

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA E GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS**

TESE DE DOUTORADO

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO EDUCATIVO PARA CRIANÇAS COM
TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA A PARTIR DA RECICLAGEM DE
RESÍDUOS POLIMÉRICOS GERADOS POR IMPRESSÃO 3D**

MARIA EDUARDA RAMOS CAVALCANTI ROSA

**Prof^a. D.Sc. Viviane Farias Silva
(Orientadora)**

Campina Grande – PB

Março – 2022

R788d

Rosa, Maria Eduarda Ramos Cavalcanti.

Desenvolvimento de produto educativo para crianças com transtorno do espectro autista a partir da reciclagem de resíduos poliméricos gerados por impressão 3D / Maria Eduarda Ramos Cavalcanti Rosa. - Campina Grande, 2022.

105 f. il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2022.

"Orientação: Profa. Dra. Viviane Farias Silva."

Referências:

1. Resíduos Sólidos. 2. Polímeros. 3. PLA. 4. Autismo. 5. Sustentabilidade. 6. Design Inclusivo. 7. Covid 19. 8. Impressão 3D. Silva, Viviane Farias. II. Título.

CDU 628.312.1(043)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE PRÓ-REITORIA DE
PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA CENTRO DE TECNOLOGIA E
RECURSOS NATURAIS PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E GESTÃO
DE RECURSOS NATURAIS**

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO EDUCATIVO PARA CRIANÇAS COM
TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA A PARTIR DA RECICLAGEM DE
RESÍDUOS POLÍMERICOS GERADOS POR IMPRESSÃO 3D**

MARIA EDUARDA RAMOS CAVALCANTI ROSA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais na Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Sistemas Ambientais

ORIENTADORA: Prof^a. D.Sc. Viviane Farias Silva

Campina Grande – PB
2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM RECURSOS NATURAIS
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

MARIA EDUARDA RAMOS CAVALCANTI ROSA

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO EDUCATIVO PARA CRIANÇAS COM
TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA A PARTIR DA RECICLAGEM DE
RESÍDUOS POLIMÉRICOS GERADOS POR IMPRESSÃO 3D**

Tese apresentada
ao
Programa
de
Pós-
Graduação
em
Engenharia
e
Gestão
de
Recursos
Naturais
como
pré-
requisito
para
obtenção
do
título
de
Doutor Engenharia
e
Gestão
de
Recursos
Naturais.

Aprovada em: 17/MARÇO/2022

Dr.(a.) **Viviane Farias Silva/UFMG** (Orientador PPGEGRN).

Dr.(a.) **Vera Lucia Antunes de Lima/UFMG**(Examinador Interno).

Dr.(a.) **Janaína Barbosa da Silva/UFMG** (Examinador Interno).

Ana Flávia Bezerra

Dr.(a) **Ana Flávia Camara Bezerra/Uni. Rebouças** (Examinador Externo).

Josianne de Lima Sales

Dr.(a) **Josianne de Lima Sales/Uni. Rebouças**(Examinador Externo).



Documento assinado eletronicamente por **VIVIANE FARIAS SILVA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/03/2022, às 08:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **VERA LUCIA ANTUNES DE LIMA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/03/2022, às 14:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **JANAINA BARBOSA DA SILVA, PROFESSOR**, em 21/03/2022, às 10:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **2185131** e o código CRC **0ED1E11C**.

Referência: Processo nº 23096.007043/2022-13

SEI nº 2185131

Dedicatória

Ao meu filho Mateus que me mostrou a vida por um outro espectro, muito mais bonito.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares, por me apoiarem em todas as minhas conquistas. Especialmente ao meu companheiro, Milton Rosa, por dividir todos os afazeres e cuidados com os nossos filhos, tornando possível a realização de todos os nossos sonhos, sejam eles individuais ou coletivos.

Agradeço aos meus filhos por serem grande fonte de inspiração e amor na minha vida, tornando todos os momentos difíceis em etapas menos dolorosas.

Agradeço Yasmyne Martins e Rodolfo Castelo Branco do NUTES por toda disponibilidade em contribuir com o projeto em questão, tornando a pesquisa viável, mesmo diante de tantas adversidades provenientes da pandemia.

Agradeço a Emanuel Soares por tamanha contribuição com os ensaios mecânicos.

Agradeço por fim a minha orientadora, Viviane Farias, por tamanho acolhimento e contribuição para a realização desse projeto, de maneira tão carinhosa e cuidadosa.

A todos que tornaram esse projeto possível, de maneira direta e indireta, meu muito obrigada.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1: NOVO CORONAVÍRUS..... | 12 |
| FIGURA 2: SINTOMAS DA COVID-19..... | 13 |
| FIGURA 3: CICLO DE TRANSMISSÃO DA COVID-19. | 14 |
| FIGURA 4: RECOMENDAÇÕES DE PREVENÇÃO DA COVID-19..... | 15 |
| FIGURA 5:PROTETORES FACIAIS UTILIZADOS NO COMBATE A COVID-19. | 17 |
| FIGURA 6: IMPRESSORA 3D E OS EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA CONFECCIONADOS PARA O COMBATE A COVID-19..... | 17 |
| FIGURA 7:ASPECTOS A SEREM CONSIDERADOS NA SUSTENTABILIDADE..... | 19 |
| FIGURA 8: SUSTENTABILIDADE SOCIAL. | 19 |
| FIGURA 9:LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE- PB.FONTE: AUTORA, 2022. | 22 |
| FIGURA 10:PROCESSO DE MANUFATURA ADITIVA..... | 24 |
| FIGURA 11:VOLUME DE VENDAS DE IMPRESSORAS DE BAIXO CUSTO. | 25 |
| FIGURA 12:PROCESSO DE IMPRESSÃO FDM..... | 25 |
| FIGURA 13:ESTRUTURA QUÍMICA DO PLA..... | 28 |
| FIGURA 14:PROCESSO DE PRODUÇÃO DO PLA..... | 29 |
| FIGURA 15:ALTURA DA CAMADA E SUA RELAÇÃO COM A MAIOR FIDELIDADE DO ACABAMENTO..... | 31 |
| FIGURA 16: ALTURA DA CAMADA E SUA RELAÇÃO COM A MAIOR FIDELIDADE DO ACABAMENTO..... | 32 |
| FIGURA 17:MODELOS FÍSICOS IMPRESSOS COM TECNOLOGIA FDM. APENAS O (A) CONSTRUÍDO COM MATERIAL DE SUPORTE..... | 32 |
| FIGURA 18:GREEN DESIGN, ECODESIGN E DESIGN PARA SUSTENTABILIDADE..... | 34 |
| FIGURA 19:EQUIPAMENTOS ESPECÍFICOS PARA TRATAMENTO DE AUTISMO COM INTEGRAÇÃO SENSORIAL. | 45 |
| FIGURA 20:MÉTODOS DE ENSINO PARA UMA MELHOR APRENDIZAGEM DAS CRIANÇAS COM AUTISMO..... | 46 |
| FIGURA 21:LOCAIS DA PESQUISA. | 47 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 22:REJEITOS DE MATERIAIS DE SUPORTE DO LABTEC 3D – NUTES..... | 48 |
| FIGURA 23: A- DIMENSÃO 0. B- DIMENSÃO 1. C- DIMENSÃO 2. D- DIMENSÃO 3. | 50 |
| FIGURA 24:PELLETS, GRÃOS PLÁSTICOS PRODUZIDOS AO FINAL DA ETAPA DE EXTRUSÃO..... | 50 |
| FIGURA 25:PROCESSADOR NINJA..... | 51 |
| FIGURA 26:ILUSTRAÇÃO DAS DIMENSÕES E FORMATO DOS CORPOS DE PROVA..... | 52 |
| FIGURA 27A E 27B: EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA EXECUÇÃO DAS AMOSTRAS. | 53 |
| FIGURA 28: MÁQUINA PARA ENSAIO DE TRAÇÃO. | 54 |
| FIGURA 29:METODOLOGIA DESIGN THINKING. | 56 |
| FIGURA 30:PROCESSADOR NINJA E PLA PROCESSADO. | 58 |
| FIGURA 31: PROCESSO DE PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA CARACTERIZAÇÃO. | 59 |
| FIGURA 32:MOLDE DE POLIURETANO PARA CRIAÇÃO DE AMOSTRAS MAIS UNIFORMES..... | 60 |
| FIGURA 33:MOLDE DE POLIURETANO PARA CRIAÇÃO DE AMOSTRAS MAIS UNIFORMES..... | 61 |
| FIGURA 34:RESULTADO DA AMOSTRA PREPARADA COM MOLDE DE POLIURETANO. | 62 |
| FIGURA 35:ASSADEIRA ZEIN DE 22CM DE DIÂMETRO COM FUNDO REMOVÍVEL E TEXTURIZADO..... | 62 |
| FIGURA 36:PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA CARACTERIZAÇÃO COM ASSADEIRA DE FUNDO REMOVÍVEL..... | 63 |
| FIGURA 37:RESULTADO DA AMOSTRA PREPARADA COM ASSADEIRA DE FUNDO REMOVÍVEL E TEXTURIZADA. | 63 |
| FIGURA 38A E 38B: CONFECÇÃO DOS MOLDES DE ALUMÍNIO DE ACORDO COM A NORMA ASTM D638-10 COM AS ADAPTAÇÕES NECESSÁRIAS..... | 64 |
| FIGURA 39: FIGURA 39: CONFECÇÃO DOS MOLDES DE ALUMÍNIO DE ACORDO COM A NORMA ASTM D638-10 COM AS ADAPTAÇÕES NECESSÁRIAS..... | 64 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 40: CARGA DE RESISTÊNCIA A TRAÇÃO APLICADA NOS CORPOS DE PROVA DE RESÍDUOS DE PLA..... | 66 |
| FIGURA 41: EXTENSÃO EM RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA DE RESÍDUOS DE PLA SUBMETIDOS EM DIFERENTES TEMPERATURAS E TEMPO..... | 67 |
| FIGURA 42:DEFORMAÇÃO A TRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA DE RESÍDUOS DE PLA SUBMETIDOS EM DIFERENTES TEMPERATURAS E TEMPO..... | 68 |
| FIGURA 43: EXTENSÃO DE TRAÇÃO NOS CORPOS DE PROVA DE RESÍDUOS DE PLA SUBMETIDOS EM DIFERENTES TEMPERATURAS E TEMPO..... | 68 |
| FIGURA 44:TEMPO EM RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA DE RESÍDUOS DE PLA SUBMETIDOS EM DIFERENTES TEMPERATURAS E TEMPO..... | 69 |
| FIGURA 45:CURVAS DE TENSÃO-DEFORMAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA DE RESÍDUOS DE PLA SUBMETIDOS EM DIFERENTES TEMPERATURAS E TEMPO..... | 70 |
| FIGURA 46:COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DO PLA PURO E COM PRESENÇA DE ADITIVOS. | 71 |
| FIGURA 47:MAPA NUVENS DA PESQUISA DESK DE CRIANÇAS ENTRE 3 E 5 ANOS COM TEA..... | 72 |
| FIGURA 48:MAPA MENTAL DA PESQUISA DESK DE CRIANÇAS ENTRE 3 E 5 ANOS COM TEA..... | 72 |
| FIGURA 49:TAPETES SENSORIAIS DE SILICONE..... | 77 |
| FIGURA 50: KIT DE TAPETES SENSORIAIS SILICONE. | 78 |
| FIGURA 51: TWISTER..... | 79 |
| FIGURA 52:SENSORY TWISTER. | 80 |
| FIGURA 53: TEAR LUD. | 81 |
| FIGURA 54:ROLETA DO TEAR LUD. | 82 |
| FIGURA 55:ROLETA DO TEAR LUD RENDERIZADO SIMULANDO O SEU USO. | 82 |
| FIGURA 56:RENDER DO TEAR LUD EM USO..... | 83 |
| FIGURA 57:CAIXA DO TEAR LUD RENDEZIDA. | 84 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 1: DIMENSÕES DOS CORPOS DE PROVA. | 52 |
| TABELA 2: RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CARGA MÁXIMA APLICADA (CM) EM N, TENSÃO DE RESISTÊNCIA (TR) EM MPA, EXTENSÃO DE TRAÇÃO EM RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (ET) EM MM, DEFORMAÇÃO À TRAÇÃO EM RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (DT) EM %, EXTENSÃO DE TRAÇÃO EM QUEBRA (EQ) EM MM E TEMPO EM RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (T) EM SEGUNDOS NOS CORPOS DE PROVA DE RESÍDUOS DE PLA SUBMETIDOS EM DIFERENTES TEMPERATURAS E TEMPO..... | 65 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| QUADRO 1: TEMPERATURAS DE EXTRUSÃO PARA ALGUNS DOS MATERIAIS USADOS EM IMPRESSÃO 3D POR FDM. | 30 |
| QUADRO 2: SINTOMAS DO TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA. | 42 |
| QUADRO 3: MODALIDADES SENSORIAIS E EXEMPLOS DE COMPORTAMENTOS RELACIONADOS A ALTERAÇÕES SENSORIAIS. | 74 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 9 |
| 1.1 OBJETIVOS | 11 |
| 1.1.1 Geral..... | 11 |
| 1.1.2 Específicos..... | 11 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 12 |
| 2.1 Pandemia da Covid-19..... | 12 |
| 2.2 Sustentabilidade e a geração de resíduos | 18 |
| 2.2.1 Município de Campina Grande e os Resíduos Sólidos | 22 |
| 2.3 Tecnologia e Impressão 3D..... | 23 |

| | |
|--|----|
| 2.2.1.1 Materiais, Processos e Variáveis | 26 |
| 2.2.1.2 PLA..... | 28 |
| 2.3 Design de Produtos e as contribuições para o Autismo | 33 |
| 2.4 Transtorno do Espectro Autista (TEA)..... | 40 |
| 2.4.1 Disfunções Sensoriais e Autismo | 43 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 46 |
| 3.1 Localização da Pesquisa..... | 46 |
| 3.2 Materiais utilizados | 48 |
| 3.3 Amostras de PLA | 48 |
| 3.3.1 Trituração do material..... | 49 |
| 3.3.2 Confeção dos moldes | 51 |
| 3.4 Caracterização dos Materiais | 53 |
| 3.4.1 Ensaio mecânico | 53 |
| 3.4.2 Delineamento experimental..... | 54 |
| 3.5 Metodologia de Design para Desenvolvimento do Produto..... | 55 |
| 3.5.1 Etapas Metodológicas do Design | 55 |
| 3.5.1.1 Inspiração..... | 57 |
| 3.5.1.2 Ideação..... | 57 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 57 |
| 4.1 Amostras de PLA | 57 |
| 4.1.1 Trituração do material..... | 57 |
| 4.1.2 Testes para amostras de PLA | 59 |
| 4.1.3 Confeção dos moldes | 64 |
| 4.2 Caracterização dos Materiais | 65 |
| 4.2.1 Ensaio Mecânico e Delineamento Experimental | 65 |
| 4.3 Design – Inspiração..... | 71 |
| 4.3.1 Pesquisa Desk | 71 |
| 4.3.2 Produtos Similares | 77 |
| 4.4 Design – Ideação | 80 |
| 4.4.1 TEAR – Lud..... | 80 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 84 |
| 6 SUGESTÃO E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS | 85 |
| 7 REFERÊNCIAS..... | 86 |

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO EDUCATIVO PARA CRIANÇAS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA A PARTIR DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS GERADOS POR IMPRESSÃO 3D

RESUMO

O coronavírus (Covid-19) é uma doença infecciosa causada pelo SARS-CoV-2, que assombra o mundo e trouxe, para além dos problemas de saúde e grande número de óbitos, um impacto na convivência humana, através das medidas de contingenciamento adotadas para tentar diminuir a sobrecarga dos hospitais e garantir o direito à vida. O distanciamento social e as medidas de proteção adotadas foram soluções emergenciais, mas que geraram danos para muitas crianças que precisam de tratamento especializado e contínuo para o seu desenvolvimento, a exemplo das que possuem o Transtorno do Espectro Autista (TEA). Além do crescente número de regressão em uma fase onde há maior plasticidade neurológica, portanto, maior possibilidade de ganhos inestimáveis para a vida da pessoa com tal condição, percebe-se um incremento acelerado da utilização da impressão 3D na pandemia, aumentando, contudo, a quantidade de resíduos sólidos provenientes do seu descarte, a exemplo dos polímeros de Poliacido Lático (PLA), em um curto espaço de tempo. É sabido que os resíduos sólidos causam grandes danos ao meio ambiente e os polímeros um dos mais impactantes, sendo um dos papéis do design, aumentar a vida útil dos insumos de maneira criativa. Desta maneira, torna-se oportuna a reutilização desses materiais aliado à produção de produtos inclusivos, visando atingir necessidades latentes ao novo cenário e valorizando um público alvo cujo mercado possui escassez de projetos idealizados para eles.

Palavras-chave: Autismo, Sustentabilidade, PLA, Design Inclusivo, COVID-19

ABSTRACT

Covid-19 is a new virus that haunts the world and has brought, in addition to health problems and large numbers of deaths, an impact on human coexistence, through contingency measures adopted to try to reduce the burden of hospitals and guarantee the right to life. The social distancing and protection measures adopted were emergency solutions, but they generated damage for many children who need specialized and continuous treatment for their development, such as those with Autism Spectrum Disorder (ASD). In addition to the increasing number of regressions in a phase where there is greater neurological plasticity, therefore, greater possibility of invaluable gains for the life of the person with such a condition, there is an accelerated increase in the use of 3D printing in the pandemic, increasing, however, the amount of solid residues from its disposal, such as lactic polyacid (PLA) polymers, in a short time. It is known that solid waste causes great damage to the environment and polymers one of the most impactful, being one of the roles of design, increase the useful life of the insums in a creative way. In this way, it is opportune to reuse these materials together with the production of inclusive products, aiming to achieve latent needs to the new scenario and valuing a target audience whose market has a scarcity of projects designed for them.

Keywords: *Autism, Sustainability, PLA, Inclusive Design, COVID-19*

1 INTRODUÇÃO

A gestão e a disposição inadequada dos resíduos sólidos, que por sua vez são compreendidos como um material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade (DE PAULA PEREIRA, 2017), causam impactos socioambientais, tais como: degradação do solo, comprometimento dos corpos d'água e mananciais, intensificando as enchentes, contribuindo para a poluição do ar e proliferação de vetores nos centros urbanos, que por sua vez trazem doenças para a população (BESEN et al., 2010).

