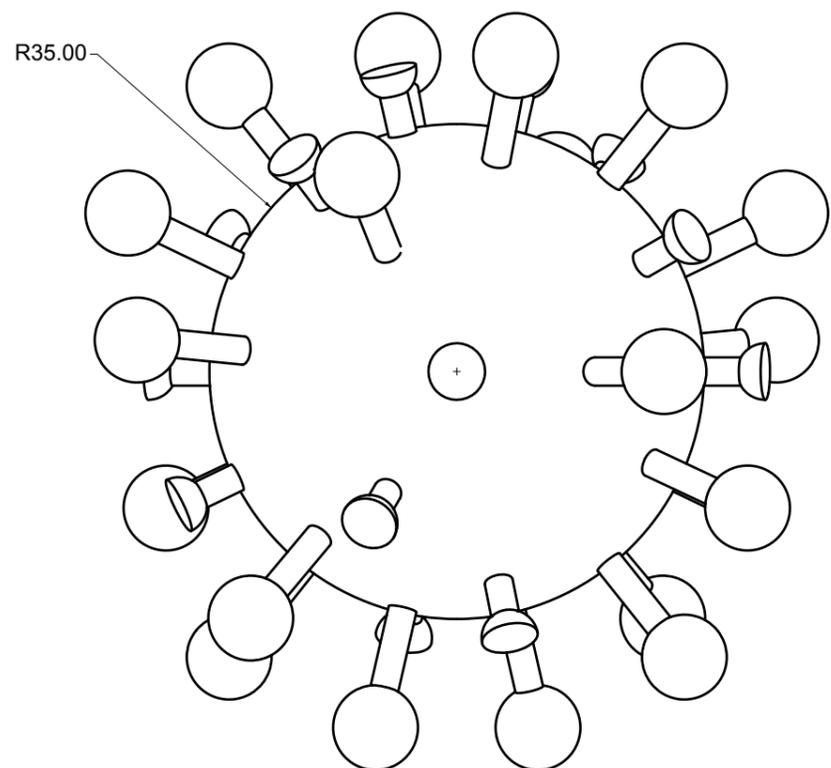
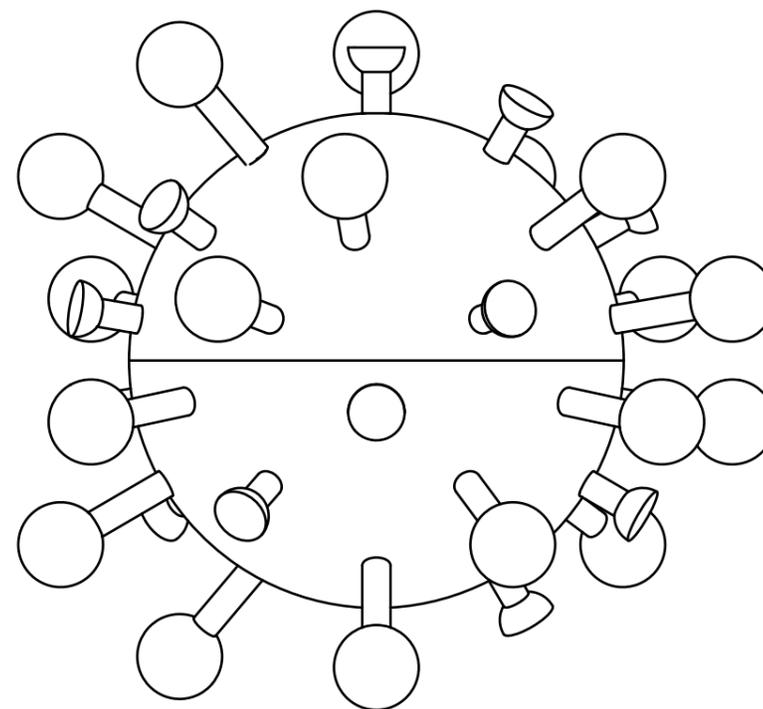
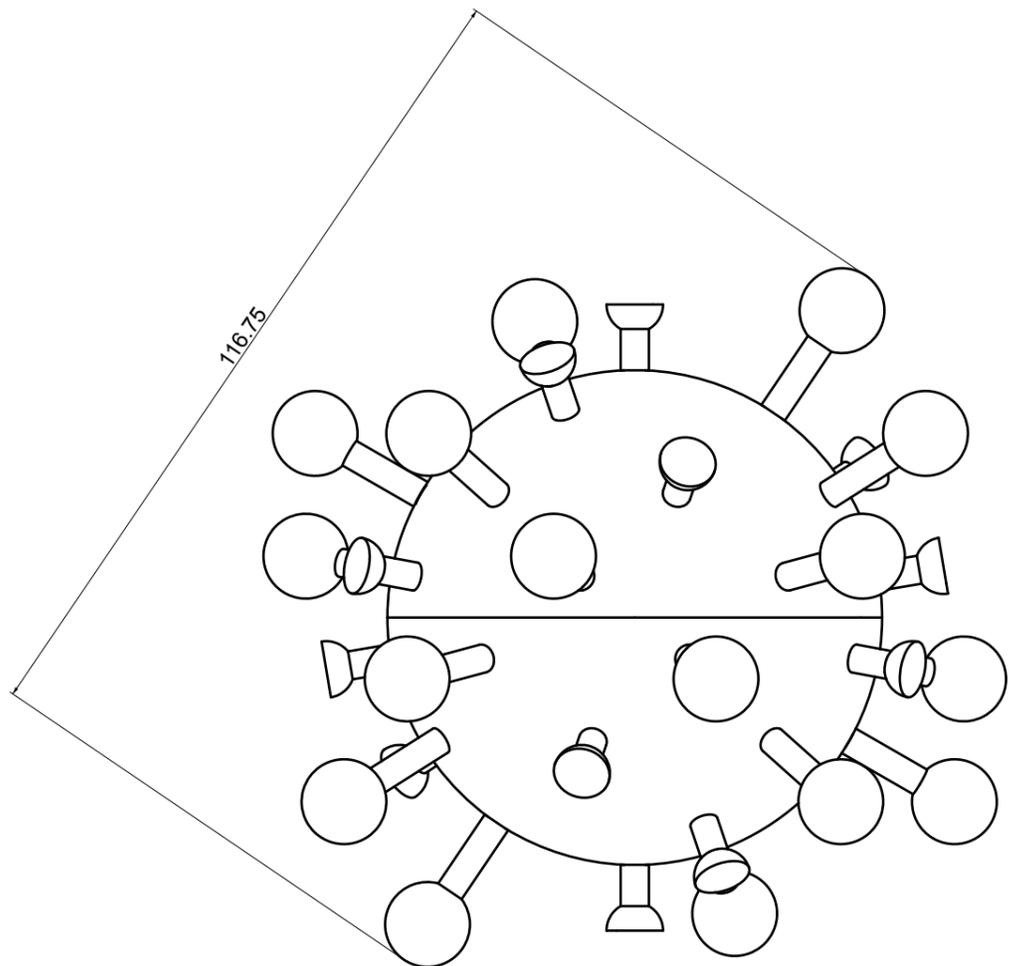