Dentre as doenças mais comuns estão as infecções virais. Estima-se que em média, por ano, sejam identificados cerca de três novos vírus na população humana (WOOLHOUSE et al., 2012). A COVID-19 é a nova doença que atemoriza o mundo todo, e segundo Fioratti (2020), as pessoas infectadas pelo coronavírus apresentam sintomas semelhantes ao da gripe, e que pode levar à óbito. No dia 30 de março de 2021 foram registrados no Brasil 3.780,0 mortes, com média dos últimos 7 dias de 2710,0 pessoas que vieram à óbito, totalizando cerca de 318 mil mortes (JHU CSSE, 2021; DONG, DU e GARDNER, 2020).

A grande propagação do vírus se dá devido ao fato deste necessitar de um hospedeiro, onde fica incubado por até duas semanas e permanece por dias de forma ativa no organismo humano, o que repercute em potencial transmissão aos familiares e principalmente aos profissionais de saúde e agentes dos serviços essenciais (BRASIL, 2020). Através das medidas de contingenciamento adotadas pelos órgãos de saúde, tentando mitigar os impactos ocasionados pela pandemia, foram utilizados como por exemplo, o uso de máscaras, álcool gel 70% e distanciamento social, havendo como consequência o aumento na produção e no destarte de objetos de proteção e de suas embalagens, gerando mais resíduos sólidos (BROOKS et al., 2020; FERGUSON et al., 2020).

Além do uso de máscaras e álcool 70% é fundamental a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), principalmente para a categoria de saúde que estão na linha de frente e cuidando de pacientes com COVID-19 (CAVALCANTE et al., 2020). Assim um dos itens de proteção, a *face shield*, foi produzida em grande quantidade, através da impressora 3D, considerada como

um agrupamento de tecnologias que envolve a manufatura aditiva dando origem a produtos ou objetos em três dimensões (SOUZA et al., 2020).

Na produção desse EPI com uso de impressora 3D, são gerados determinados resíduos de polímeros, com aumento deste equipamento há incremento direto na produção de resíduos de copolímero (acrilonitrila-estireno-butadieno) - ABS e poli(ácido láctico) – PLA. E esse tipo de resíduo produzido pela manufatura aditiva geralmente não são biodegradáveis a exemplo do ABS, ou possuem degradação vagarosa como o PLA, e quando queimados emitem gases tóxicos, podendo contaminar o meio ambiente (AGOSTINI, 2018). Além disso, a forma que é realizado o descarte de plásticos no nosso país é bastante preocupante, ocasionando impactos ambientais (ZHAO et al.,2018).

O ABS é um material derivado de petróleo e, portanto, muito mais tóxico do que o PLA, que é produzido a partir de matérias-primas agrícolas renováveis e que apresentam biodegradabilidade (SAEIDLLOU, 2012). Entretanto, apesar de ser um polímero biodegradável, sua degradação ocorre no ambiente apenas diante condições adequadas quanto à temperatura, umidade, pH, micro-organismos e disponibilidade de oxigênio (FALCONE, 2007). Entre os dois resíduos da impressão 3D, o PLA torna-se mais interessante por suas propriedades mais apropriadas para o uso biomédico, como: biocompatibilidade e bioabsortividade, além de possuir uma elevada resistência mecânica (DE FÁTIMA, 2015).

Desta maneira, fica evidente que a reutilização destes polímeros é fundamental, principalmente quando aliada à produção de produtos que sejam inclusivos. Para a construção de um produto acessível às pessoas com deficiências, o Design Universal, também denominado de Design para todos, é uma perspectiva e um instrumento para consubstanciar as variedades de aplicação, isto é, ao projetar produtos, serviços ou ambientes, procura considerar o maior número de pessoas possível, dessa forma o design inclusivo é considerado uma filosofia que deve ser adotada ao longo do projeto de desenvolvimento (GOMES & QUARESMA, 2016).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Desenvolver um produto educativo para pessoas com Transtorno do Espectro Autista, a partir da reciclagem dos resíduos de polímeros de PLA dos suportes das impressoras 3D.

1.1.2 Específicos

- Avaliar a resistência mecânica das amostras de PLA, a diferentes temperaturas e tempos e compará-los aos materiais já existentes;
- Elaborar um produto educativo para pessoas com Transtorno do Espectro Autista por meio do Design Inclusivo, com os resíduos de PLA;
- Contribuir para a diminuição do impacto ambiental, decorrente dos equipamentos de segurança gerados para o combate à Covid-19; transformando resíduos em produtos que promovam a inclusão e contribuam para o desenvolvimento de crianças do Transtorno do Espectro Autista.

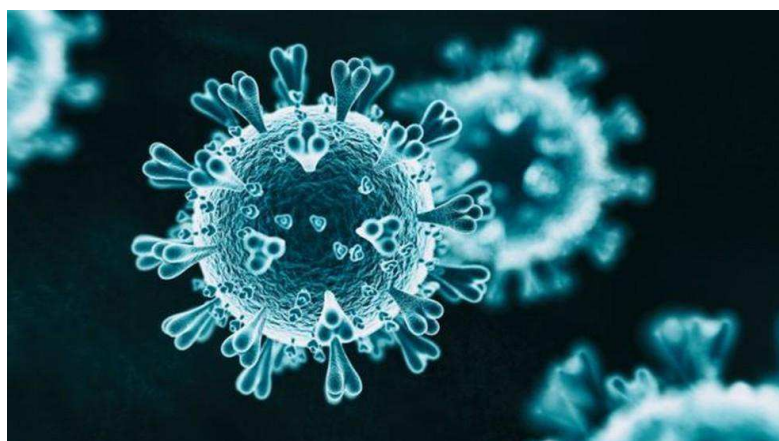
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Pandemia da Covid-19

Para além de toda a dificuldade já existente acerca da inclusão, no cenário atual, com a chegada inesperada da COVID-19 e das conseqüentes medidas emergenciais para o seu enfrentamento, é fundamental compreender os impactos psicológicos que esses podem gerar para grupos sociais que vivem condições específicas e que necessitam de tratamento especializado (FERNANDES, 2020).

O primeiro caso de infecção pelo novo coronavírus (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2—Sars-Cov-2) foi reportado na China, no início de dezembro de 2019. Através dos estudos, foi percebido que o novo vírus era um coronavírus tal como o SARS-CoV-1, Figura 1, associado ao surto de síndrome respiratória aguda severa em 2002-2003, e MERS-CoV (Middle East respiratory syndrome-coronavirus); com relações esporádicas de infecções respiratórias graves (WANG et al., 2020).

Figura 1: Novo Coronavírus



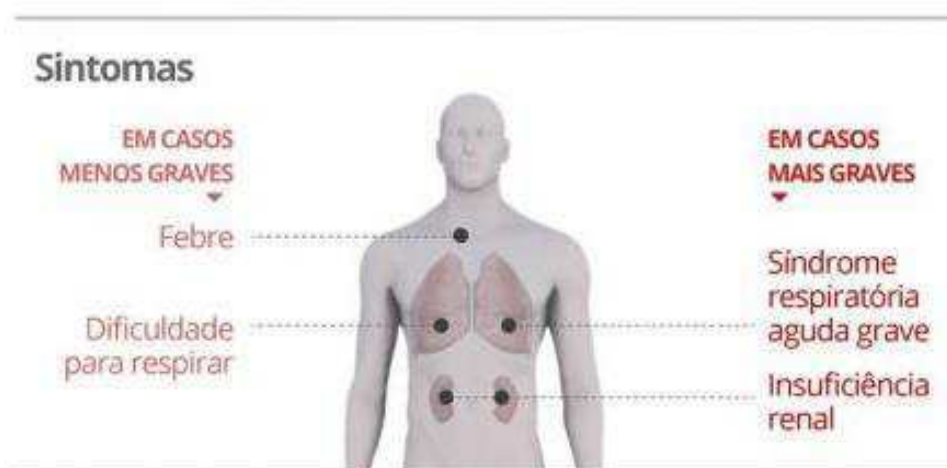
Fonte: BBC, 2020.

O segundo dado importante mostra uma semelhança elevada que indica que SARS-CoV-2 teve a sua origem a partir dos morcegos, o qual, por via direta

ou através de um hospedeiro intermediário, adaptou-se à espécie humana (ZHANG YZ et al., 2020).

O coronavírus representa um grupo de vírus que provoca sintomas leves, como: dor de garganta, coriza, tosse, dor de cabeça ou resfriado. No entanto, alguns vírus do tipo coronavírus podem desenvolver patologias respiratórias mais graves e insuficiência renal, como mostra a Figura 2, levando a óbito (FIORATTI, 2020). Seu nome significa Coronavirus Disease (Doença do Coronavírus) ou síndrome respiratória aguda grave do coronavírus 2 (Sars-Cov-2). O “19” refere-se ao ano em que foi relatado o surgimento da doença pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (DA FIOCRUZ BRASÍLIA, 2020).

Figura 2: Sintomas da COVID-19.



Fonte: Organização Mundial da Saúde editado por G1, 2020.

As características da doença e o seu tratamento ainda estão sendo estudados de maneira mais aprofundada, sendo, portanto, um grande desafio para toda população mundial, o controle de sua propagação. Estima-se, entretanto, que o período de incubação do vírus seja de 2 a 14 dias, com mediana de 4 a 6 dias, embora haja relatos de períodos de incubação de até 24 dias (BAI et al., 2020). Porém, há uma proporção de indivíduos infectados que permanecem assintomáticos ao longo do curso da infecção, sendo mais comumente relatados em crianças. Em pacientes sintomáticos, também se percebe uma variação das manifestações, onde a presença de quadros gastrointestinais, como náusea ou vômito, também foram relatadas. (CHAN et al., 2020).

O SARS-CoV-2 apresenta uma taxa de mortalidade menor quando comparado à letalidade do H1N1 e de outros coronavírus (LANA et al., 2020). No entanto, sua alta capacidade de transmissão associada ao número de casos graves e à falta de profissionais capacitados para manejo e tratamento dos doentes pode ocasionar a aceleração no aumento do número de casos, saturando os sistemas de saúde em todo o mundo (FERGUSON et al., 2020).

O novo coronavírus dá-se pelos tecidos das vias aéreas superiores e inferiores, sendo a principal porta de entrada através da mucosa nasal, bucal e através do ducto lacrimal (Figura 3) (OMS, 2020).

Figura 3: Ciclo de transmissão da COVID-19.

Ciclo do novo coronavírus

A transmissão

Contágio entre humanos:



Contágio via animal:



Fonte: Organização Mundial da Saúde editado por G1, 2020.

Ao tossir ou espirrar, um indivíduo infectado libera gotículas de saliva e aerossóis contaminados com o vírus, tornando o meio em que essas partículas se inserem potencialmente contaminante (ZHOU et al., 2020). Dessa maneira, o conhecimento do tempo de estabilidade viral, ou seja, o tempo em que o vírus

permanece para infecção em um determinado meio, é de extrema importância para a prevenção de contágio (DE LIMA BEZERRA, 2020).

Referente às medidas ambientais, o arejamento e exposição solar de ambientes, e a limpeza rotineira de ambientes e superfícies, são procedimentos que ajudam a eliminar os vírus (QUALLS, 2017). O SARS-CoV-2, assim como o vírus influenza, pode permanecer estável fora do corpo humano, em aerossóis e diferentes superfícies, por até três dias, como no caso do plástico e do aço inoxidável (VAN DOREMALEN, 2020).

Recomenda-se também evitar tocar nariz e olhos, manter um distanciamento de um metro de pessoas doentes, lavar bem as mãos e alimentos, bem como cobrir com o antebraço, a boca e nariz ao espirrar (Figura 4). Por isso, é necessário que se tenha uma atenção especial com a limpeza, principalmente de botões de elevador, corrimões, maçanetas de portas, teclados de máquinas, dentre outras superfícies comunitárias (GARCIA, 2020).

Figura 4: Recomendações de prevenção da Covid-19.



Fonte: Organização Mundial da Saúde editado por G1, 2020.

As medidas comunitárias (ações tomadas por gestores, empregadores e/ou líderes comunitários para proteger a população) para combater o vírus foram: restrição ao funcionamento de escolas, universidades, locais de convívio comunitário e transporte público. Além de outros locais onde há aglomeração de

pessoas, como: eventos sociais, esportivos, teatros, cinemas e estabelecimentos comerciais, que não são caracterizados como prestadores de serviços essenciais (QUALLS, 2017).

O distanciamento social abrange o isolamento de casos, a quarentena aplicada a contatos, e a prática voluntária de não frequentar locais com aglomerações de pessoas. Outra medida é o uso de máscaras, recomendado para indivíduos com infecção pelo coronavírus confirmada ou suspeita, e seus cuidadores (GARCIA, 2020).

Esse distanciamento tem gerado uma série de mudanças na vida das famílias e da sociedade de forma geral, podendo impactar não só na saúde física e biológica, mas também na saúde mental dos indivíduos. A título de exemplo, o isolamento social e as demais recomendações necessárias para prevenção e diminuição da transmissão da doença, acabam por modificar de forma significativa o cotidiano, podendo resultar em tensão, medo, estresse e ansiedade (FIOCRUZ, 2020).

Nesse sentido, é preciso refletir sobre como as questões macrossociais se relacionam com os desdobramentos causados pela doença e com o modo com que ela afeta os diferentes grupos sociais (FARIAS & LEITE JUNIOR, 2020). As minorias – indígenas, população em situação de rua, pessoas com deficiências físicas, transtornos mentais, entre outras – configuram-se como grupos sociais que acumulam discriminações e conseqüentemente têm menos acesso aos serviços de saúde e outros direitos sociais, de forma a serem mais impactados em cenários de crise (HOUTING, 2020).

Esse distanciamento e novos hábitos de vida, muitas vezes dificultam a prática da Tecnologia Assistiva, visto que como muitos dos produtos e materiais utilizados são de alto custo, na maioria das vezes por questões de importação se tornam inviáveis de serem de uso individual. Normalmente, esses materiais e recursos são adquiridos pelo Estado ou por instituições, clínicas e escolas que trabalham com o direcionamento para a inclusão, e em sua maioria, são compartilhados e utilizados apenas no local (KUPPER & HEYDT, 2019).

Com o objetivo de reduzir os impactos da pandemia, diminuindo a incidência e o número de mortes, a maioria dos países adotaram medidas de isolamento, fechamento de escolas e universidades, distanciamento, bem como quarentena de toda a população (BROOKS et al., 2020; FERGUSON et al.,

2020). Para a contingência da doença, também foi adotado o uso de máscaras, protetores faciais, dentre outros aparatos (Figura 5).

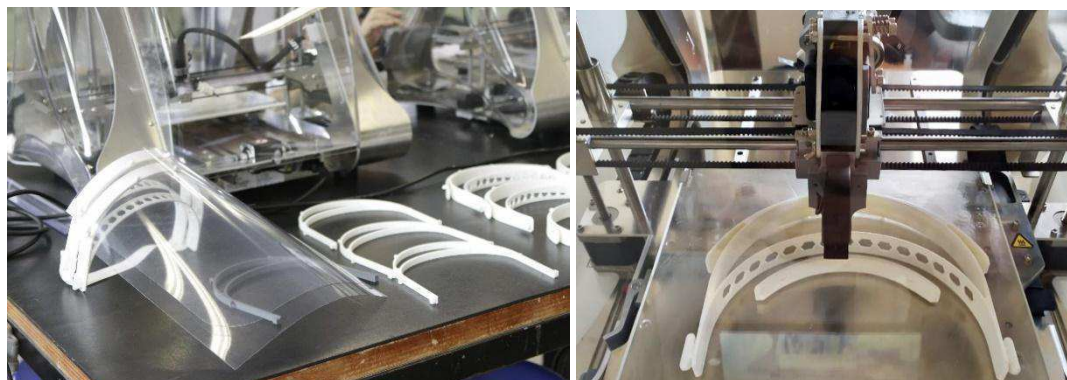
Figura 5: Protetores faciais utilizados no combate a Covid-19.



Fonte: Nutes UEPB, 2020.

Exemplificando, podemos citar os polímeros utilizados como suportes para o funcionamento da impressora 3D, que já se apresentava como promissora às novas demandas da contemporaneidade, no entanto, teve sua ampla utilização acelerada na produção dos EPI'S (equipamentos de segurança), como os protetores faciais, bastante utilizados no combate a Covid-19 (Figura 6) (WHO, 2020; CASTANEDA, 2020).

Figura 6: Impressora 3D e os equipamentos de segurança confeccionados para o combate a Covid-19.



Fontes: Jornal de Brasília e Cristian dos Santos, 2020.

Em março de 2020 já se registrava mais de 118.000 casos em 114 países com cerca de 4.000 óbitos (RITCHIE; WHO, 2020). Até outubro de 2021, a COVID-19 já havia infectado mais de 245 milhões de pessoas no mundo, 21,78 milhões

apenas no Brasil. O número de obtidos foi de 4,98 milhões no mundo, sendo 607.068 no Brasil (ACTER, 2020).

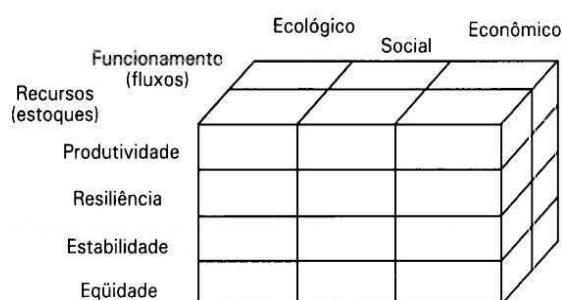
As vacinas são fundamentais para mitigar o impacto das doenças infecciosas (DIEKMANN & J. HEESTERBEEK, 2000). Os primeiros testes de segurança e eficácia das vacinas de COVID-19 foram publicados entre o final de 2020 e o início de 2021 (POLACK, 2020; BADEN; VOYSEY, 2021), o que levou o mundo a iniciar uma corrida de vacinação com o objetivo de controle da pandemia (OLIVEIRA, 2021), entretanto outras variáveis e mutações do vírus continuam surgindo, o que deixa todos atentos aos cuidados à saúde e permanência de cautela com a socialização.

2.2 Sustentabilidade e a geração de resíduos

As diferentes maneiras de organização das sociedades humanas apresentam especificidades em sua relação com a natureza, onde nem todas são ecologicamente eficientes. Cada sistema de produção estabelece relações de apropriação e manejo dos recursos, sejam eles renováveis ou não, e influenciam em algumas características de consumo e do ecossistema (GONZALES MOLINA & SEVILIA GUZMAN, 1993). O ecossistema é qualquer unidade que inclui a totalidade dos organismos em uma determinada área interagindo com o meio ambiente físico, de modo que um fluxo de energia promova a permuta de materiais entre componentes vivos e abióticos (ODUM, 1971).