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto
Título do projeto	Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Geral
Autor	Louise Hamond Regua Mangia	Peça Espiروqueta
Orientador	Hugo Borges Backx	Unidade de medida mm
		Escala 1:1
		Data 21/11/2018
		Página 1/1

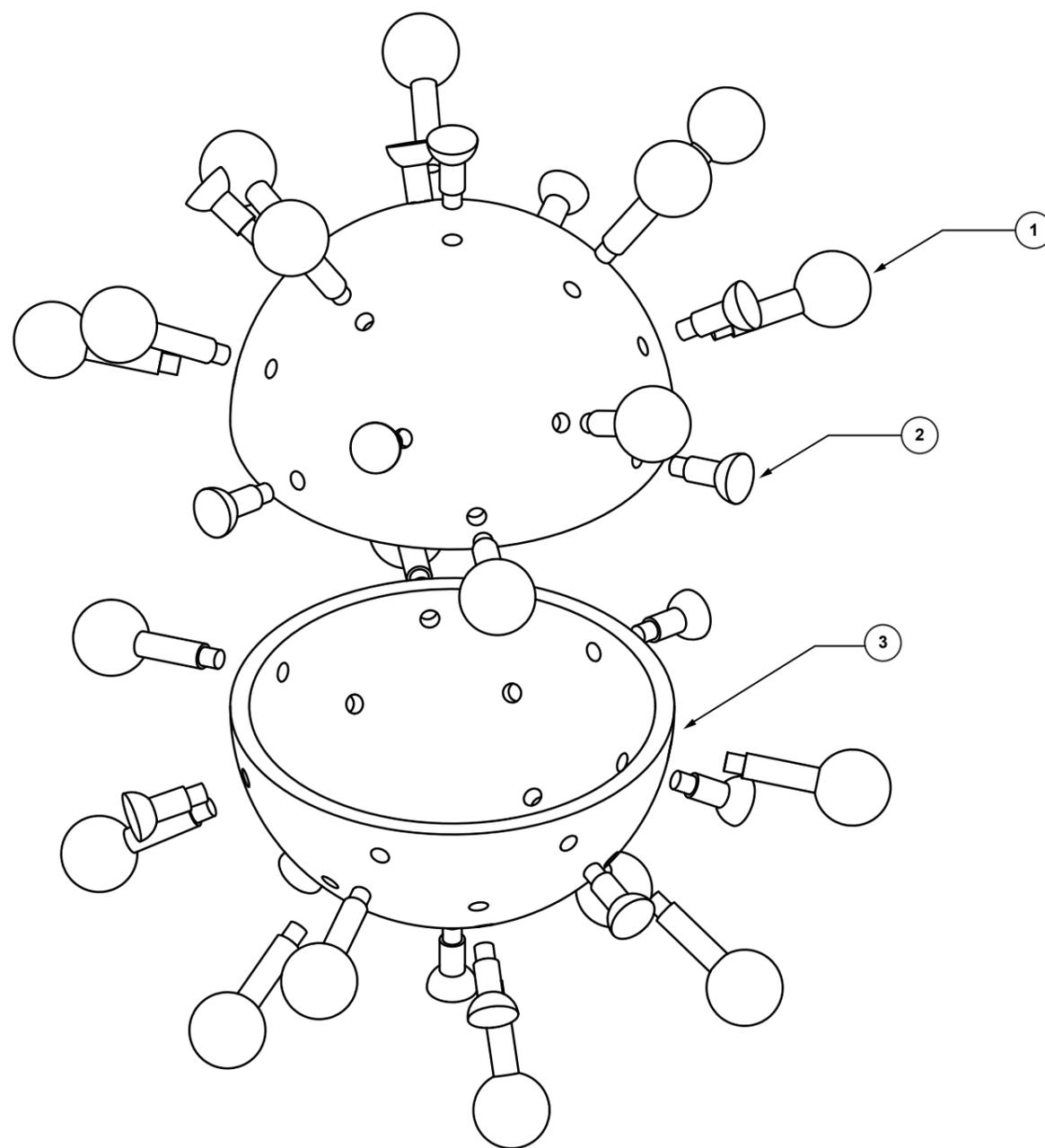


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Geral	Peça Vírus Helicoidal	
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1	
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 1/1	



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Geral	Peça Vírus envelopado
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 1/4



03	Semi esferas	02
02	Pino 2	18
01	Pino 1	18
Nº	Identificação	Quantidade

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes

Depto. de Desenho Industrial

Curso de Desenho Industrial

Habilitação em Projeto de Produto

Título do projeto

Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais

Assunto

Identificação dos sistemas

Peça

Vírus envelopado

Autor

Louise Hamond Regua Mangia

Unidade de medida

mm

Escala

1:1

Orientador

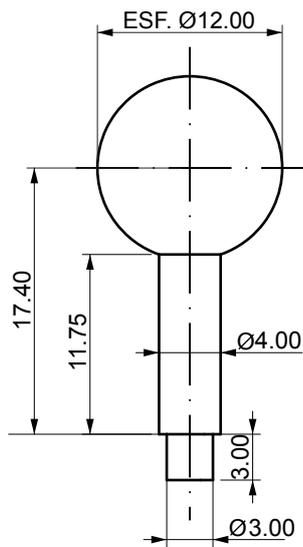
Hugo Borges Backx

Data

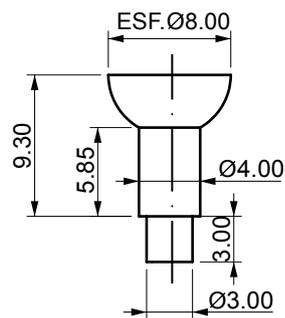
21/11/2018

Página

2/4



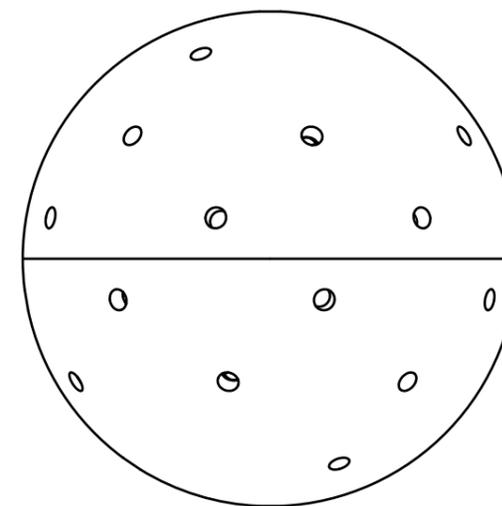
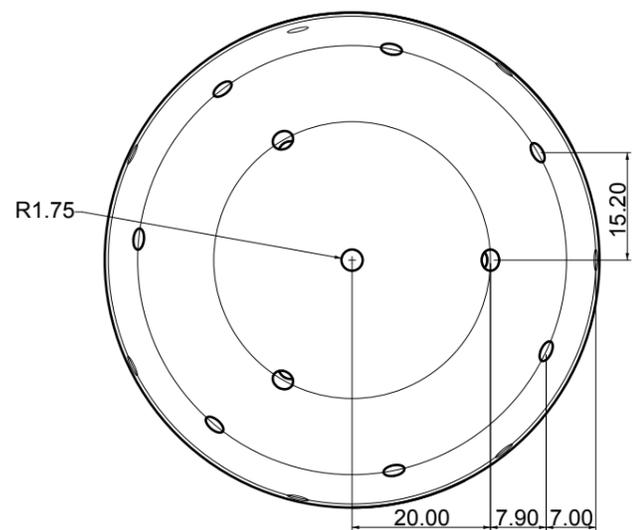
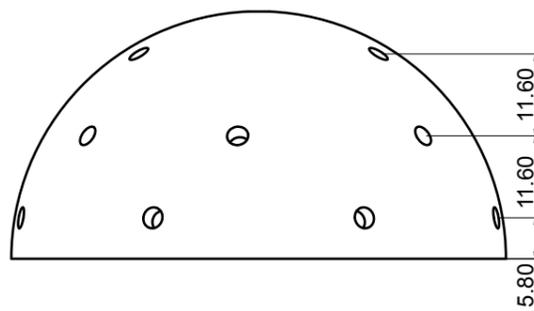
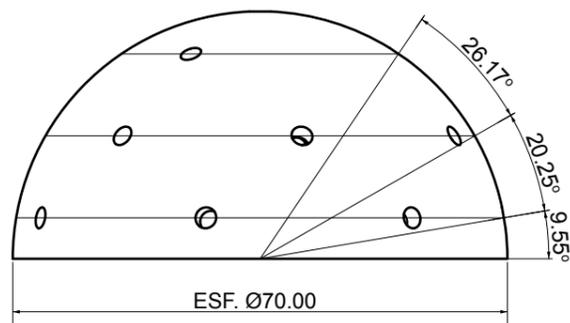
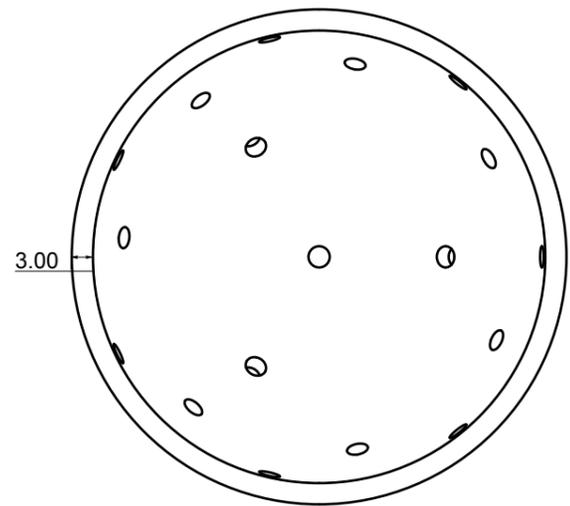
Pino 1