Deve-se considerar que para possuir uma visão holística dos recursos na contemporaneidade, é necessário ponderar as questões de consumo da humanidade, sendo pertinente observar o desenvolvimento da atividade de forma sustentável, considerando seu estoque (qualidade e quantidade), avaliação do manejo, que pode se relacionar, de algum modo, com fluxo de produtos e recursos e a relação entre ambos (DE CAMINO & MULLER, 1993) (Figura 7).

Figura 7: Aspectos a serem considerados na sustentabilidade.

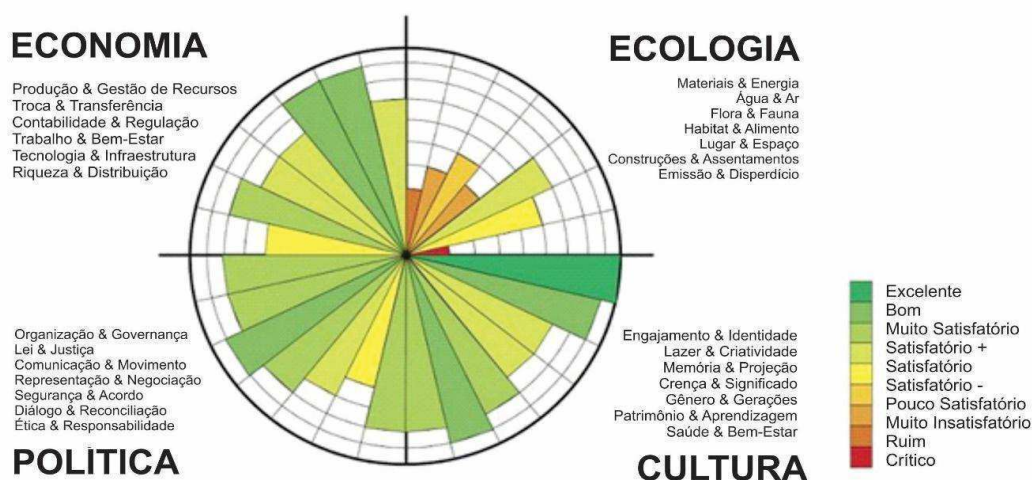


Fonte: De Camino & Muller, 1993.

Segundo os autores, esses quatro aspectos são importantes de serem avaliados, onde a **produtividade** refere-se à produção primária por unidade de insumo utilizado; a **resiliência**, sendo esta a capacidade de recuperação do sistema frente a perturbações externas; a **estabilidade**, onde o grau de produtividade se mantém constante, salvo pequenas distorções causadas pelas variáveis climáticas, ecológicas ou econômicas; e a **equidade**, associada à distribuição equitativa do recurso econômico e dos benefícios, dos custos e dos riscos gerados pelo manejo do sistema (Figura 8) (DE CAMINO & MULLER, 1993).

Figura 8: Sustentabilidade Social.

CÍRCULOS DE SUSTENTABILIDADE



Fonte: Adaptada de Brand, 2009.

Portanto, podemos considerar sustentável tudo aquilo que pode ser mantido. Em ecologia pode-se dizer que todo ecossistema tem algum grau de sustentabilidade ou resiliência, que é compreendida como a capacidade que o ecossistema possui de enfrentar perturbações externas sem comprometer as suas funções (BRAND, 2009).

O desenvolvimento sustentável deve satisfazer as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades e sem interferir no bem-estar da população e seu habitat (BOZA, 2011).

A sustentabilidade por meio da avaliação do ciclo de vida do produto e da cadeia produtiva (desde a obtenção da matéria-prima até seu descarte, envolvendo todo o sistema e os fatores relativos a estes), geram implicações importantes tanto no âmbito econômico, quanto no ambiental, através de soluções criativas (MANZINI 2002).

Consoante a isso, existe uma lei federal que isenta dos tributos federais, por 20 anos, as empresas que adotam processos produtivos e de descarte que não poluem o meio ambiente (PL 2101/11). O benefício só é concedido para as empresas que diminuem pelo menos 80% da sua receita bruta anual de resíduos sólidos. Além do incentivo, elas poderão contar ainda com a depreciação acelerada, uma forma de benefício que reduz o imposto pago sobre o ativo imobilizado (máquinas e equipamentos). A depreciação acelerada usada para abater o lucro líquido da empresa, diminui a base sobre a qual incide o Imposto de Renda (AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIAS, 2015).

O aumento populacional e o consumismo desenfreado, que eleva a produção de resíduos de todas as origens, muitas vezes com destinação inadequada, potencializando seus impactos ao meio ambiente, vem sendo alvo de discussões na área científica e em setores de gestão pública, buscando práticas sustentáveis e a conscientização ambiental. Isso tem modificado as práticas sociais e imposto a diversas sociedades ao redor do mundo uma mudança nos hábitos e rotinas cotidianas, tendo algumas dessas práticas chamado a atenção por reduzirem o impacto ambiental da atividade humana (ROYSEN, 2020).

Dentro desse contexto, pode-se citar a Agenda 21 global, que foi um documento consensual, no qual a noção de desenvolvimento sustentável

adotada pretendia superar as divergências do debate em torno da relação entre crescimento econômico e conservação dos recursos naturais (LEIS, 1996). Na Agenda 21 brasileira tem por base a Agenda 21 global, a educação é fator fundamental e é tratada como fator de inclusão social na sociedade do conhecimento e da informação, visando à formação de recursos humanos.

Com uma população mundial de sete bilhões, o planeta tem gerado cerca de 1,4 bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, equivalente, na média, a uma geração de 1,2 kg indivíduo/dia. O Brasil é um grande produtor de resíduos, com seus quase 80 milhões de toneladas por ano, alcançou a 4ª colocação no ranking mundial em 2016 (MELLO, 2018). No entanto, segundo dados do Governo Federal, o setor de reciclagem movimenta aproximadamente R\$ 12 bilhões/ano, perdendo R\$ 8 bilhões por deixar de reciclar os resíduos que são encaminhados para aterros e lixões (BRASIL, 2012), que vem sendo agravado esta geração de resíduos nesse momento de pandemia.

Devido à crise epidemiológica que vem afetando todo o mundo e principalmente o Brasil, muitos protocolos e produtos para higiene e segurança da população precisaram ser produzidos em larga escala e em caráter de urgência, não havendo tempo hábil para uma preparação e organização dessa demanda no que tange a sustentabilidade e o descarte dos resíduos, que por sua vez tem sua importância por serem utilizados como insumos. Enquanto, por um lado, a pandemia causou uma redução nas práticas de mobilidade, reduzindo o consumo de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, a poluição, a Covid-19 também reforçou o uso de plásticos descartáveis, tanto para a higiene pessoal quanto devido ao maior consumo por *delivery* (BOONS et al., 2020).

Na atualidade as indústrias estão buscando a redução da quantidade de matéria-prima e tempo consumidos nos processos de fabricação, mas claro, considerando o desempenho dos produtos acabados (MA et al., 2018). A Manufatura Aditiva pode contribuir nesse aspecto (BERMAN, 2012) em comparação à fabricação convencional, podendo ser mais eficiente em termos de custo e tempo, na produção em pequena escala e produtos personalizados (KAFARA et al., 2017). Os resíduos gerados pela Manufatura Aditiva são potencialmente menores quando comparados com a manufatura convencional (HUANG et al., 2015), entretanto estes resíduos ainda estão presentes e em certos casos em quantidades muito maiores que o desejado, devido a erros

humanos e de máquinas (SONG & TELENKO, 2017), bem como a uma demanda não esperada, como foi o caso da Covid-19.

Díaz Lantada et al., (2017) estudam esforços para reduzir os impactos ambientais causados pelas estruturas de suporte necessárias em impressões específicas. O desperdício gerado no processo aliado ao gerenciamento de impressões com falha e os produtos de fim de vida produzidos pela Manufatura Aditiva são alguns dos problemas suscitados, em especial para peças poliméricas (REJESKI et al., 2017). O desenvolvimento significativo de impressoras 3D, em especial a *Fused Deposition Modeling* (FDM), deve aumentar os tipos de materiais utilizados para fabricação de filamentos. Essa diversificação de filamentos, aliados a fórmulas próprias com aditivos não revelados para melhoria de desempenho do material, deve aumentar os desafios para a reciclagem do plástico assim como sua remanufatura (REJESKI et al., 2017), nesse sentido, torna-se imprescindível estudos que promovam soluções para essa nova diligência.

2.2.1 Município de Campina Grande e os Resíduos Sólidos

Campina Grande é uma das mais antigas cidades do Estado da Paraíba, localizada no Nordeste Brasileiro. Distante cerca de 120 km de João Pessoa, capital do Estado, está situada na Região Geográfica da Borborema, na Mesorregião do Agreste paraibano e na Microrregião, ocupando uma área de 518 Km², conforme a Figura 9.

Figura 9:Localização do município de Campina Grande-PB.



Fonte: Autora, 2022.

A média do total de resíduos sólidos gerados em Campina Grande em 2014, de acordo com dados internos da Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente (SESUMA), foi de 234,93 toneladas diárias, o que equivale a uma geração per capita de 0,644 kg/habitante/dia. Já em 2015, a média do total de resíduos sólidos gerados correspondeu a 247,76 toneladas por dia, sendo esse valor equivale a 0,679 kg/habitante/dia. Em 2020, o Município de Campina Grande recebeu em média 500 toneladas de resíduos sólidos por dia (POLICARPO, 2020).

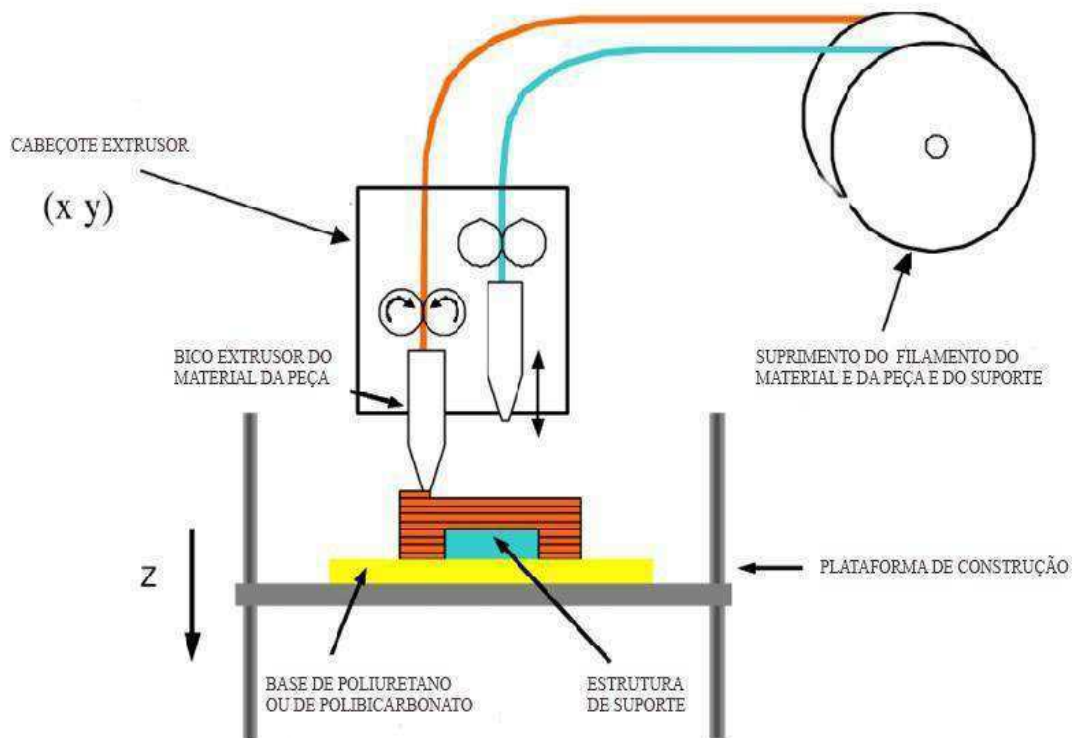
Os custos para a Prefeitura Municipal de Campina Grande com a utilização do aterro sanitário eram, em 2015, de mais de R\$ 14, 2 mil por dia, e cada tonelada processada custava R\$ 35,67. Isso resulta em, aproximadamente R\$ 517.215,00 mensais. Além dos custos pelo uso do aterro, a gestão pública tem outros gastos com o serviço de coleta e transporte dos resíduos até o aterro, todavia, segundo XAVIER (2015), este valor foi duplicado.

Policarpo (2020) pondera que apesar da gestão dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Campina Grande atender aos requisitos de responsabilidade ambiental, se faz necessário estimular ações preventivas de geração de resíduos e do descarte inadequado desses no meio ambiente pela população do município, além de buscar ampliar o potencial de reciclagem através do estímulo para estruturação de novas atividades de reciclagem de seus resíduos sólidos urbanos.

2.3 Tecnologia e Impressão 3D

A impressão tridimensional (3D) é o termo usado para descrever processos de manufatura aditiva. Segundo a designação ISO/ASTM 52900, os processos de manufatura aditiva podem ser descritos como qualquer processo de fabricação para junção de materiais para a confecção de peças a partir de modelos 3D, mais frequentemente camada a camada (Figura 10) (WOHLERS et al.,2016).

Figura 10: Processo de manufatura aditiva.



Fonte: Volpato, 2007.

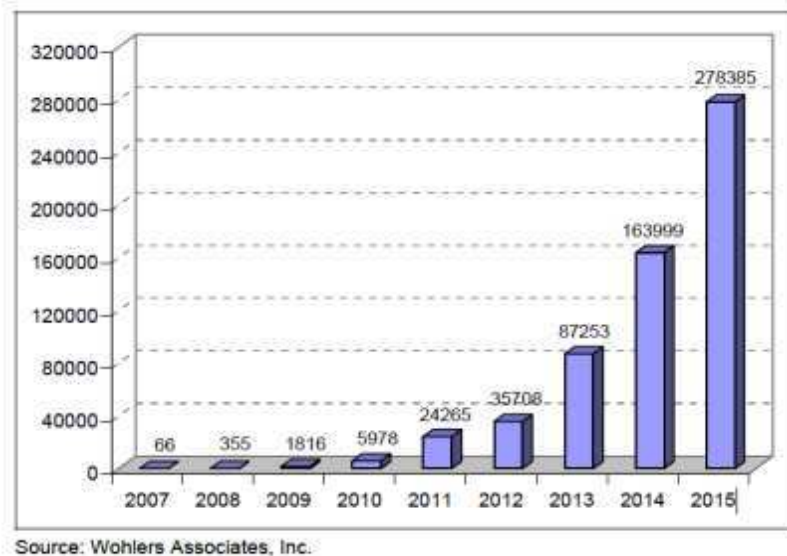
Pelo fato de possibilitar a produção de peças com geometrias complexas, impossíveis de obter por outros processos de fabricação, desencadeou-se uma grande utilização no design e em outras áreas como as artes, arquitetura, medicina e engenharia (BANKS, 2013; ZADPOOR, 2016).

Esta tecnologia foi desenvolvida e patenteada no final dos anos 1980 por S. Scott Crump, co-fundador da companhia Stratasys. Ela utiliza termoplásticos de engenharia de alta performance tais como o policarbonato (PC), acrilonitrilbutadieno estireno (ABS), blenda de PC-ABS, polifenilsulfona (PPSF) e Nylon-12 na construção de protótipos funcionais em três dimensões (MOHAMED et al., 2017; GIBSON et al., 2014; TSOUKNIDAS, 2011).

A companhia deteve o monopólio na produção e desenvolvimento de impressoras desse tipo. Com a expiração da patente, em 2009, o custo das impressoras FDM (*Fused Deposition Modelling*) baixou radicalmente, de mais de 10000 dólares para menos de 1000 dólares americanos (SCHOFFER, 2016). As impressoras de baixo custo ou as chamadas “desktop 3D printers” referem-se a todos os equipamentos de manufatura aditiva com um custo máximo de 5.000

dólares. Nos últimos anos tem-se observado um grande crescimento no volume de vendas destas máquinas (Figura 11) (WOHLERS, 2016).

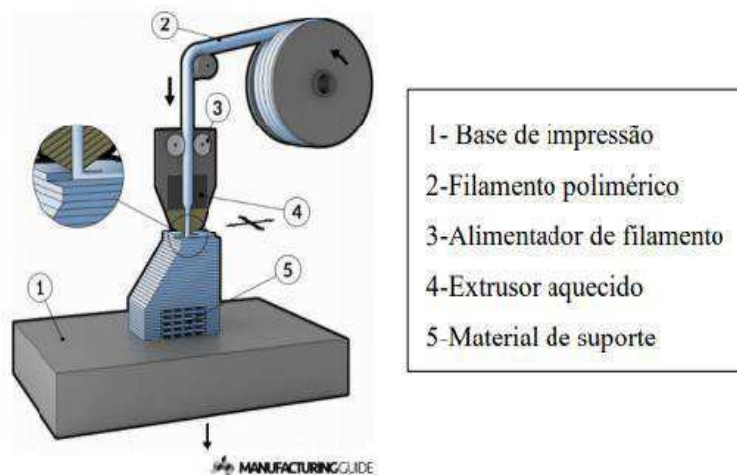
Figura 11:Volume de vendas de impressoras de baixo custo.



Fonte: Wohlers, 2016.

O princípio de operação do método FDM consiste em depositar material polimérico fundido, camada a camada, criando um objeto tridimensional com a geometria desejada (Figura 12) (DE ABREU, 2017).

Figura 12:Processo de impressão FDM.



Fonte: De Abreu,2017.

O bico extrusor possui uma fonte de calor com controle de temperatura é responsável por aquecer e alterar o estado físico do material. O material é processado através de uma bobina de filamento. Após o depósito do material e a sua solidificação por arrefecimento, este servirá de suporte para a camada seguinte de material. O movimento relativo entre o bico extrusor e a base de impressão é controlado através de um sistema de movimentação computadorizada, em que as instruções são criadas a partir do modelo 3D virtual (DE ABREU, 2017).

2.2.1.1 Materiais, Processos e Variáveis

A área de prototipagem tem utilizado a tecnologia FDM pelas melhorias graduais em materiais e processos e sua gama de aplicações, especialmente para o uso direto como peças acabadas. Ao produzir peças para uso direto, muitas características são exigidas para que se cumpram seus objetivos funcionais (HUANG & SINGAMNENI, 2015).

O desenvolvimento de materiais para a impressão 3D tem despertado o interesse de um grande número de empresas, sendo considerada uma das áreas que apresenta resultados mais promissores a nível de mercado nos próximos anos (GARTER, 2016).

Os fabricantes de materiais estão se empenhando no melhoramento das características mecânicas e na diminuição das expansões térmicas. O modo mais comum de fornecimento de material é na forma de bobinas de filamento com 1.75 ou 3mm de diâmetro, vendidas no peso. Os filamentos são práticos em seu uso, pois simplificam o sistema de extrusão das impressoras e requerem pouca manutenção (DE ABREU, 2017).