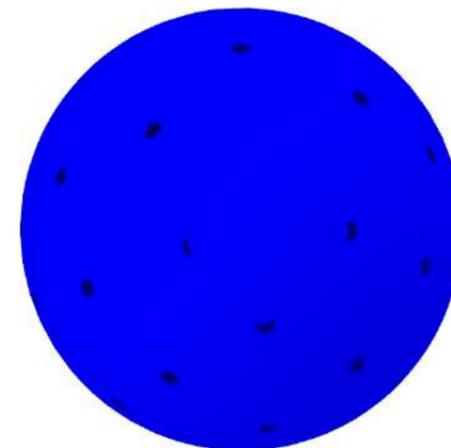
Pino 2

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

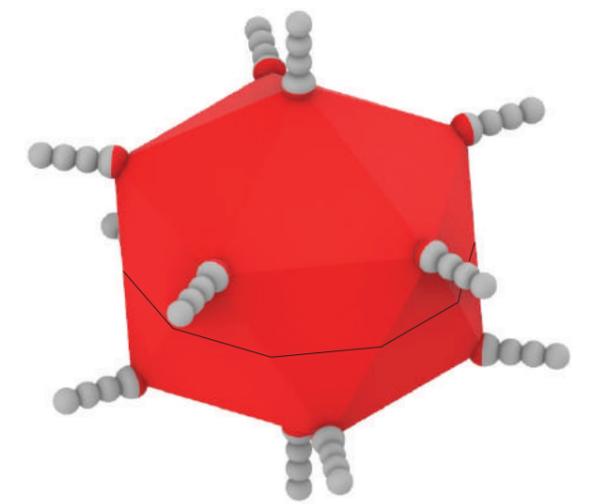
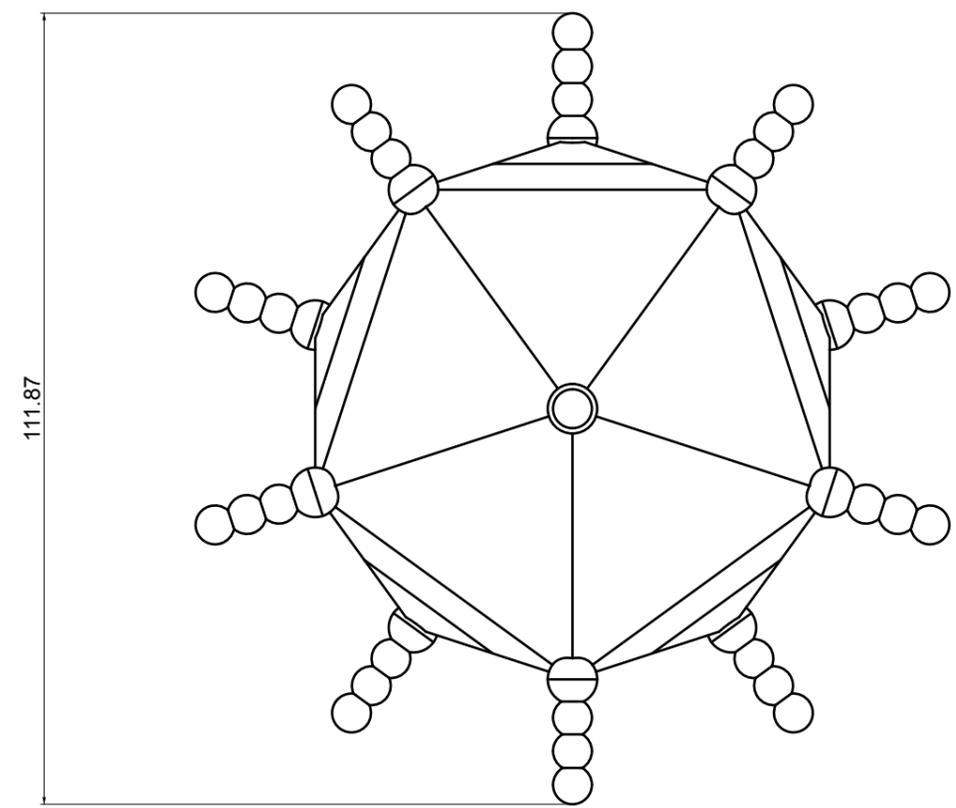
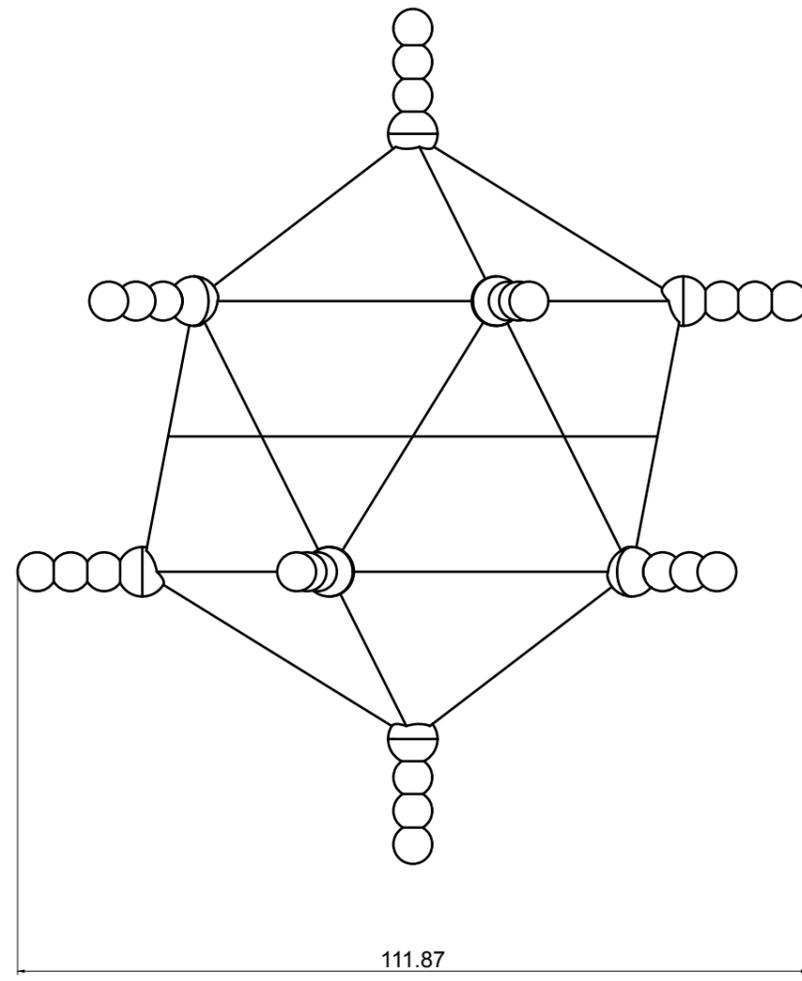
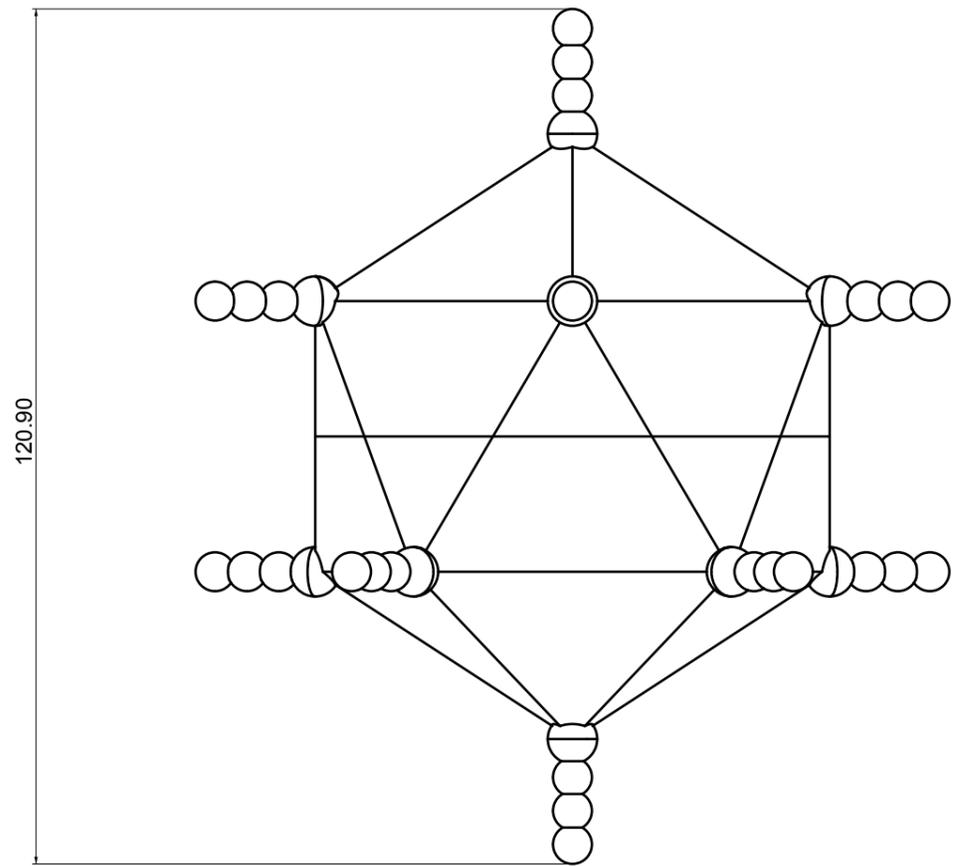
CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais		Assunto Dimensionamento Pinos	Peça Vírus Envelopado
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 2:1	
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 3/4	