Segundo Foggiatto (2015), muitos fatores são relevantes quanto ao processo FDM. Ele avaliou a aplicação do ferramental produzido por FDM para a injeção de diversos materiais poliméricos, verificando a necessidade de atentar para fatores como a compatibilidade química entre o material do molde e o polímero injetado, bem como a rugosidade superficial das cavidades. Silva (2008), avaliou a aplicação de moldes com gaveta fabricados por FDM para a

moldagem por injeção de PP, demonstrando a importância da correta definição dos parâmetros e orientação segundo a qual é fabricado o molde.

Os autores levantaram os principais responsáveis pela redução da vida útil dos moldes e investigaram de qual maneira pode-se aprimorar a qualidade superficial de peças fabricadas por FDM. Existem algumas variáveis que influenciam diretamente na qualidade da moldagem por injeção: processo, máquina e qualidade. Em síntese, pode-se definir que as quatro “macrovariáveis” que controlam todo o processo de injeção, como: temperatura, taxa de resfriamento, pressão na cavidade e velocidade de escoamento (CHEN & TUNG, 2004).

Segundo Abreu (2017):

- a) A **temperatura de massa** é a temperatura local do material injetado em um determinado tempo durante o ciclo de injeção; pode-se assumir a temperatura de injeção (temperatura do material dosado no canhão) como referência inicial, mas ao longo do processo seu valor é alterado por efeito das demais variáveis.
- b) A **taxa de resfriamento** é a velocidade com a qual o material perde calor; isso modifica, por exemplo, o grau de cristalinidade e/ou o tamanho dos cristais do material, tendo efeitos importantes nas propriedades dimensionais, mecânicas e óticas do moldado.
- c) A **pressão da cavidade** é a pressão do material no interior da cavidade; costuma-se assumir como referência a pressão máxima atingida durante a moldagem; essa variável controla a quantidade de material injetado no molde e, por consequência, a massa e a precisão dimensional das peças, além de influir em tensões residuais e empenamento.
- d) A **velocidade de escoamento** é a velocidade com a qual o material flui pela cavidade durante o preenchimento; está fortemente associada à taxa de cisalhamento e, por isso, tem efeitos sobre temperatura de massa, orientação molecular, degradação e tensões residuais.

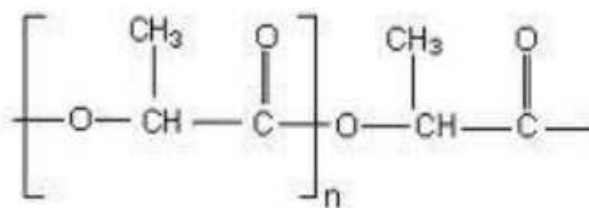
A tecnologia FDM utiliza os termoplásticos PLA, ABS (acrilonitrila butadienoestireno), ABSi (acrilonitrila-butadieno-estireno-biocompatível), PPSF (polifenil sulfona), policarbonato (PC) e PETG para a fabricação de peças que são utilizadas em diversas aplicações de engenharia, para protótipos funcionais, para a produção de modelos conceituais, peças de uso final e auxiliares de

fabricação, como gabaritos e acessórios, ferramental composto e padrão para fundição de metal (VERMA & CHATURVEDI, 2018) .

2.2.1.2 PLA

O Ácido Polilático (PLA), do inglês Poly (Lactic Acid), com nome dado pela IUPAC de ácido 2-hidróxipropanóico (Figura 13), é da família dos poliésteres alifáticos, termoplástico e resistentes (WANG et al., 2008), produzido por síntese química do ácido láctico por meio da fermentação bacteriana do amido ou de glicose extraído do milho, entre outras vias de produção como, por exemplo, compostos 26 facilmente convertidos a hexoses como amido de arroz, trigo batata, açúcares, etc (PRADELLA, 2006; LUNT, 1998; GUERRA, 2010; OLIVEIRA, 2006).

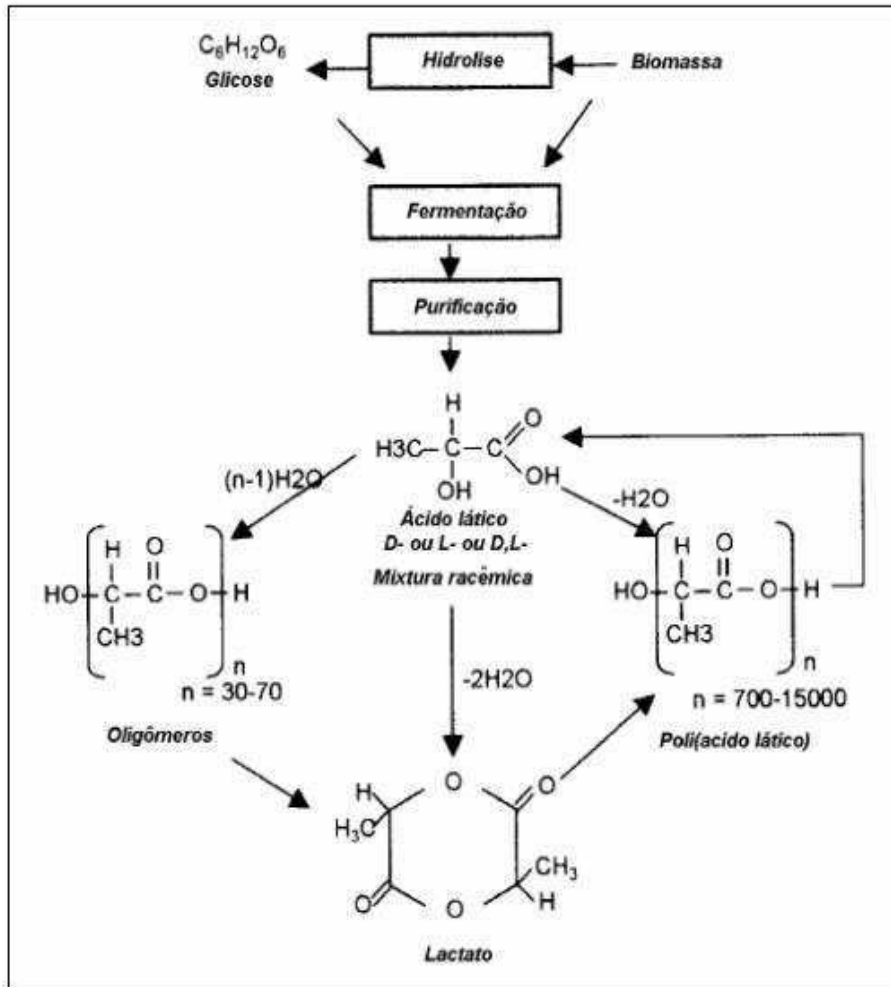
Figura 13: Estrutura química do PLA.



Fonte: Pradella, 2006.

O processo de produção do PLA a partir de uma fonte de carbono ocorre em duas etapas, sendo representado na Figura 14, no qual uma é indireta, via lactato, resultando no polilactato e outra direta por meio da polimerização por condensação, resultando no ácido láctico, porém ambos os produtos são denominados como PLA. O processo de polimerização do ácido láctico, que é uma molécula quiral, pode produzir dois isômeros ópticos: o levógiro (L-) e o dextrogiro (D-) ácido láctico (PRADELLA, 2006).

Figura 14: Processo de produção do PLA.



Fonte: Pradella, 2006.

Nas últimas décadas vem sendo amplamente estudadas as diversas aplicações do PLA como polímero biodegradável, pois o mesmo tem características comparáveis aos termoplásticos sintéticos derivados do petróleo: poliestireno cristal (PS) e o poli (tereftalato de etileno) – PET, principalmente quanto a sua resistência mecânica (Wang et al., 2008).

Atualmente, a principal aplicação do PLA produzido está no desenvolvimento de embalagens, a qual representa cerca de 70%, e o restante está no setor de fibras e têxteis, agricultura, eletrônicos aparelhos e aparatos domésticos (PRADELLA, 2006). O poli (L-ácido láctico) (PLLA) vem sendo utilizado também na área biomédica, em aplicações médicas, como biomateriais,

devido à sua característica de biocompatibilidade e bioreabsorção (JAHNO, 2005).

O PLA é o mais caro dos polímeros convencionais derivados de petróleo (AURAS et.al., 2004 apud WANG et al., 2008). Já era esperado o aumento do seu uso em diversas aplicações (BALKCOM et al., 2002; OLIVEIRA, 2006), entretanto com o novo cenário mundial seu uso em larga escala foi acelerado e há ainda mais necessidade, tanto de não haver desperdício de recursos naturais, quanto de economia para a indústria, que já sofre com a escassez de matéria-prima em diversos setores decorrente da pandemia.

Ele é considerado um material biodegradável, absorvível e biocompatível, possibilitando a fabricação de vários objetos, dentre eles dispositivos biomédicos (HAMAD et al., 2015). É um poliéster termoplástico que possui em sua formação uma função mista (ácido carboxílico e álcool), sendo oriundo de fontes renováveis, como: milho, mandioca, beterraba, e por consequência não produzem nenhum tipo de resíduo tóxico (BIOFABRIS, 2014).

De Abreu (2017) destaca a capacidade do PLA ser impresso sob uma superfície fria, como uma das suas maiores vantagens de utilização. Outro ponto é a velocidade de impressão, além do caráter estético, produzindo peças com superfície lisa, maior detecção de detalhes e brilhante. Em contrapartida, apresenta baixa resistência térmica ao ser submetida a elevadas temperaturas.

No Quadro 1 encontra-se algumas das temperaturas de extrusão para diferentes termoplásticos (GONZÁLEZ, 2016).

Quadro 1: Temperaturas de extrusão para alguns dos materiais usados em impressão 3D por FDM.

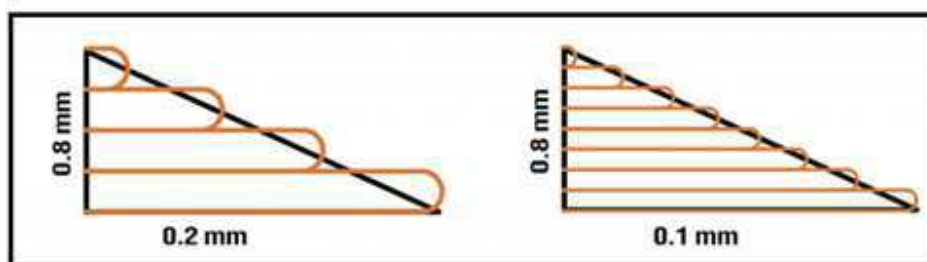
| Material | Temperatura de Extrusão (°C) |
|-----------------|-------------------------------------|
| PLA | 180-210 |
| ABS | 185-235 |
| PVA | 180-200 |
| PETG | 220 |
| HIPS | 235 |
| PC | 280-335 |

Fonte: Adaptada de González, 2016.

Segundo González (2016), a velocidade de impressão típica para FDM é de aproximadamente 60mm/s, havendo alguns equipamentos capazes de atingir velocidades superiores. A temperatura de extrusão depende do material a ser impresso, sendo o PLA o material mais comum. A maior parte das extrusoras conseguem atingir temperaturas de, pelo menos, 200°C. No que diz respeito ao processo de preparação das peças para a impressão, cabe ao utilizador definir outros parâmetros importantes como a altura de camada, a percentagem de enchimento, a possibilidade de adição de suportes ou outros elementos necessários para a impressão de peças com sucesso (DE ABREU, 2017).

Em relação à altura da camada percebe-se que a camada baixa permite peças com melhor acabamento e maior fidelidade virtual (Figura 15). A altura da camada deve ser escolhida tendo em vista a espessura do filamento, diâmetro do bico extrusor e velocidade de impressão. A altura de camada mínima para impressoras FDM varia entre 20 μ m e 300 μ m (WOHLERS, 2016). Atualmente a maior parte dos equipamentos no mercado imprime com alturas de camada por volta dos 100 μ m. Este valor costuma ser um dos parâmetros mais usados para qualificar a resolução destas impressoras em detrimento da resolução de posicionamento do extrusor (DE ABREU, 2017).

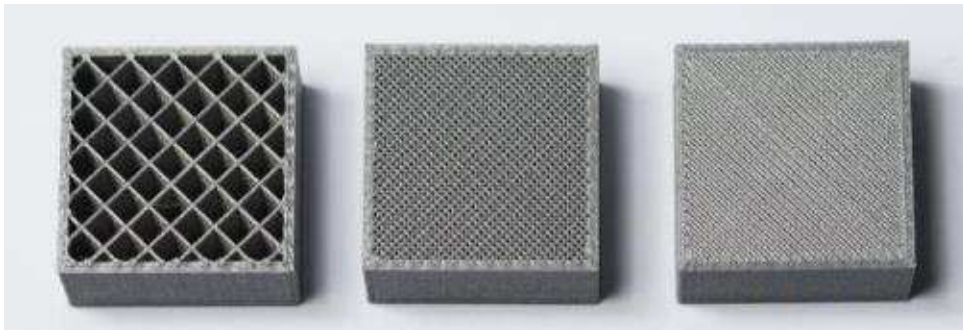
Figura 15: Altura da camada e sua relação com a maior fidelidade do acabamento.



Fonte: Lima, 2015.

O enchimento diz respeito à quantidade de material utilizado no interior da peça, que é quantificada pela sua percentagem (Figura 16). O critério de escolha de enchimento de uma peça está diretamente associado à rigidez desejada, quantidade de material, peso e tempo de impressão. Existem ainda diversos padrões de enchimento que conferem à peça diferentes comportamentos mecânicos (CAIN, 2016).

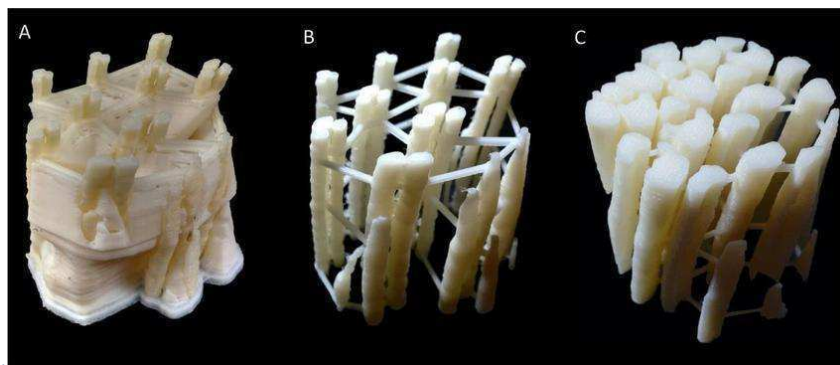
Figura 16: Altura da camada e sua relação com a maior fidelidade do acabamento.



Fonte: Cain, 2016.

Em grande parte dos processos pode haver a necessidade de adição de material de suporte (Figura 17). Este artifício consiste na impressão de uma estrutura física para suportar camadas superiores que a geometria da peça pode exigir. Estas estruturas podem ser impressas com o mesmo material da peça e removidos manualmente após a impressão. Em alternativa podem ser impressos em PVA desde que a máquina esteja equipada com um extrusor multimaterial (DE ABREU, 2017).

Figura 17: Modelos físicos impressos com tecnologia FDM. Apenas o (a) construído com material de suporte.



Fonte: Palombini, 2017.

Silva (2007) considera que grande parte desses processos necessitam de um material de suporte, servindo de estruturas para apoiar as regiões do protótipo que estariam em balanço durante a construção da peça e depois de pronto, a retirada do suporte é feita e o mesmo vira resíduo.

2.3 Design de Produtos e as contribuições para o Autismo

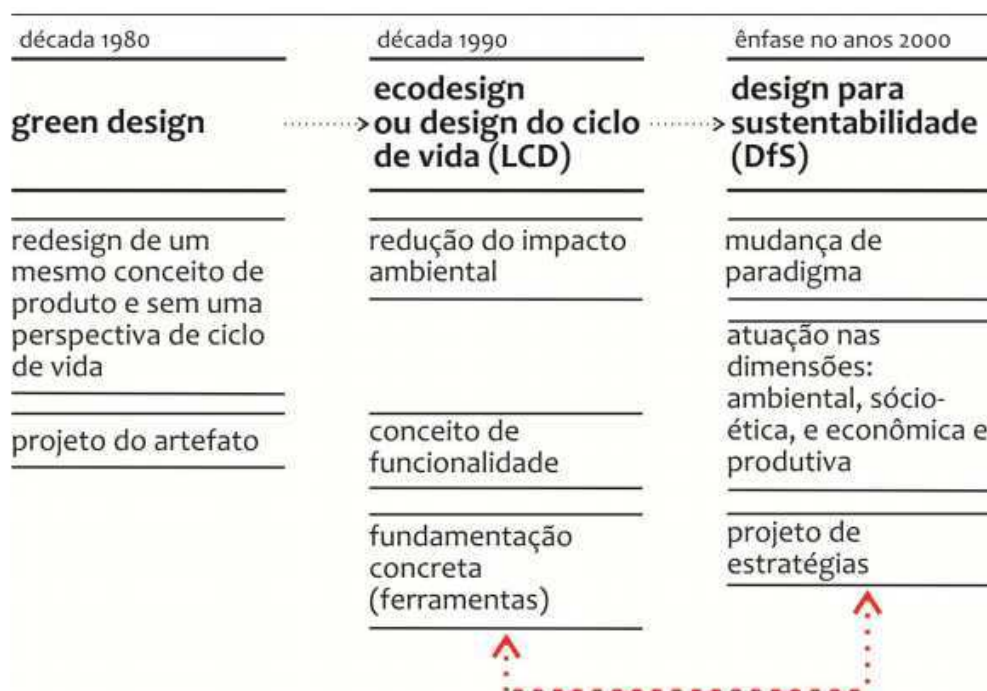
A Ecologia Industrial foca na reestruturação dos processos produtivos e no design de produtos. As indústrias são vistas como potenciais agentes para a melhoria ambiental, por possuírem o capital humano e tecnológico para o desenvolvimento das suas atividades e produtos, levando em consideração os impactos ambientais. Entretanto, as tentativas de melhoria de eficiência energética ou limitação de impactos negativos no ambiente, ocorreram majoritariamente quando medidas foram impostas pela legislação (AYRES E AYRES, 2002).

O design pode contribuir através da defesa do uso de materiais e fontes de energia que tenham um baixo impacto ambiental como os atóxicos, recicláveis, biodegradáveis e renováveis (tanto energéticos quanto materiais). Esta dimensão pode também ser denominada de "redesign ambiental do existente" e comporta escolhas de caráter predominantemente técnico, não requerendo mudanças reais nos estilos de vida e de consumo (ALBACH, 2017).