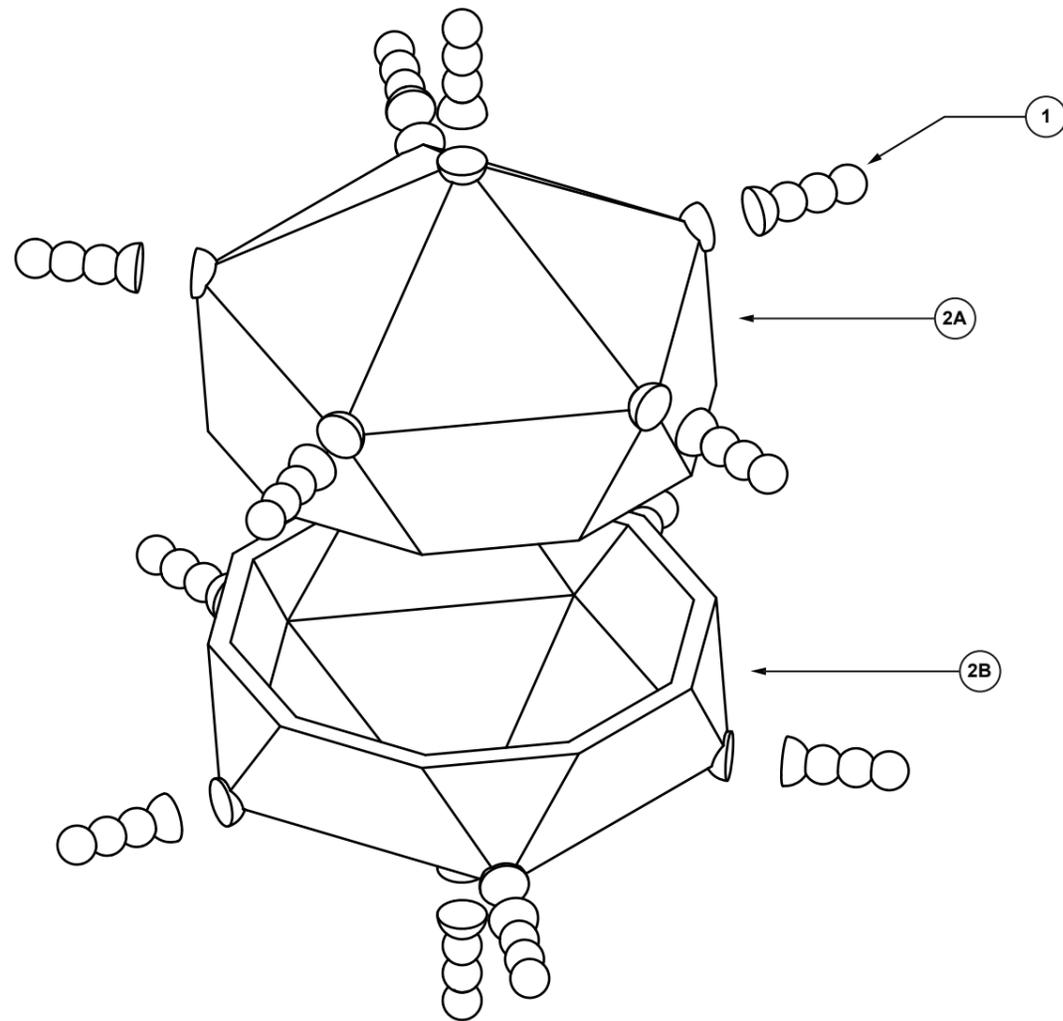
Vista Frontal do Conjunto



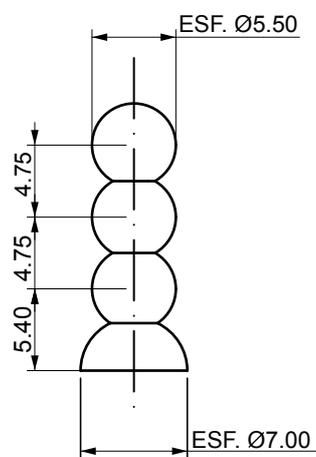
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto
Título do projeto	Assunto	Peça
Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Dimensionamento Esfera	Vírus envelopado
Autor	Unidade de medida	Escala
Louise Hamond Regua Mangia	mm	1:1
Orientador	Data	Página
Hugo Borges Backx	21/11/2018	4/4



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto
Título do projeto	Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Geral
Autor	Louise Hamond Regua Mangia	Peça Vírus Poliédrico
Orientador	Hugo Borges Backx	Unidade de medida mm
		Escala 1:1
		Data 21/11/2018
		Página 1/4

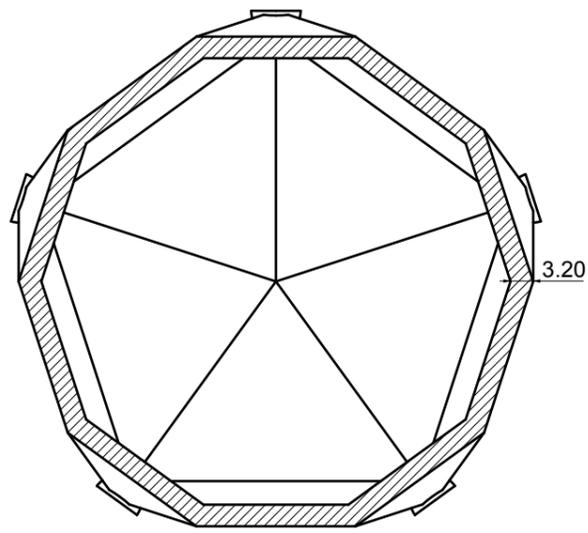


02	Estrutura Poliédrica	1
01	Pinos	12
Nº	Identificação	Quantidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto
Título do projeto	Assunto	Peça
Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Identificação dos sistemas	Vírus Poliédrico
Autor	Unidade de medida	Escala
Louise Hamond Regua Mangia	mm	1:1
Orientador	Data	Página
Hugo Borges Backx	21/11/2018	2/4

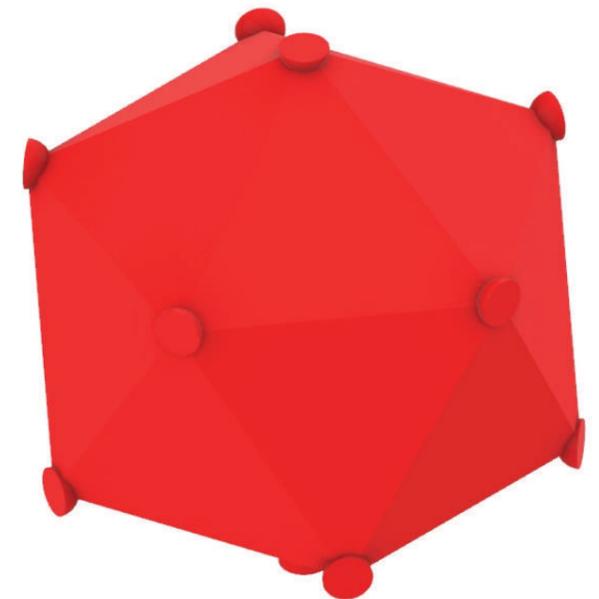
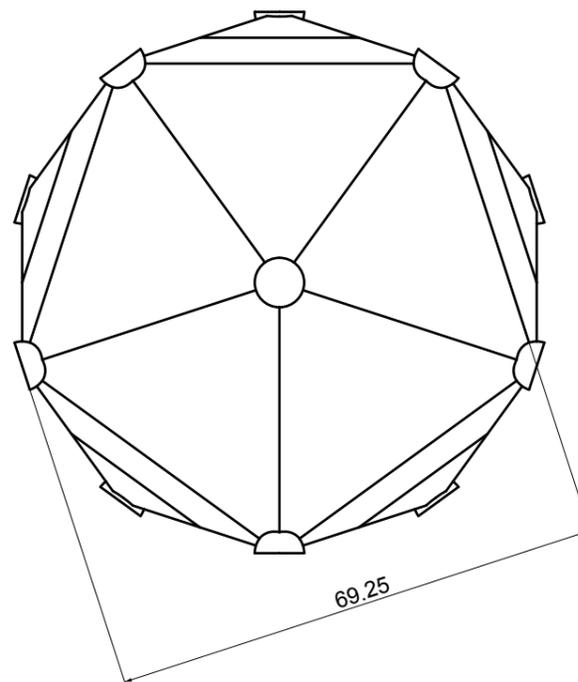
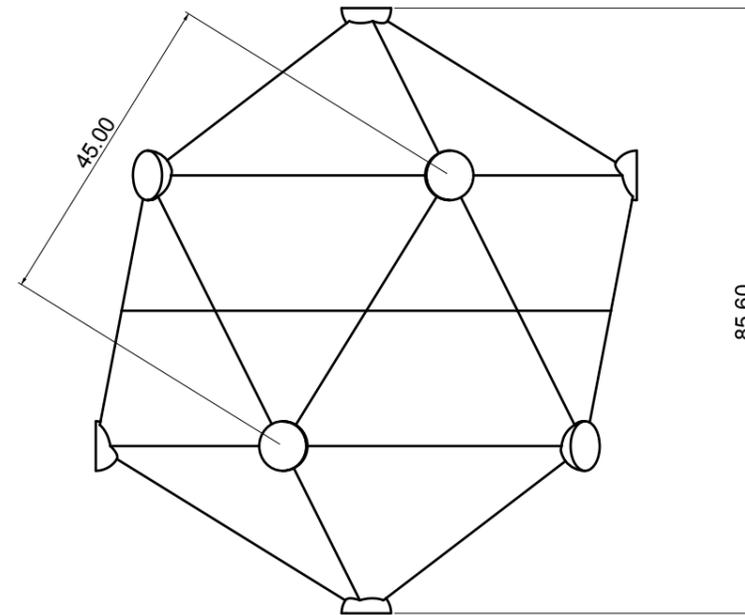
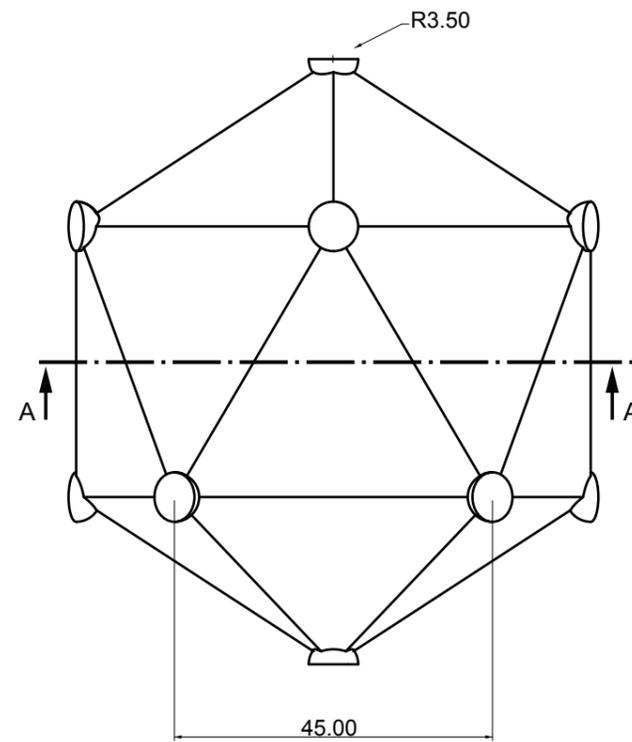