O Design de Produtos é uma estratégia sistemática de resolução de problemas, com critérios e restrições utilizadas para desenvolver soluções ou satisfazer necessidades humanas (KARNITZ et al., 2009; SHAINEE et al., 2013), onde o reprojeto ou novo design é uma prática comum na indústria como meio de eliminar falhas, aumentar qualidade, reduzir custos, reduzir impactos ambientais, ampliar vida útil, atender a mudanças de perfil dos consumidores, lançar novas versões de produtos que se encontram há tempo no mercado, entre outras finalidades (SMITH et al., 2012).

Bhamra e Lofthouse (2007) destacam que na esfera do Design surgiram várias abordagens como: Green Design e consumismo; Design responsável e consumo ético; e o Ecodesign e Sustentabilidade (Figura 18).

Figura 18: Green Design, Ecodesign e Design para Sustentabilidade.



Fonte: Albach, 2017.

Na fase de design de produtos e serviços deve-se levar em conta que quando seu ciclo de vida acabar, eles serão recursos produtivos para outras indústrias. A operacionalização da Economia Circular exigirá uma rede de relações e colaboração entre as companhias de diferentes setores econômicos e entre empresas e consumidores (BONCIU, 2014). Isso também sinaliza a necessidade de mudanças na educação, valores e comportamentos de produtores e consumidores (FOSTER, 2016).

De acordo com LI et al. (2006) e SMITH et al. (2012), o reprojetado tem sido parte importante do processo de desenvolvimento de produtos, sendo peça chave para a obtenção de sucesso na prática da tarefa, sendo uma área que contribui na solução de problemas de usabilidade, tornando os produtos mais adequados à saúde, segurança, conforto e eficiência, minimizando os erros dos equipamentos, se fazendo bastante pertinente seu estudo tanto do ponto de vista social, quanto do ponto de vista econômico (ADUL et al., 2004).

O Design Inclusivo, ou Universal, incorpora muitas áreas da boa prática do design, entre elas estética e ergonomia. As características do design gerado podem incluir, por exemplo, formatos e pegadas confortáveis, sinalização de

operação fácil, cores fortemente diferenciadas e controle por meio do toque ou do olhar (MORRIS, 2011).

Para tal, faz-se necessárias análises com o público alvo em questão, utilizando um produto similar a função que se deseja, de modo a se verificar os seguintes aspectos (CUD, 2014):

- 1) Uso equitativo: O design é útil e vendável para pessoas com habilidades diversas;
- 2) Flexibilidade no Uso: O design acomoda uma ampla gama de preferências e habilidades individuais;
- 3) Uso Simples e Intuitivo: O uso do design é fácil de entender, independentemente da experiência, conhecimento, habilidades de linguagem ou nível de educação do usuário;
- 4) Informação Perceptível: O design comunica informação necessária ao usuário de maneira efetiva, independentemente das condições do ambiente ou das habilidades sensoriais do usuário;
- 5) Tolerância ao Erro: O design minimiza acidentes e as consequências adversas de atitudes acidentais ou não intencionais;
- 6) Pouco Esforço Físico: O design pode ser usado de forma eficiente e confortável e com um mínimo de fadiga;
- 7) Tamanho e Espaço para Abordagem e Uso: Tamanho apropriado e espaço é fornecido para a abordagem, alcance, manipulação e uso, independentemente do tamanho do corpo do usuário, postura e mobilidade.

Na perspectiva de criatividade, centrada no trabalho de maneira colaborativa e com um olhar multidisciplinar destaca-se o *Design Thinking* embasado em princípios de engenharia, design, artes, ciências sociais e descobertas do mundo corporativo (PLATTER; MEINEL e LEIFER, 2011, apud CAVALCANTI, 2014).

De acordo com Cooper, Junginger e Lockwood (2010), o *Design Thinking* é uma ferramenta que auxilia a projetar e idealizar por meio do processo de design, assim como desenvolver e criar produtos, serviços e experiências reais. Como reflexo, existem diversos estudos que demonstram que o uso desta metodologia tem alcançado bons resultados na criação inovadora de produtos,

projetos, modelos e serviços, sejam eles educacionais ou mercadológicos (BROWN, 2008).

Segundo Brown (2009), o design traz consigo algumas limitações que interferem no desenvolvimento da metodologia. De acordo com o autor, estas restrições estão associadas a critérios específicos, como: a praticabilidade, a viabilidade e a desejabilidade. Desse modo, para a realização de um bom projeto, deve-se procurar manter estes aspectos em equilíbrio (SANTOS, 2017).

A contribuição do Design no âmbito do autismo está diretamente associada ao conceito de Design Universal, isso porque os seus princípios foram desenvolvidos por grupos de profissionais compostos por arquitetos, *designers*, engenheiros, terapeutas ocupacionais, dentre outros, que se preocuparam com a aplicação e o uso, observando a análise da relação entre produto-usuário (RIBEIRO et al., 2001).

O Design Universal é também conhecido como Tecnologia Assistiva ou *Assistive Technology*, que foi criado oficialmente em 1988 como importante elemento jurídico dentro da legislação norte americana, conhecida como Public Law 100-407, que compõe, com outras leis, o ADA - American with Disabilities Act (BERSCH, 2006).

Este conjunto de leis que regulam os direitos dos cidadãos com deficiência nos EUA, além de prover a base legal dos fundos públicos para compra dos recursos que estes necessitam, regulamentam a tecnologia para que as pessoas com deficiência e tenham a garantia do benefício de serviços especializados e o acesso a todo o arsenal de recursos, de modo a favorecer uma vida mais independente, produtiva e incluída no contexto social geral (BERSCH, 2006).

A Tecnologia Assistiva é um termo recente, entretanto, possui evidências de práticas desde as civilizações antigas (BERRY; IGNASH, 2003; LAUAND; MENDES, 2009).

De acordo com Bersch (2008), tendo por objetivo garantir maiores condições aos indivíduos que as utilizam, este tipo de tecnologia deve existir dentro das escolas para contribuir com a construção da identidade e das habilidades de maneira equânime, minimizando os aspectos da desvalorização dos alunos baseado na sua capacidade de aprendizagem e no seu rendimento escolar (CARVALHO, 2008).

É necessário ter o entendimento que a inclusão escolar vai para além da acessibilidade arquitetônica ou da aceitação de alunos com deficiência em salas de aula no ensino regular. É preciso ter também uma proposta de reestruturação no método de ensino-aprendizagem e de avaliação desses alunos (MONTAAN, 2015).

Dentro dessa nova perspectiva de vida e das novas necessidades humanas ao novo cenário, chama a atenção às necessidades para pessoas com necessidades especiais, que por sua vez, possuem mais dificuldades de adaptação aos padrões e sistemas sociais, há décadas (BERSCH, 2009). Entretanto, o surgimento de novas demandas e realidades, acaba por gerar a necessidade de novas aplicações da Tecnologia Assistiva, de modo que a inclusão seja posta em prática.

Segundo a definição proposta pelo Comitê de Ajudas Técnicas (2007) a Tecnologia Assistiva é a área do conhecimento, com característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que promovem a funcionalidade à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (CAT, 2007), onde o uso dessa tecnologia na educação especial favorece o processo de aprendizagem e o desenvolvimento de diferentes habilidades (PELOSI, 2009; SAMESHIMA, 2011; ROCHA; DELIBERATO, 2012).

Ao mesmo tempo que a Tecnologia Assistiva é entendida como uma ferramenta favorável ao desenvolvimento e inclusão de pessoas com deficiência, sabe-se que no Brasil existe uma carência de recursos disponíveis no mercado. Pelo fato de no país não se ter um desenvolvimento de design em Tecnologia Assistiva, onde não se produz em larga escala, faz-se necessário a importação de materiais e produtos do exterior, tornando, muitas vezes, inviável a implantação da mesma por questões de ordem financeira (BERSCH, 2009).

Ao passo que nossa sociedade ainda demora nas providências à urgência da inclusão, cresce de maneira rápida o número de pessoas com uma deficiência neurobiológica ainda pouco compreendida e tida como silenciosa e muitas vezes até invisível, o Transtorno do Espectro Autista (TEA).

Na inclusão social, as palavras integração e inclusão possuem sentidos distintos, onde se compreende por integração a preparação da pessoa com

deficiência para o convívio social e a inclusão, é entendida como as adequações que a sociedade deve promover para que as necessidades das pessoas com deficiência sejam atendidas e elas possam adquirir o pleno exercício da sua cidadania (SASSAKI, 1997).

Visto que na sociedade o ser humano é valorizado por suas habilidades no tocante ao trabalho, o indivíduo com limitações ou com algum tipo de deficiência passa a ser considerado inútil, prevalecendo por muito tempo o modelo biomédico, o qual classificava os impedimentos corporais como inabilitados para exercer uma profissão ou trabalho produtivo. Com o novo modelo de classificação das deficiências, a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde – CIF, mudou a percepção da deficiência como doença, passando a interpretar a deficiência como uma pessoa com limitações, sendo avaliadas suas habilidades e potencialidades, mas impedido de viver e de participar em sociedade devido às barreiras sociais (VIANA, 2019).

Le Breton (2007) reafirma, portanto, que a deficiência é um estigma, no qual a pessoa com deficiência é vista como um ser deficiente ao invés de ter uma deficiência, tornando a visão dessas pessoas como inválidas, dignas de compaixão. Entretanto, ao longo do tempo, a postura da sociedade com relação às pessoas com deficiência foi se modificando de acordo com a cultura, as crenças, fatores econômicos, políticos e sociais (SONZA, 2013).

A Inclusão Social ocorre através das relações interpessoais, onde é preciso o reconhecimento do outro como sujeito e não considerando a sua deficiência como predominante. As práticas e a visão de Inclusão são bastante ressaltadas no âmbito escolar, por ser um ambiente onde se iniciam essas relações. É o espaço onde o indivíduo inicia o processo de percepção das diferenças e a produção da sua identidade. Onde as características de cada ser ficam evidentes, identificando não apenas as diferenças, mas também as habilidades e potencialidades (MANTOAN, 2015).

Para tal se faz pertinente o emprego devido do design de produtos, visto que, segundo a OMS, os dispositivos assistivos cumprem um papel importante na vida das pessoas com deficiências ao compensar uma capacidade perdida, reduzir as consequências de uma degeneração gradual, minimizar a necessidade de cuidadores, prevenir o acometimento de outras enfermidades e, conseqüentemente, reduzir os custos médicos (WHO, 2016).

Como elementos essenciais para que um dispositivo assistivo seja adequado e de qualidade, eles precisam atender às necessidades do usuário e demais envolvidos, além de atender às demandas do ambiente de uso, a fim de garantir segurança e eficiência (WHO, 2012). Sendo assim, a filosofia do Design Inclusivo aponta que criar produtos reconhecendo as dificuldades funcionais atípicas dos usuários torna o objeto melhor para todas as pessoas (NORMAN, 2008).

De acordo com Pereira (2017), produtos inclusivos são necessários para que a diversidade funcional seja contemplada. Investir nesses projetos pode ser uma boa estratégia para descobrir mercados até então inexplorados, entretanto esse ideal ainda distancia da realidade. Os produtos inclusivos são exceção no mercado brasileiro, isso acontece pelo Design Inclusivo não ser adotado pela maioria dos designers, onde acredita-se que essa questão esteja também atrelada a ausência de um ensino que o prepare para a prática dessa abordagem de forma concreta, ou até aos incentivos da indústria brasileira (PETRY, 2019).

A adaptação de um recurso para uma pessoa com deficiência deve considerar dois fatores: as características motoras, cognitivas, emocionais e sociais da pessoa, além das exigências sociais, pedagógicas, psicológicas e físicas impostas pelo meio (ARAUJO; MANZINI, 2001). Dessa maneira, as características físicas e estéticas, como: o peso, tamanho, forma; de um produto ou recurso são essenciais para o processo de adaptação, já que podem contribuir ou dificultar o movimento, a apreensão e a manipulação dos materiais pedagógicos (CAVALCANTI; GALVÃO, 2007; ROCHA, 2010).

No Brasil, diretrizes do governo foram criadas de forma a garantir a inclusão dessa parte da população, inclusive em escolas regulares e com o auxílio de tecnologia. Como consequência desse incentivo, pesquisas acadêmicas e soluções assistivas vêm sendo impulsionadas na academia e no mercado. Por outro lado, em outros países como por exemplo a França, propostas de políticas públicas são estudadas há mais de duas décadas (AGUIAR, 2020), o que indica que ainda há muito a ser feito por nós brasileiros por essa parcela da população.

2.4 Transtorno do Espectro Autista (TEA)

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) caracteriza-se pela persistência no déficit de comunicação e interação social e pelos padrões de comportamento, de interesse e de atividades que são restritos e repetitivos (American Psychiatric Association, 2014).

O termo “Espectro” representa a pluralidade de sintomas e comprometimentos possíveis e engloba o Transtorno Autista, a Síndrome de Asperger e o Transtorno Invasivo do Desenvolvimento Não Especificado. Os múltiplos sintomas de TEA e as condições comumente associados (deficiência intelectual, dificuldade de aprendizado, dentre outros), colocam em evidência a realidade da heterogeneidade dos indivíduos. Logo, atividades do cotidiano e as intervenções terapêuticas e educacionais devem ser adaptadas para cada caso, favorecendo o desenvolvimento individual e ampliando suas capacidades (CANO, 2016).

Pessoas dentro do espectro apresentam certas disfunções no âmbito da cognição. A maioria apresenta déficit de aprendizagem, de formação de conceitos, dificuldade de concentração e imaginação, demonstrando um nível intelectual com um certo “atraso” em relação aos pares, ou seja, outras crianças da mesma idade. Essa divergência, no entanto, pode se apresentar de maneiras distintas, necessitando de níveis de suportes diferenciados, sendo assim, em alguns casos mais específicos onde o indivíduo possui certa rigidez no pensamento e no comportamento, ao ponto de não desenvolver o pensamento imaginário, torna-se necessário maior suporte terapêutico pelo comprometimento do seu desenvolvimento (SOUZA & SANTOS, 2020).

O diagnóstico do autismo conta com diversos métodos para sua avaliação, em que na maioria deles será percebida a comunicação, interação social e os padrões privativos e frequentes de conduta. Mesmo assim, ainda são necessários novos parâmetros que tragam diagnósticos mais eficientes e que seja viável a intervenção precoce e diferenciada. Estudos também revelam que a maneira de comunicar dessas crianças pode ajudar em um diagnóstico mais assertivo, já que essas encontram-se com alterações na prosódia, pragmática,

sintaxe, morfologia e semântica evidenciadas (FERREIRA, TEIXEIRA & BRITO, 2011; REIS, PEREIRA & ALMEIDA, 2016).

A relevância do diagnóstico precoce se apresenta pela importância de uma intervenção multiprofissional para aumentar a capacidade desses indivíduos de terem uma vida independente, e adquirindo novas conquistas de habilidades cognitivas, sociais (COUTO, 2017).

Na Europa e nos Estados Unidos o autismo é considerado uma deficiência desde 1990. Através do Estatuto de Educação dos Indivíduos com Deficiência (IDEA), foram garantidos os serviços de intervenção, e direitos à educação especial. Entretanto, no Brasil ainda há uma grande dessemelhança social e demográfica, o que acaba por dificultar o reconhecimento das necessidades, para que assim as intervenções na saúde e educação sejam realizadas o quanto antes (CAMPOS & FERNANDES, 2016).

Dados publicados em 2014 pelo Centro de Controle e Prevenção de Doenças (Centers for Disease Control and Prevention, 2014) revelam que o autismo atinge o alto índice de um em cada 68 crianças de oito anos nos Estados Unidos, na proporção de 4,5 meninos para uma menina. Os dados de 2012 indicavam uma em cada 88 crianças (FADDA & CURY, 2016).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) de 2017, diz que a cada 160 crianças uma nasce com TEA. Já a Centers for Disease Control and Prevention (CDC), em 2018 estimou que 1 em cada 59 crianças são autistas, dados estes baseados na média de estudos feitos sobre o assunto nos Estados Unidos, o que demonstra um crescimento considerável dessa condição genética.

Ainda não há dados estatísticos oficiais no Brasil, mas estima-se que cerca de 2 milhões de pessoas podem ser incluídas no diagnóstico de autismo, considerando a população brasileira de aproximadamente 200 milhões (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016) e a prevalência do transtorno de 1% da população conforme indicada pela Associação Americana de Psiquiatria.

As pesquisas para estabelecer as causas do autismo continuaram avançando e o foco passou a ser nos fatores genéticos e cognitivos. Devido aos estudos de neuroimagem de pessoas dentro do espectro do autismo, foi encontrado uma compatibilidade entre as funções cerebrais e os comportamentos autistas, ou seja, essas pesquisas estabeleceram de forma clara que o autismo e seus sintomas têm origem neurológica (GRANDIN, 2018).

Estudos fizeram com que o autismo fosse reconhecido como uma condição específica, sendo incorporado pela primeira vez no DSM (Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais) em 1980 na classe de Transtornos Globais do Desenvolvimento (TGD). Em 1981, um estudo concebe o termo Síndrome de Asperger dentro do espectro do autismo (GRANDIN, 2017).

Novas pesquisas motivaram revisões no DSM, sendo que em 1994 a Síndrome de Asperger passou a compor o Manual (DSM-IV). Desse modo, a categoria de Transtornos Globais do Desenvolvimento passa a incluir os seguintes diagnósticos: Transtorno autista, Síndrome de Asperger e Transtorno global do desenvolvimento sem outra especificação (TGD-SOE) (DE PAIVA, 2020).

O diagnóstico TEA utilizando os critérios propostos pelo *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (DSM – IV – TR), avalia que para a criança se encaixar dentro do espectro, se faz necessário que seja identificado pelo menos seis dos doze sintomas, Quadro 2.

Quadro 2: Sintomas do Transtorno do Espectro Autista.

| |
|--|
| 1. Comprometimento qualitativo da interação social |
| 1.1 Comprometimento acentuado no uso de múltiplos comportamentos não verbais, tais como: contato visual direto, expressão fácil, posturas corporais e gestos para regular a interação social ; |
| 1.2 Fracasso em desenvolver relacionamentos com seus pares, apropriados ao nível de desenvolvimento; |
| 1.3 Ausência de tentativas espontâneas de compartilhar prazer, interesses ou realizações com outras pessoas (exemplos: não mostrar, trazer ou apontar objetos de interesse); |
| 1.4 Ausência de reciprocidade social ou emocional. |
| 2 Comprometimento qualitativo na comunicação |
| 2.1 Atraso ou ausência total no desenvolvimento da linguagem falada (não acompanhado por uma tentativa de compensar por meios alternativos, tais como: gestos e mímicas; |
| 2.2 Em indivíduos com fala adequada, acentuado comprometimento da capacidade de iniciar ou manter uma conversa; |
| 2.3 Uso estereotipado e repetitivo da linguagem ou linguagem idiossincrática; |

| |
|---|
| 2.4 Ausência de jogos ou brincadeiras de imitação social variados e espontâneos próprios do nível de desenvolvimento da sua faixa etária. |
| 3 Interesse Restrito Repetitivo |
| 3.1 Preocupação insistente com um ou mais padrões estereotipados e restritos de interesse em intensidade ou foco; |
| 3.2 Adesão aparentemente inflexível a rotinas ou rituais específicos e não funcionais; |
| 3.3 Maneirismos motores estereotipados e repetitivos (exemplo: agitar ou torcer as mãos e dedos ou movimentos complexos de todo corpo); |
| 3.4 Preocupação persistente com partes de objetos. |

Fonte: Adaptada da autora, 2021.

Ao contrário do que se pensa, as pessoas que possuem o transtorno do autismo podem melhorar a relação social ao passo que vão crescendo, entretanto, essas continuam com dificuldades em manter relações afetivas e amigáveis. Mesmo aqueles que demonstram um bom desenvolvimento na linguagem, possuem dificuldades no tocante a interpretação social, podendo não compreender gentilezas, ironias, demonstrações de afeto ou até expressões faciais (GADIA, TUCHMAN & ROTTA, 2004).

As pessoas com essas variações genéticas são mais sensíveis ao meio ambiente, onde a autora compara as crianças com variações genéticas significativas a “crianças orquídeas” que florescem ou murcham conforme o ambiente, onde estão se desenvolvendo (GRANDIN, 2018).

2.4.1 Disfunções Sensoriais e Autismo

As pessoas que estão dentro do espectro autista, em sua grande maioria, possuem dificuldades no processamento e ordenamento das informações coletadas e percebidas dentro do ambiente, seja pela inexistência de sensibilidade para alguns estímulos ou pela sobrecarga sensorial deles (HEBERT, 2003).

Os sentidos vitais do corpo humano e as suas funções não são capazes de colocar todo indivíduo em um grupo homogêneo, muito menos quando se há inúmeras maneiras de percepção e compreensão do espaço e do seu meio,

sendo esse fenômeno entendido como a Disfunção da Integração Sensorial (ANDRADE, 2012).

A integração sensorial é “o processo neurológico que organiza as sensações entre o corpo de um indivíduo e do ambiente, tornando o uso eficiente do corpo no ambiente” (SERRANO, 2016).

Os seres humanos recebem diariamente informações sensoriais (sensações) por sete sistemas diferentes: olfato, paladar, audição, visão, tato e os de menor popularidade, porém de importância crucial, proprioceptivo e vestibular. No processo de integração sensorial, os sistemas vestibular, proprioceptivo, tátil e visual possuem alta importância (MENDES, 2019).

O sistema vestibular, dentro do desenvolvimento das habilidades sensoriais, é um dos mais básicos. Trata-se de um sistema responsável por informar ao cérebro sobre movimento e posição da cabeça no espaço. A propriocepção informa sobre a posição das articulações do corpo, permitindo respostas de estabilidade articular, graduação de força, direção e ritmo do movimento. Já os sistemas táteis e visuais, mais conhecidos pelo senso comum, permitem discriminar informações do ambiente e produzir uma sequência de ações a partir disso (MENDES, 2019).

Tal déficit contribui significativamente para a dispraxia (dificuldades em ideação, sequenciamento, seguir instruções verbais e imitação). Por afetar diretamente o envolvimento ocupacional do indivíduo, o terapeuta ocupacional é o profissional que utiliza a abordagem de Integração Sensorial para avaliar e intervir sobre as dificuldades de processamento sensorial. Assim, o profissional utiliza da combinação específica de estímulos sensoriais integrados associados a demandas ocupacionais (envolvendo principalmente o brincar), a fim de favorecer sua adaptação ao ambiente (Figura 19), sua capacidade prática e a organização de seu comportamento frente a um ambiente rico em sensações (MENDES, 2019).

Figura 19: Equipamentos específicos para tratamento de autismo com Integração Sensorial.



Fonte: Clínica Ludens, 2019.

Estima-se que 40 a 90% das crianças com TEA possuem disfunção da Integração Sensorial e estas têm grande impacto na vida destes indivíduos e suas famílias. Essas dificuldades e disfunções sensoriais comuns no TEA podem ser as relacionadas a reatividade sensorial (também chamado de modulação sensorial), assim como as associadas a discriminação somatossensorial associadas a pobre processamento vestibular (ROLAY, 2015).

Muito tem-se pesquisado na área da pedagogia e educação, assim como na psicologia infantil, sobre novos métodos de ensino que se utilizam de bases psicopedagógicas e sensoriais, porém, a educação de forma geral, principalmente a educação pública e que abrange a maior parte da população, segue no mesmo formato há décadas (PETRY, 2020).

Além disso, estudos apontam que as pessoas dentro do espectro do autismo aprendem predominantemente através das conexões visuais, sendo as conexões apenas a partir da escuta, insuficiente para uma ampla aprendizagem e aplicação da informação de modo funcional. Por isso, muitos métodos (Figura 20) foram criados a exemplo do PEC's (*Picture Exchange Communication System*), principalmente para o melhor ensino e aprendizagem das pessoas não-verbais (SILVA, 2011).

Figura 20: Métodos de ensino para uma melhor aprendizagem das crianças com autismo.



Fontes: Austimo em dia e Amazon, 2020.

Porém, apesar do esforço e a preparação de um educador, de nada vale prepará-lo para a inclusão se a escola não possuir as ferramentas adequadas para essa mediação e aprendizagem, e nisso também consiste os produtos e equipamentos pedagógicos (MONTESSORI, 2017). A real reforma da educação requer que a escola permita o livre desenvolvimento da atividade da criança, para que nela possa surgir a pedagogia científica de fato. Com isso, o conceito de liberdade pedagógica deve relacionar-se à universalização (PETRY, 2020).

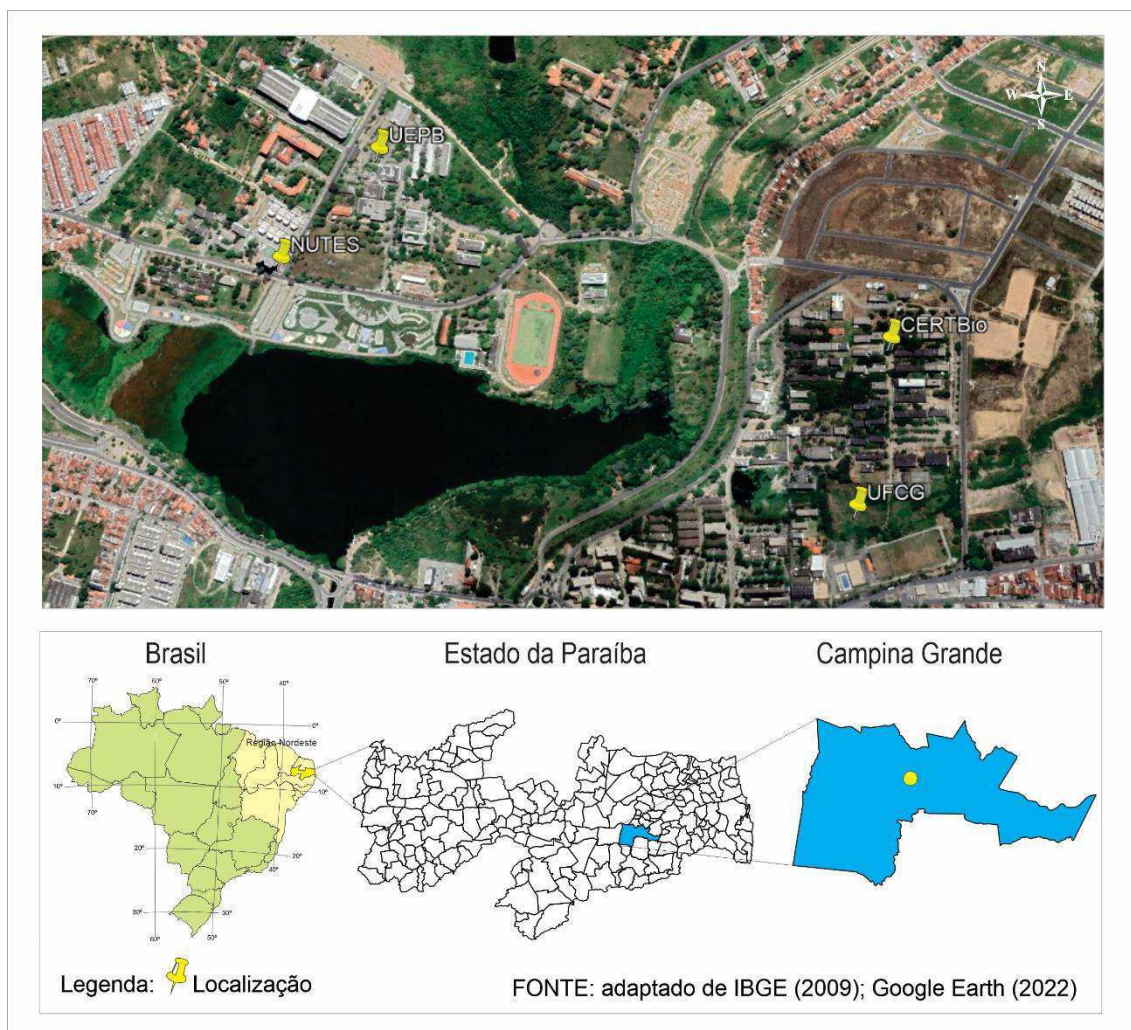
O desenvolvimento dos sentidos antecede o das atividades intelectuais, estando a criança dos 3 aos 6 anos de idade em um período de formação e com maior capacidade para o desenvolvimento dos sentidos por meio da graduação e adaptação dos estímulos (MONTESSORI, 2018).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Localização da Pesquisa

A presente pesquisa foi realizada na Cidade de Campina Grande-PB, sendo um dos principais locais da pesquisa o Laboratório de Tecnologias 3D - LT3D – NUTES, que vem se debruçando na pesquisa e desenvolvimento de aplicações da Manufatura Aditiva nas diversas áreas de saúde em parceria com instituições nacionais e internacionais. Outro local que a pesquisa se realiza é o CERTBIO - Laboratório de Avaliação e Desenvolvimento de Biomateriais do Nordeste localizado na Universidade Federal de Campina Grande (Figura 21),

Figura 21:Locais da pesquisa.



Fonte: Autora, 2022.

A matéria-prima da pesquisa foi adquirida do LT3D – NUTES, pois o mesmo vem sendo bastante representativo no combate a Covid-19 no Estado da Paraíba, tendo este sido referência em âmbito Nacional. O NUTES junto a empresa local DURAPLAST já fabricaram mais de 55 mil protetores faciais destinados à proteção de pessoas e órgãos que atuam como atividades essenciais e combate ao coronavírus. Desses 55 mil protetores, 2 mil foram confeccionados por impressão 3D e os outros 53 mil por injeção.

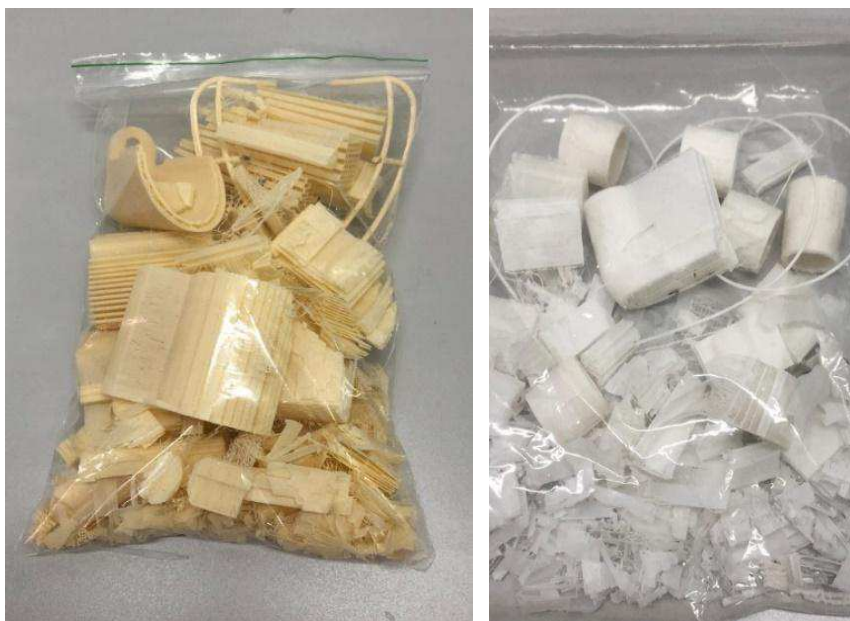
Além dos protetores faciais, estão sendo confeccionados tubos para confecção de máscaras de adaptação, tubos para circuitos fechados para máscaras para uso em UTI (Unidade de Tratamento Intensivo), protetores auriculares, além das máscaras N95.

Devido a esse grande fluxo de produção, existe também uma quantidade considerável de insumos e rejeitos sendo produzidos, portanto, a primeira fase do projeto baseia-se na observação de todo o procedimento adotado no laboratório, o funcionamento dos processos realizados, bem como o recolhimento dos resíduos gerados na elaboração dos dispositivos de uso em saúde. Já os ensaios mecânicos foram realizados no CERTBIO.

3.2 Materiais utilizados

Os principais resíduos da impressora 3D do Labtec-3D NUTES são de PLA, que por sua vez foram retirados e guardados em sacos plásticos e lacrados para evitar contaminação (Figura 22).

Figura 22: Rejeitos de materiais de suporte do Labtec 3D – NUTES.



Fonte: Martins, 2020.

3.3 Amostras de PLA

A norma ASTM D638 indica que para cada série de testes deve reportar a média aritmética dos valores obtidos, junto ao desvio padrão, sendo essas duas

informações necessárias para descrever uma propriedade desejada obtida pelos ensaios (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2017).

Como a confecção das amostras de PLA foram feitas em diferentes temperaturas (100°C, 120°C e 140°C) e tempos (20min, 30min e 40min), a fim de compreender seu comportamento mecânico e saber qual traria melhor resposta para projeto em questão, ao todo foram confeccionadas 21 amostras para os testes mecânicos. As temperaturas e os tempos foram escolhidos a partir de testes realizados nas amostras previamente.

3.3.1 Trituração do material

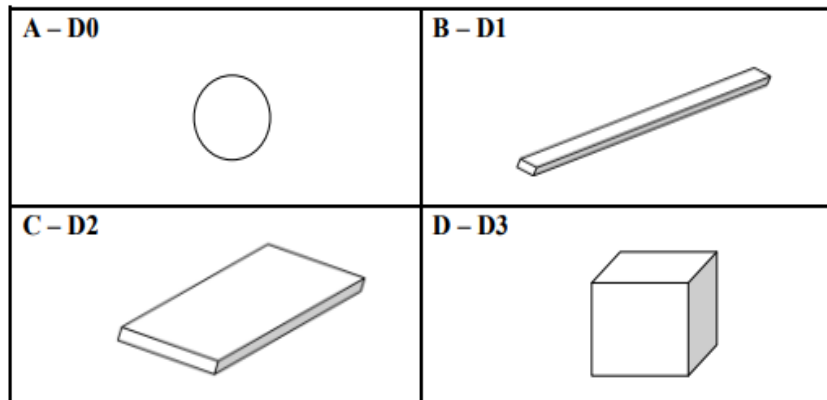
Segundo a COMLURB (2009), a caracterização dos resíduos sólidos apresenta-se como uma ferramenta essencial para definir a destinação dos mesmos. Estudos de caracterização de resíduos também são utilizados para auxiliar no planejamento e no desenvolvimento, e para o dimensionamento de decisões para uma gestão integrada de resíduos sólidos (CIWMB, 2004).

Segundo a norma DGGT (1994), a caracterização morfológica tem o intuito de classificar os resíduos quanto à sua forma e medida no tocante às características relevantes para a mecânica dos resíduos. Sabendo que a forma do resíduo é uma avaliação importante e desejando-se a comparação dos materiais e seus comportamentos mecânicos, fez-se pertinente que eles fossem triturados numa mesma dimensão, obedecendo dimensões de 0 – grãos (sem comprimento lateral, com partículas ≤ 8 mm).

Seguindo a norma DGGT (1994), cada grupo de material deve ser submetido a uma dimensão geométrica considerando-se os seguintes parâmetros (Figura 23):

- a) Dimensão 0: Grãos (sem comprimento lateral, com partículas ≤ 8 mm);
- b) Dimensão 1: Fibras (um lado comprido, comparado aos outros lados);
- c) Dimensão 2: Folhas, objetos planos (dois lados compridos em relação ao terceiro lado);
- d) Dimensão 3: Volumes/Caixas (3 lados compridos).

Figura 23: A- Dimensão 0. B- Dimensão 1. C- Dimensão 2. D- Dimensão 3.



Fonte: modificado de BORGATTO, 2006.

A reciclagem mecânica de materiais poliméricos, consiste na passagem dos resíduos através dos processos básicos de reciclagem, cujo principais processos são separação, moagem, lavagem, secagem, extrusão e injeção (MANO et al., 2005), resultando em matéria prima para confecção de novos produtos.

Sabendo que a forma do resíduo é uma avaliação importante e desejando-se a comparação dos materiais e seus comportamentos mecânicos, fez-se pertinente que eles fossem triturados numa mesma dimensão, no caso do projeto, obedecendo às dimensões de 0 - grãos (Figura 24).

Figura 24: *Pellets*, grãos plásticos produzidos ao final da etapa de extrusão.



Fonte: Alibaba e Creedo 3D.

Para essa trituração foi utilizado o ultraprocessador Nutri NINJA Auto IQ, com potência de 1.000 Watts (Figura 25). Essa trituração foi realizada várias vezes para garantir que as partículas com a granulometria desejada de <8mm, na dimensão de grãos, e que a peça a ser moldada pudesse manter um padrão de uniformidade durante o processo de derretimento e secagem.

Figura 25:Processador Ninja.



Fonte: New Egg, 2017.