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

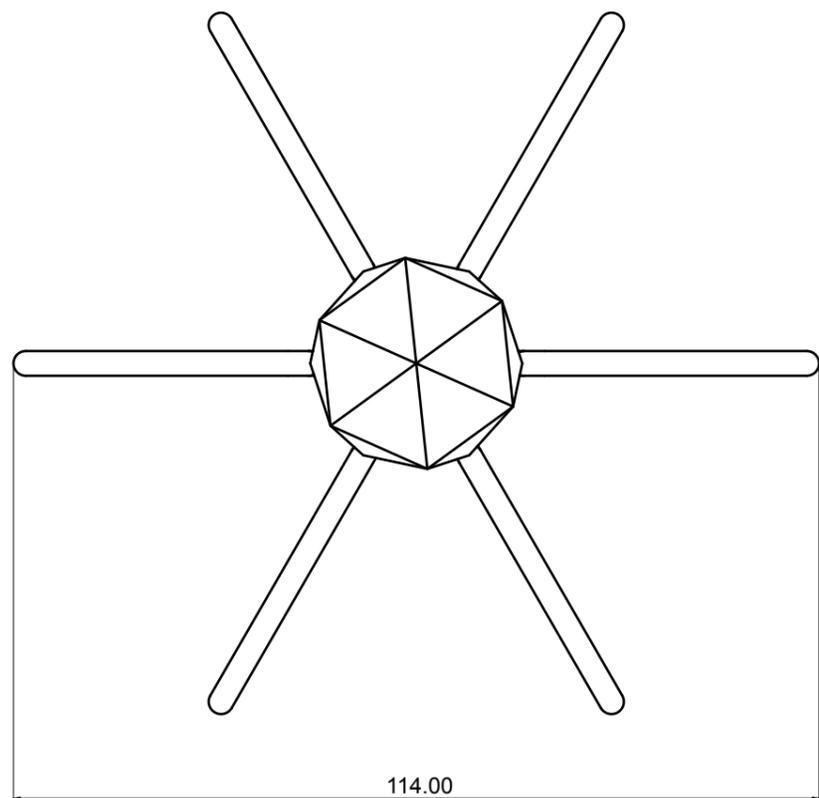
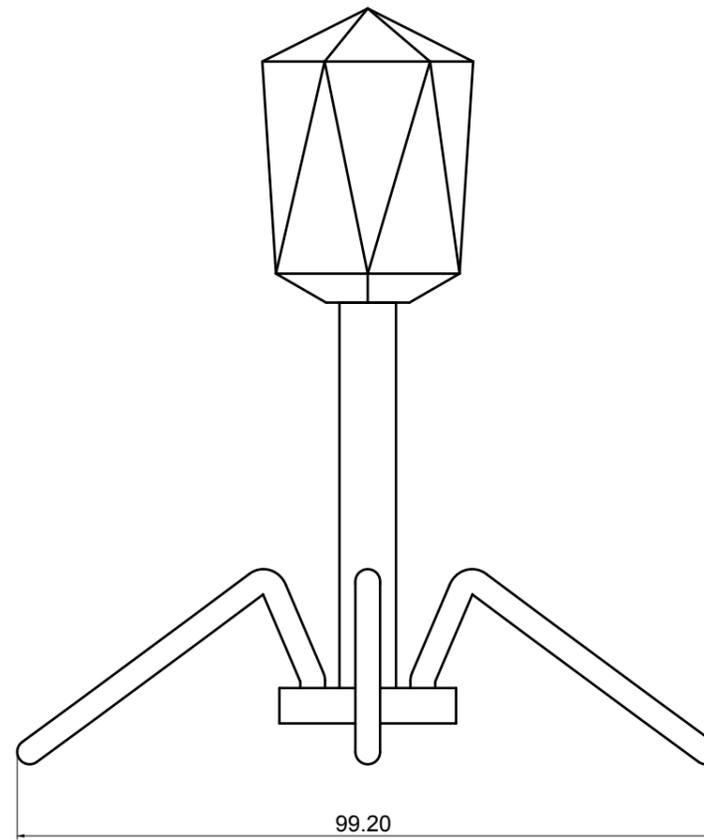
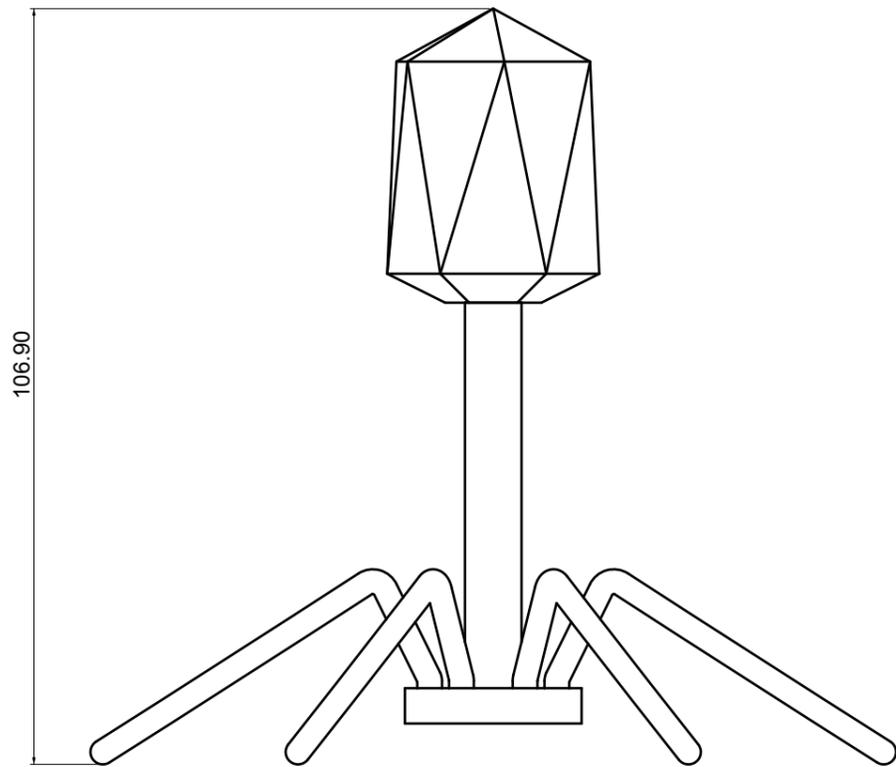
CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto	Assunto	Peça
Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Dimensionamento Pinos	Vírus Poliédrico
Autor	Unidade de medida	Escala
Louise Hamond Regua Mangia	mm	2:1
Orientador	Data	Página
Hugo Borges Backx	21/11/2018	3/4



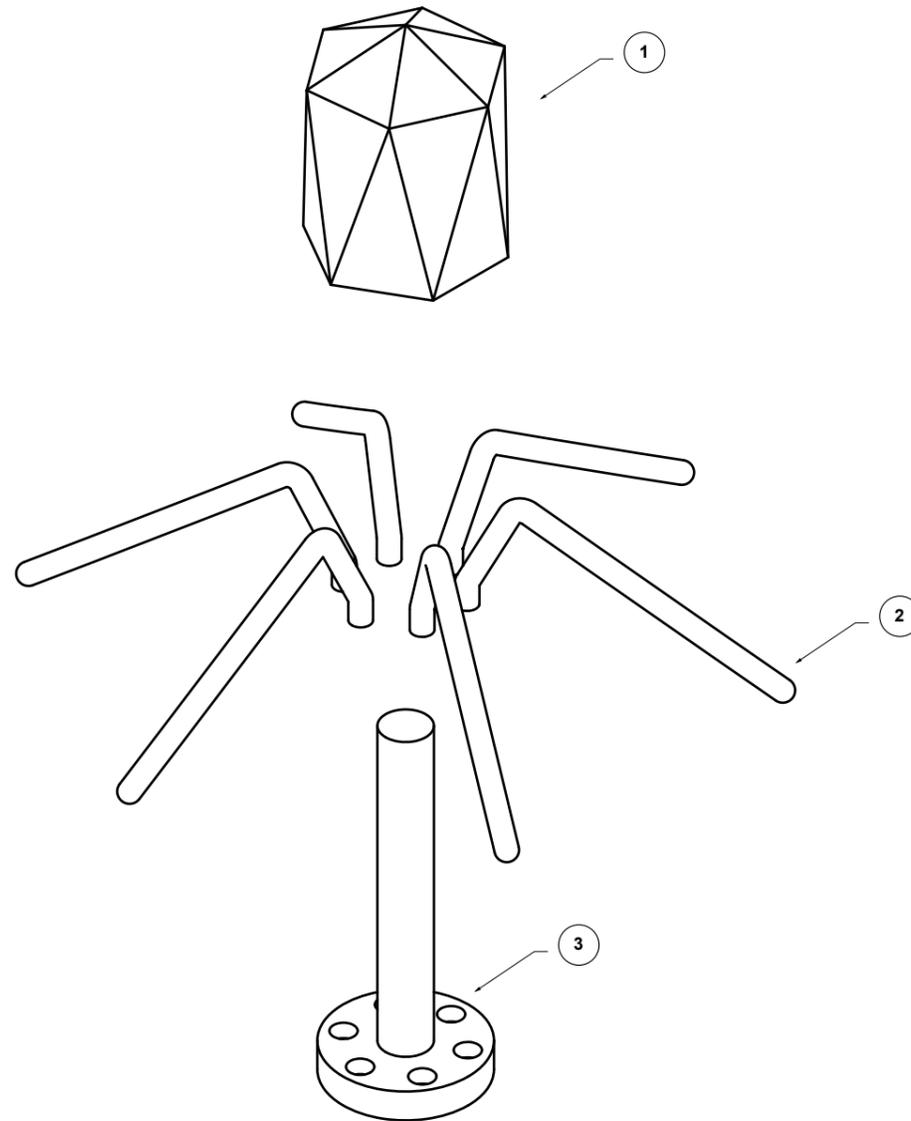
SEÇÃO A-A



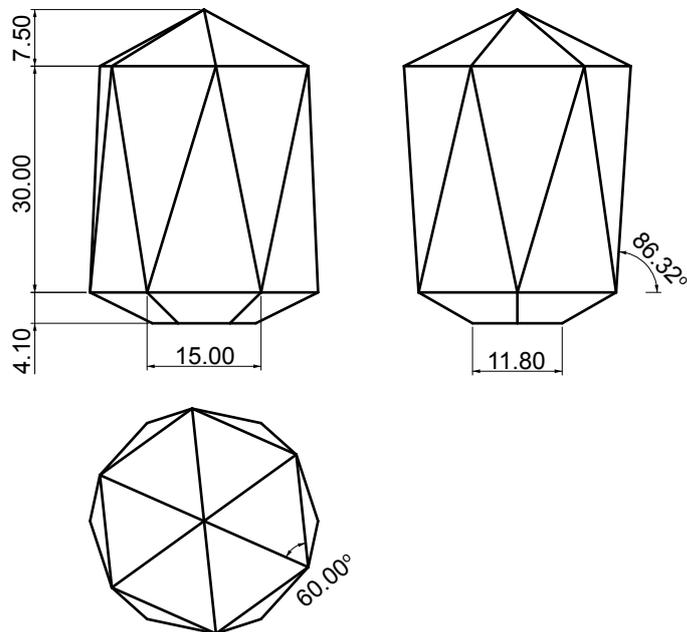
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento estrutura poliédrica	Peça Vírus Poliédrico
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 4/4



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Geral	Peça Vírus Complexo
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 1/5