3.3.2 Confeção dos moldes

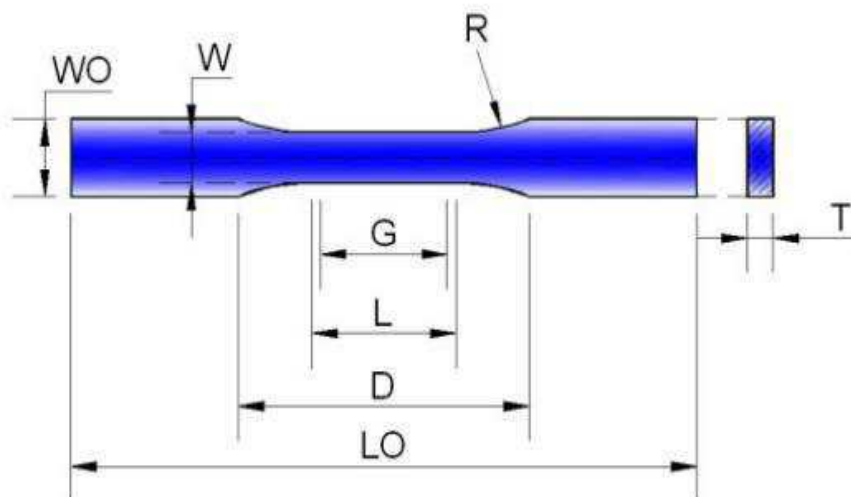
Para confeccionar os corpos de prova utilizados nesta pesquisa, foi preciso aplicar a norma da ASTM D638-10, sendo esta usada para materiais de qualquer espessura (até 14 mm), podendo haver cinco tipos de variações (Tabela 1 e Figura 26). O tipo 1 sendo utilizado no projeto em questão, onde segundo a norma, deve ser usado quando o material tiver espessura igual ou inferior a 7 mm (PELEGRINO, 2019).

Tabela 1: Dimensões dos corpos de prova.

| Dimensões (mm) | Esp. <= 7mm | | Esp. 7 a 14 mm | Esp <= 4mm | |
|-------------------------------------|-------------|--------|----------------|------------|--------|
| | Tipo 1 | Tipo 2 | Tipo 3 | Tipo 4 | Tipo 5 |
| W – Largura da seção delgada | 13 | 6 | 19 | 6 | 3,18 |
| L – Comprimento da seção delgada | 57 | 57 | 57 | 33 | 9,53 |
| WO – Largura total | 19 | 19 | 29 | 19 | 9,53 |
| LO – Comprimento total | 165 | 183 | 246 | 115 | 63,5 |
| G – Comprimento para instrumentação | 50 | 50 | 50 | 25 | 7,62 |
| D – Distância entre garras | 115 | 135 | 115 | 65 | 25,4 |
| R – Raio | 76 | 76 | 76 | 14 | 12,7 |

Fonte: ASTM D638-10

Figura 26: Ilustração das dimensões e formato dos corpos de prova.



Fonte: ASTM D638-10

Para moldá-los no formato ideal, o material foi submetido ao aquecimento utilizando um forno de bancada Britânia 36L (Figura 27a). Já para a realização dos acabamentos finais da peça, foi utilizada a retificadora Dremel 3000 para desbaste das irregularidades (Figura 27b).

Figura 27a e 27b: Equipamentos utilizados para execução das amostras.



Fontes: Britânia; Mlstatic, 2022.

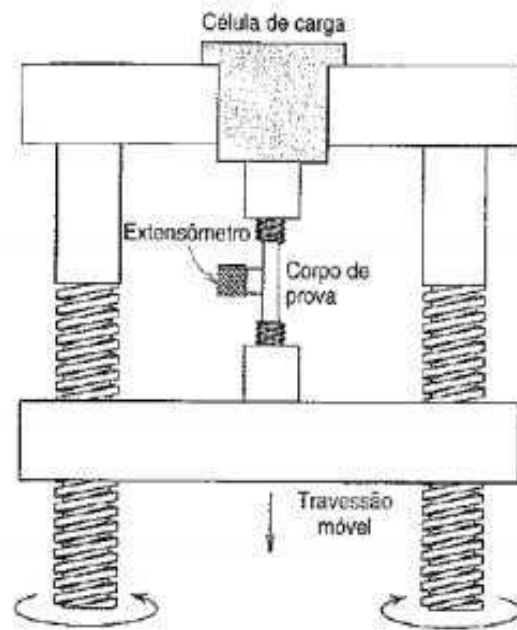
3.4 Caracterização dos Materiais

3.4.1 Ensaio mecânico

Um ensaio de tração pode determinar, dentre outras coisas, o módulo de elasticidade e o limite de resistência do material. Os polímeros apresentam três diferentes configurações da curva tensão-deformação, onde esses comportamentos dizem muito sobre as propriedades dos materiais a serem analisados (CALLISTER, 2000).

Efetuar ensaios de resistência à tração requer uma série de preparativos. As normas de ensaio de tração recomendam o uso de corpos de prova padronizados que devem ser utilizados na máquina de ensaios. O corpo de prova é fixado na máquina, que deve aplicar tensão sobre o material de forma lenta e gradual (Figura 28).

Figura 28: Máquina para ensaio de tração.



Fonte: Callister, 2000.

Conforme recomendam as normas ASTM, os 21 corpos de prova moldados foram mantidos em ambiente climatizado a 23°C e umidade de 50% por 24 horas antes dos ensaios. Os ensaios mecânicos foram realizados no CERTBIO (UFCG), na cidade de Campina Grande- PB, no equipamento Universal INSTRON 4400R, com garras pneumáticas e frequência de aquisição de dados de 10 Hz, a uma velocidade de 5mm/min de acordo com a ASTM D638, que determina a velocidade do ensaio para o layout do copo de prova utilizado (OLIVEIRA, 2016).

A célula de carga utilizada no ensaio de tração foi de 10kN, conforme recomendação para materiais poliméricos que necessitam de baixa carga. Foram obtidos os seguintes resultados: tensão na ruptura, limite de resistência à tração, deformação na ruptura e carga máxima suportada.

3.4.2 Delineamento experimental

O delineamento inteiramente casualizados (DIC), com sete tratamentos, sendo realizado as seguintes combinações de temperaturas e tempos: 100°C 20min; 100°C 30min; 100°C 40min; 120°C 20min; 120°C 30min; 120°C 40min e

140°C 20min. Cada tratamento com cinco repetições cada para os ensaios mecânicos, totalizando 35 unidades experimentais. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância através do software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2019), utilizando o teste de Scott-Knott.

3.5 Metodologia de Design para Desenvolvimento do Produto

Diante de todo o exposto viu-se a oportunidade de idealizar um produto utilizando os princípios do Design Universal e *Design Thinking* em sua metodologia, a fim de torná-lo acessível aos pais, educadores e terapeutas que por sua vez contribuem com o desenvolvimento de crianças dentro do espectro autista, considerando as limitações do novo cenário em detrimento da COVID-19.

Além dessa abordagem para o desenvolvimento do produto educativo com foco na tecnologia assistiva, percebeu-se o *Design Thinking* como uma metodologia pertinente, visto que é um método cíclico e que permite regressar às etapas que não foram bem resolvidas, de modo a solucioná-las e seguir adiante.

Seu método é menos rígido do que os que exigem um olhar linear, onde é preciso resolver uma etapa para seguir adiante. Sua abordagem é constituída a partir do entendimento da necessidade do outro, da geração rápida de ideias e da criação e avaliação de protótipos para os próximos passos de criação de um produto e verificação do mesmo (IDEO, 2009, D.SCHOOL, 2011).

3.5.1 Etapas Metodológicas do Design

As etapas metodológicas que tangem o *Design Thinking* são: a) inspiração; b) ideação e c) implementação, onde dentro de cada etapa outras etapas se associam (Figura 29).

Figura 29: Metodologia Design Thinking.



Fonte: Adaptada Brown, 2008.

Segundo Vianna et al. (2012), a **inspiração** é onde o problema que envolve o projeto será observado de perto, principalmente, a relação do produto com o usuário final. Nesse momento muitos *insights* devem ser anotados e entendidos como oportunidades pelos membros do projeto. Deve-se assumir uma postura empática, ou seja, colocar-se no lugar do público-alvo em questão, além de uma observação aprofundada do mesmo, para se ter a ótica do cliente em questão (VIANNA, 2012)

Portanto, é quando ocorre uma imersão preliminar, tendo como finalidade definir o escopo do projeto e suas fronteiras, além de identificar os perfis de usuários e outros atores-chave que deverão ser abordados. Nesta fase, é possível também levantar as áreas de interesse a serem exploradas de forma a fornecer insumos para a elaboração dos temas que serão investigados com mais profundidade (SANTOS, 2017).

Segundo Brown (2010), na etapa de **ideação** é primordial a seleção e classificação das melhores ideias com o intuito de torná-las tangíveis, evoluindo da geração de conceito à prototipagem. Para Vianna et al. (2012) nesta fase, explora-se as possibilidades de modo a otimizar o conceito através da aplicação de técnicas de co-criação aprimoradas e trabalhadas em conjunto com os utilizadores.

3.5.1.1 Inspiração

A pesquisa *desk* é uma ferramenta do *Design Thinking* utilizada por muitas empresas e indivíduos e consiste na realização de um levantamento de material já publicado em relação ao público alvo e ao produto a ser pesquisado (BROWN; 2009). Para esse projeto foram utilizados como referência, os artigos científicos e pesquisas onde conseguiu-se traçar um perfil e obter-se respostas relevantes sobre as características mais comuns de crianças de 3 a 5 anos que se encontram dentro do Transtorno do Espectro Autista, de modo a perceber suas dificuldades e lacunas.

Além disso, observou esses produtos considerando os sete aspectos do Design Universal, a fim de compreender de maneira mais específica às suas reais necessidades do público.

3.5.1.2 Ideação

A partir das informações coletadas sobre o público alvo foi idealizado um produto, através de esboços e desenhos, utilizando a técnica de criatividade intitulada *brainstorming*. Depois são produzidos os protótipos para testes de verificação da adequação do mesmo à proposta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Amostras de PLA

4.1.1 Trituração do material

Como para o projeto há uma necessidade de conformação do material e para o objetivo final, um material educativo, a moldagem por aquecimento se apresentou mais adequada e viável tecnicamente pelos estudos preliminares, a trituração dos resíduos se deu através de um ultraprocessador Nutri NINJA Auto IQ, com potência de 1.000 Watts (Figura 30).

Figura 30:Processador Ninja e PLA processado.



Fonte: Autora, 2021.

A trituração foi realizada diversas vezes para garantir que as partículas atingiriam a dimensão de grãos de $< 7\text{mm}$, de modo que a peça a ser moldada pudesse manter um padrão de uniformidade durante o processo de derretimento e secagem.

O tamanho dos *pellets* tem efeito direto sobre a área superficial. É, portanto, necessário o uso de partículas com distribuição uniforme de tamanho para a obtenção de um produto final de desempenho uniforme (SANTOS, 2006). Uma distribuição uniforme de tamanho facilita a mistura de *pellets* quando há a necessidade de mistura de diferentes lotes ou de diferentes composições para o enchimento de cápsulas ou a produção de comprimidos de *pellets*.

Sendo assim, é fundamental assegurar o mínimo de variação da espessura para um lote de *pellets* uma vez que o tamanho da unidade tem relação direta com a área superficial que influencia a quantidade de material de revestimento necessária para a cobertura completa (H.-Y. KANG, J.M. SCHOENUNG, 2005).

Existem três objetivos principais para redução de tamanho. Primeiro é a geração de partículas que podem ser mais facilmente manipuladas do que peças volumosas. Em segundo lugar é a geração de partículas de tamanho e formato uniformes que podem ser separadas efetivamente em processos de fluxo. O terceiro propósito é a liberação de materiais diferentes uns dos outros.

Trituradoras de corte são geralmente usadas para realizar redução de tamanho grosseiro e liberação (H.-Y. KANG, J.M. SCHOENUNG, 2005).

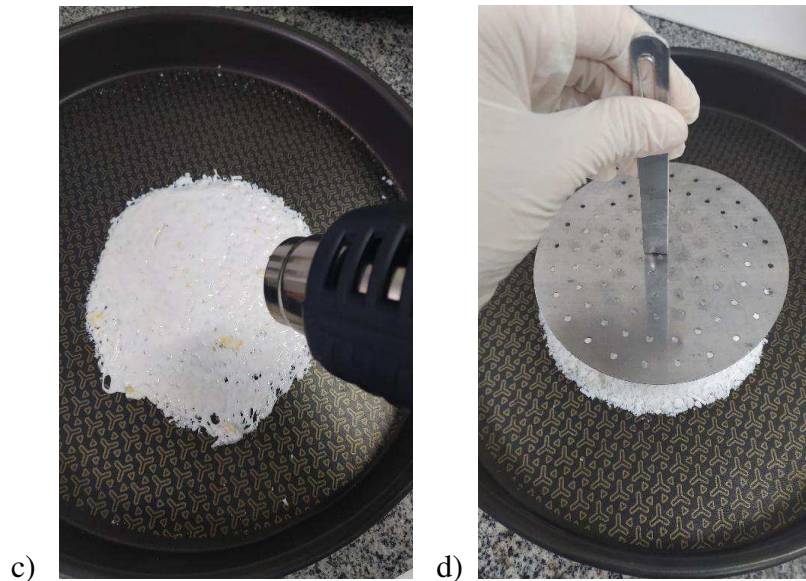
4.1.2 Testes para amostras de PLA

Para a preparação das amostras, primeiro fez-se pertinente uma série de testes para se perceber qual o método mais adequado para se obter amostras condizentes à norma ASTM D638, sem comprometer a característica de textura que se desejava obter.

Para os primeiros testes foram realizadas as seguintes etapas experimentais: a) trituração do PLA; b) pesagem do PLA triturado em balança; c) aquecimento do material utilizando soprador; d) prensagem do material utilizando uma ferramenta de cozinha de metal com orifícios circulares de 14 cm de diâmetro (Figura 31).

Figura 31: Processo de preparação das amostras para caracterização.





Fonte: Autora, 2021.

Percebeu-se de imediato, através dos testes experimentais que o material respondeu de maneira satisfatória a moldagem por prensagem, entretanto, para uma preparação de amostras mais condizentes e adequadas a execução do projeto, e que pudessem fornecer respostas e discussões mais ricas, executou um molde com material que proporcionou melhor acabamento às amostras e que permitiu que as mesmas fossem mais padronizadas.

Para tanto, foi utilizada a sobra de P.U (poliuretano) do Labtec 3D – NUTES, que foi desenhado utilizando o software CAD, de modo que os orifícios para a criação da textura no material, fossem espalhados pela amostra de maneira uniforme (figura 32) e foram realizadas etapas experimentais semelhantes às anteriores, com algumas ressalvas.

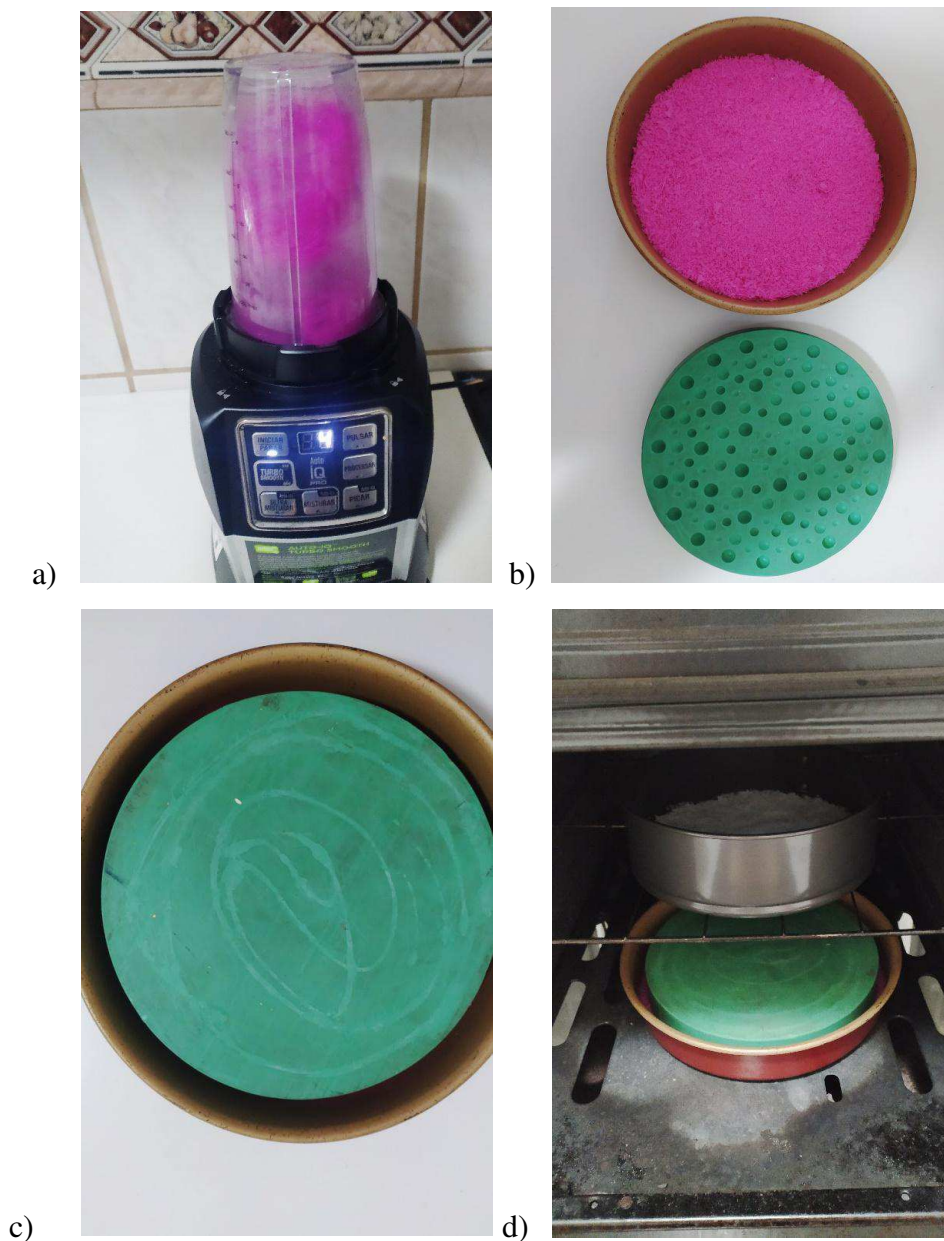
Figura 32: Molde de Poliuretano para criação de amostras mais uniformes.



Fonte: Autora, 2021.

As etapas foram: a) trituração do PLA; b) colocação do PLA triturado na assadeira antiaderente com vaselina; c) prensagem do PLA utilizando um molde de P.U de 24cm de diâmetro com os orifícios virados para baixo; d) produto com molde, leva ao forno a uma temperatura de 150°C (Figura 33). A temperatura utilizada para esse teste serviu de parâmetro para a escolha das variáveis de temperaturas utilizadas nas amostras finais.