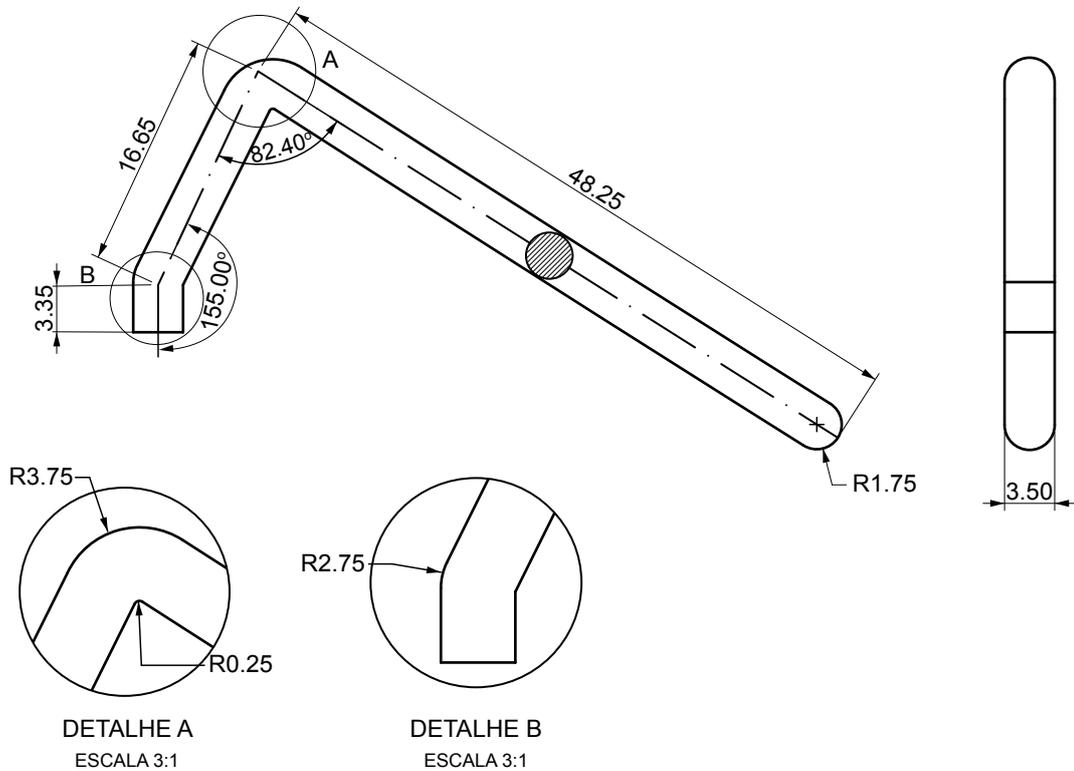


03	Pescoço	01
02	Pernas	06
01	Capsídeo	01
Nº	Identificação	Quantidade
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto
Título do projeto	Assunto	Peça
Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Identificação dos sistemas	Vírus complexo
Autor	Unidade de medida	Escala
Louise Hamond Regua Mangia	mm	1:1
Orientador	Data	Página
Hugo Borges Backx	21/11/2018	2/5



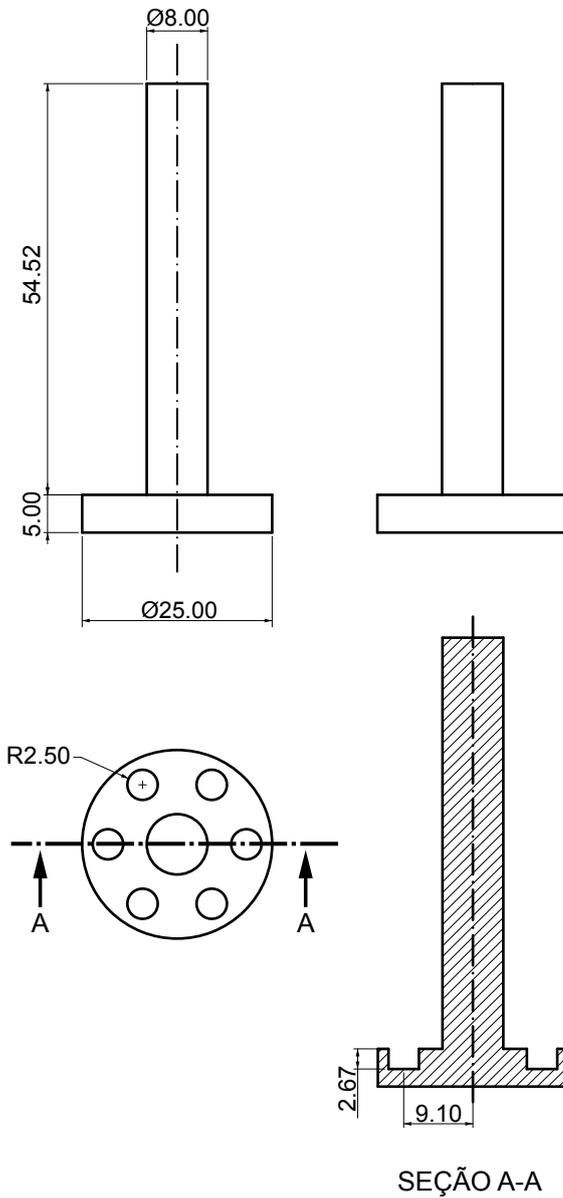
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Capsídeo	Peça Vírus Complexo
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 3/5



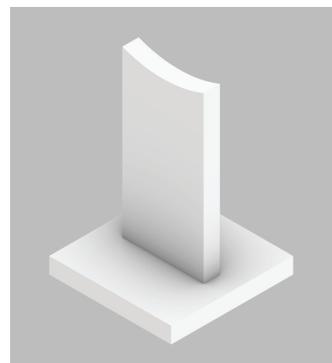
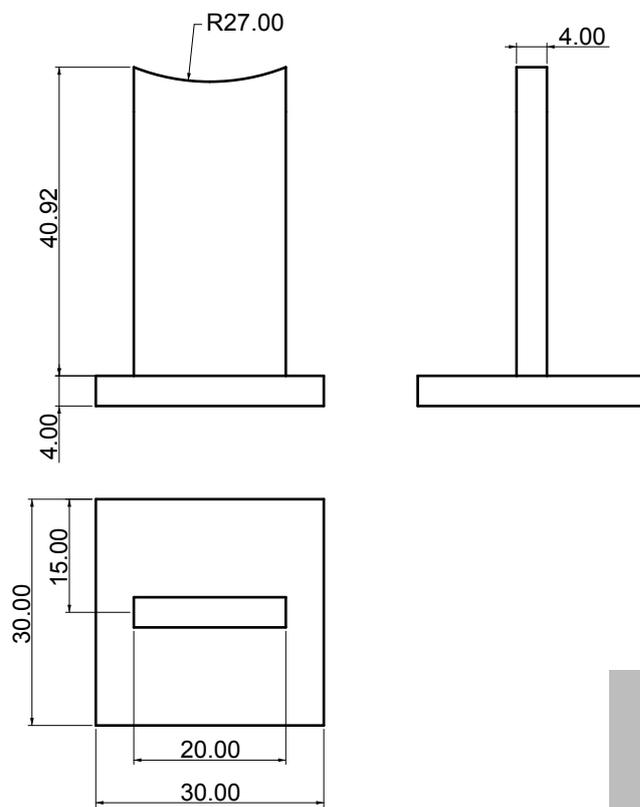
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto	Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto	Dimencionamento Pernas
Autor	Louise Hamond Regua Mangia	Peça	Vírus Complexo
Orientador	Hugo Borges Backx	Unidade de medida	mm
		Data	21/11/2018
		Escala	2:1
		Página	4/5



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Pescoço	Peça Vírus Complexo
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 5/5



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes	Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial	Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Kit Microbiano para o Ensino-Aprendizagem da Microbiologia por Deficientes Visuais	Assunto Dimensionamento Geral	Peça Suporte
Autor Louise Hamond Regua Mangia	Unidade de medida mm	Escala 1:1
Orientador Hugo Borges Backx	Data 21/11/2018	Página 1/1