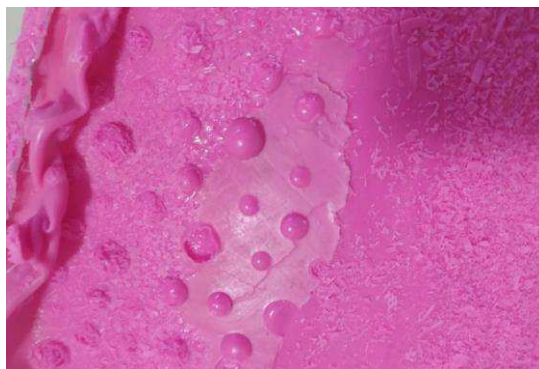
Figura 33: Molde de Poliuretano para criação de amostras mais uniformes.



Fonte: Autora, 2021.

Notou-se, entretanto, que o material não derreteu e conformou-se na superfície que deveria ser texturizada, como o esperado. Verifica-se através da imagem (Figura 34), que o material não se encontra apto a ser submetido a um novo uso da maneira que se encontra, principalmente tendo o público infantil como usuário.

Figura 34:Resultado da amostra preparada com molde de poliuretano.



Fonte: Autora, 2021.

Concomitantemente, percebeu-se que a melhor alternativa para a execução de uma amostra com uma das superfícies com texturização, seria através de uma assadeira de aço com fundo removível que já tivesse textura na superfície do fundo (Figura 35). Foi encontrada uma assadeira com essas características com diâmetro de 22cm, que foi colocada no forno juntamente com a amostra de molde poliuretano, de modo a compará-las.

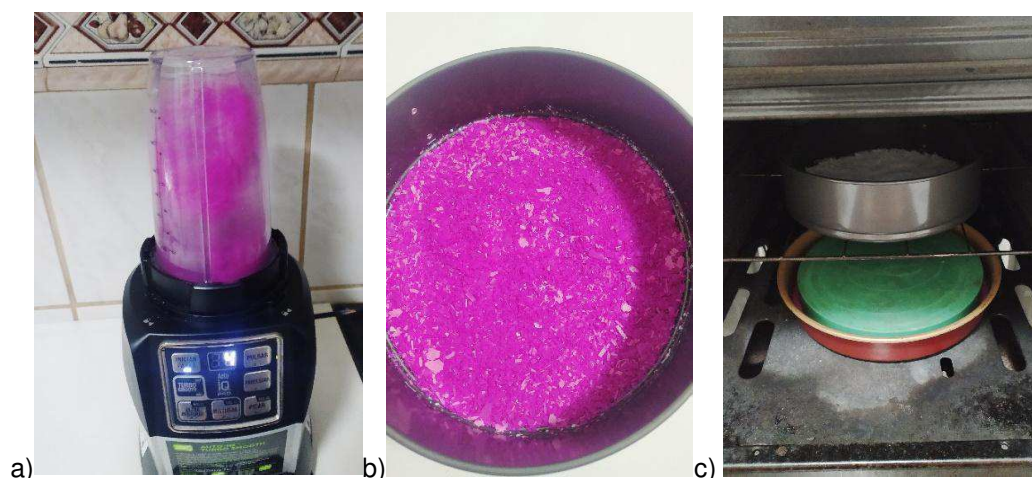
Figura 35:Assadeira Zein de 22cm de diâmetro com fundo removível e texturizado.



Fonte: Amazon,2021.

As etapas para realização dessas amostras foram: a) trituração do PLA; b) colocação do PLA triturado na assadeira antiaderente com vaselina; d) forno a uma temperatura de 150°C (Figura 36).

Figura 36:Preparação das amostras para caracterização com assadeira de fundo removível.



Fonte: Autora, 2021.

Com esse método de preparação das amostras foi obtido um resultado condizente com o esperado, com um dos lados da superfície plana e a outra com texturização e uniforme. Como percebeu-se que o fundo da assadeira removível possui os dois lados texturizados, decidiu-se por realizar as amostras utilizando ambos os lados, de modo a identificar qual deles resultaria em melhores resultados para o objetivo do projeto.

Através das imagens (Figura 37), verifica-se que ambas obtiveram texturas compatíveis com o objetivo inicial, entretanto a amostra a) tornou-se mais viável e executável no desmolde, além de tornar-se mais passível e acessível ao uso, devido a hipersensibilidade da maioria do público alvo.

Figura 37:Resultado da amostra preparada com assadeira de fundo removível e texturizada.



Fonte: Autora, 2021.

A única ressalva para esse tipo de amostra foi a necessidade de dar o acabamento nas laterais da peça, através de desbaste por método de usinagem.

4.1.3 Confeção dos moldes

Testados as etapas metodológicas, processos e materiais para obtenção da amostra com a textura desejada, iniciou-se o processo de confecção dos moldes de alumínio de acordo com a norma ASTM D638-10, tipo 1, para obter as amostras no formato “gravatinha” (Figura 38a).

Figura 38a e 38b: Confeção dos moldes de alumínio de acordo com a norma ASTM D638-10 com as adaptações necessárias.



Fonte: Autora, 2021.

Entretanto, fez-se necessário realizar uma adaptação para preservar a execução das amostras com a textura idealizada para o material, de modo que foi retirado o fundo do molde, para que o PLA entrasse em contato com a textura da fôrma e se conformasse da maneira desejada (Figura 38b).

Para garantir que os moldes de alumínio fossem resistir às variações de temperatura (100°C, 120°C e 140°C), sendo essas as temperaturas que tiveram melhores resultados nos testes de conformação das amostras de PLA; foram realizados testes de verificação ao aquecimento, onde todos apresentaram a resistência necessária.

4.2 Caracterização dos Materiais

4.2.1 Ensaio Mecânico e Delineamento Experimental

A análise dos corpos de provas constituídos de resíduos de PLA submetido a diferentes temperaturas e tempo, foram realizadas com objetivo de verificar qual tratamento seria adequado para a produção das peças sensoriais com maior resistência mecânica.

Na Tabela 2, observa-se que houve efeito significativo estatisticamente a nível de 1% nas seguintes variáveis: Extensão em Resistência à tração (ET), Deformação em Resistência à tração (DT), Extensão de tração (EQ) e Tempo em Resistência à tração (T). Apenas a variável Carga máxima aplicada (CM) teve significância estatística a 5% e não houve efeito estatístico significativo para Tensão de resistência (TR) em relação aos tratamentos submetidos.

Tabela 2: Resumo da análise de variância para Carga máxima aplicada (CM) em N, Tensão de Resistência (TR) em MPA, Extensão de tração em Resistência à tração (ET) em mm, Deformação à tração em Resistência à tração (DT) em %, Extensão de tração em Quebra (EQ) em mm e Tempo em Resistência à tração (T) em segundos nos corpos de prova de resíduos de PLA submetidos em diferentes temperaturas e tempo.

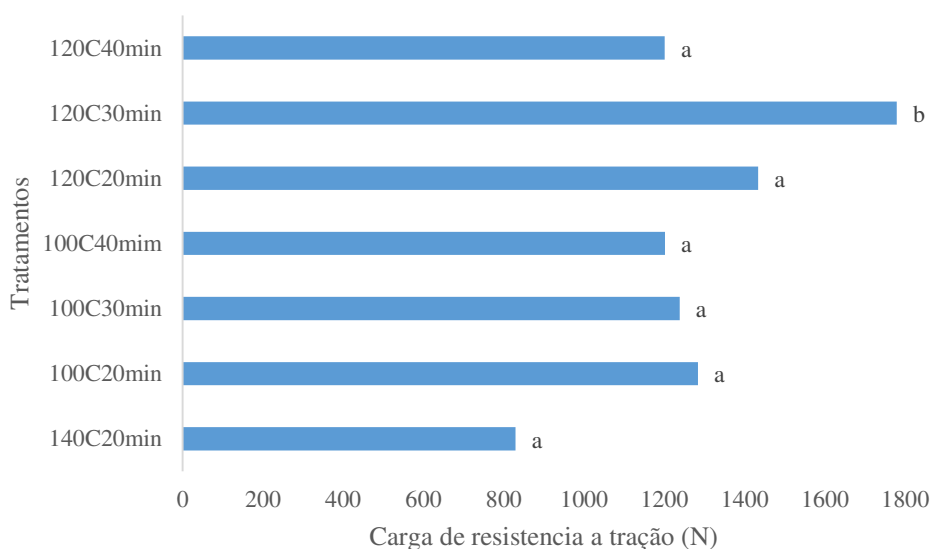
| Fonte de | Quadrado Médio | | | | | | |
|--------------------|----------------|-----------|---------------------|---------|--------|--------|---------|
| | GL | CM(N) | TR(MPA) | ET(mm) | DT(%) | EQ(mm) | Tempo |
| Tratamentos | 6 | 254033,0* | 65,63 ^{ns} | 0,252** | 0,59** | 0,26** | 36,34** |
| Resíduo | 14 | 64093,3 | 32,42 | 0,05 | 0,12 | 0,04 | 7,33 |
| CV(%) | | 19,72 | 16,80 | 12,28 | 12,28 | 10,83 | 12,28 |
| Média | | 1283,7 | 33,89 | 1,84 | 2,87 | 1,93 | 22,05 |

^{ns}: não significativo ($P > 0,05$); *: significativo ($P < 0,05$); C.V.: coeficiente de variação.

Na Figura 40, observa-se que o tratamento aplicando temperatura de **120°C** em **30 minutos** teve maior carga de resistência a tração, com valor superior a 1,7 KN de força, sendo este tratamento que suportou uma força elevada, quando comparado aos demais corpos de provas analisados. Ao aumentar a temperatura a 140°C e com tempo de 20 minutos, constata-se que

houve uma redução na carga máxima aplicada em 53,37%, ao comparar com os resultados obtidos no tratamento com 120°C em 30 minutos.

Figura 40: Carga de resistência a tração aplicada nos corpos de prova de resíduos de PLA.



Nota: letras diferentes significa que diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott-Knott.
Fonte: Autores, 2022

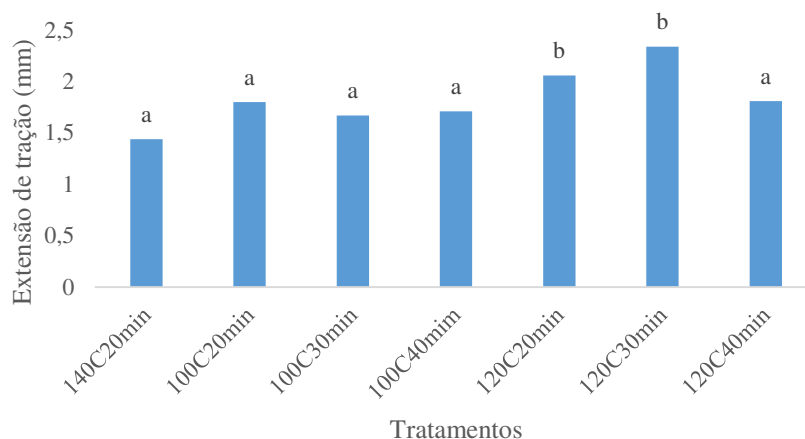
De acordo com Croucillo et al. (2018), o PLA é indicado para produzir protótipos como próteses, porém não se recomenda aplicar elevadas temperaturas, podendo ocasionar desgaste do material, o que justifica o fato de aumentar a temperatura afetar as propriedades mecânicas e assim ter menor resistência. Na pesquisa realizada por Alves et al. (2021), analisando tipos de preenchimento no momento da impressão dos corpos de prova de PLA, constataram que a força de ruptura mais elevada foi de 1,49 KN, com deformação de ruptura de 2,95 mm.

Ao analisar as propriedades mecânicas de peças fabricadas em PLA impressas em 3D constituída de 5 camadas e preenchimento padrão de 70%, Medeiros et al. (2020) obtiveram uma força máxima de 2,4 KN e uma deformação máxima de 5,75 mm, resultados superiores ao obtido nessa pesquisa.

Entretanto, 1KN equivale a 100kgf (quilograma-força), sendo assim 1,7KN, encontrados como resposta nas amostras equivalem a 170kgf, ou seja, condizente com a resistência que a suficiente de um brinquedo infantil necessita.

Em relação a variável extensão de tração, Figura 41, os tratamentos submetidos a temperatura de 120°C e com tempo de 20 e 30 minutos, com valores de 2,06 e 2,34 mm, respectivamente, tiveram maiores médias de extensão a tração, ou seja, esses são os valores que suportaram a carga exercida.

Figura 41: Extensão em resistência a tração dos corpos de prova de resíduos de PLA submetidos em diferentes temperaturas e tempo.



Nota: letras diferentes significa que diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott-Knott.
Fonte: Autores, 2022

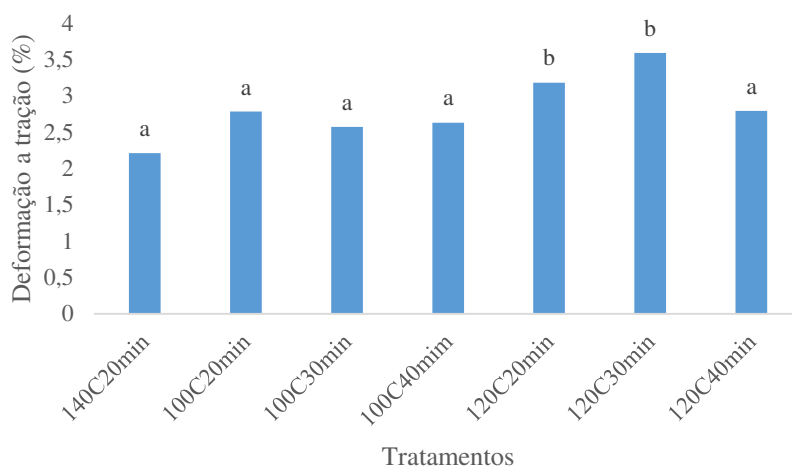
A variabilidade de temperatura pode interferir na fragilidade dos plásticos, como relatam Callister (2013), o que corrobora com os resultados desse estudo em diferentes temperaturas e tempo, observa-se que houve alteração nas características mecânicas observadas, porém em pesquisa realizada por Branco et al. (2021) ao avaliarem a performance do material Poliacido Lático (PLA) constataram que a diferença de 15°C na temperatura não afetou nas características mecânicas das amostras estudadas.

Em relação a Deformação a tração, nota-se na figura 42, que submeter os corpos de provas de PLA a uma temperatura de 120° C e tempo de 20 e 30 minutos, resultaram em maiores médias. Ao reduzir a temperatura para 100° C e aplicando a mesma temperatura observa-se que houve diminuição da deformação a tração em 22,5% e 28,4%, respectivamente.

Segundo Croucillo et al. (2018) o PLA possui ponto de fusão variando de 190 a 220 ° C e deformação máxima de 4,43%. Assim observa-se que o

tratamento com 120°C e 30 minutos alcançou a deformação de 3,6%, próxima ao valor máximo de deformação característica deste material.

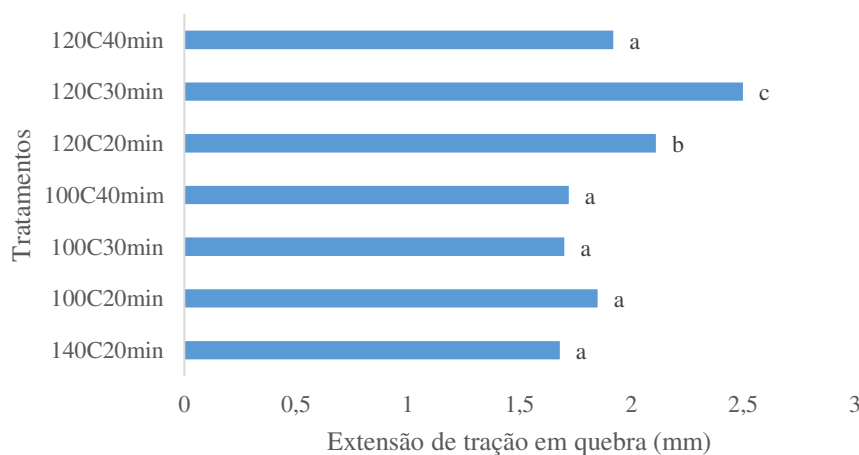
Figura 42: Deformação a tração dos corpos de prova de resíduos de PLA submetidos em diferentes temperaturas e tempo.



Nota: letras diferentes significa que diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott-Knott.
Fonte: Autores, 2022

No momento da ruptura a extensão de tração com maior média foi de 2,5 mm, nos tratamentos de 120°C e 30 minutos, Figura 43. Ao aumentar a temperatura para 140°C e no tempo de 20 minutos observa-se que há diminuição na extensão de tração em 0,82 mm.

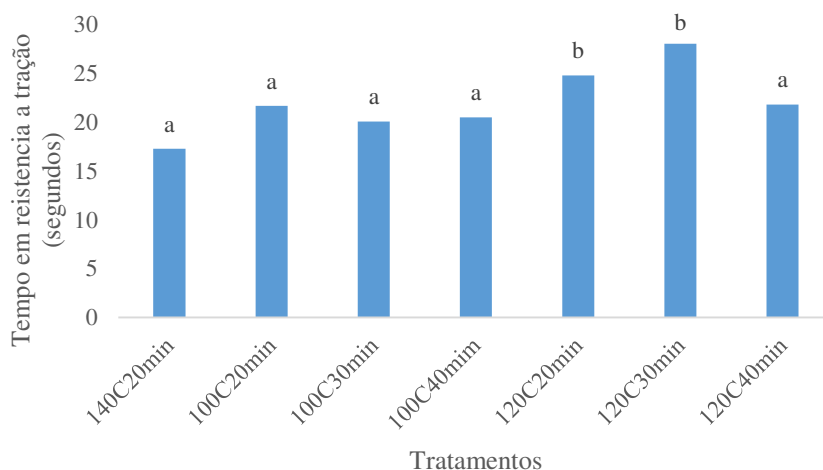
Figura 43: Extensão de tração nos corpos de prova de resíduos de PLA submetidos em diferentes temperaturas e tempo.



Nota: letras diferentes significa que diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott-Knott.
Fonte: Autores, 2022

Conforme vem ocorrendo com as demais variáveis analisadas no ensaio de tração constata-se na Figura 44, que o tratamento com 120°C e 30 minutos, teve maior tempo em resistência a tração, em cerca de 28 segundos, seguido do tratamento com 120°C e 20 minutos com 24,8 segundos.

Figura 44: Tempo em resistência a tração dos corpos de prova de resíduos de PLA submetidos em diferentes temperaturas e tempo.



Nota: letras diferentes significa que diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott-Knott.
Fonte: Autores, 2022

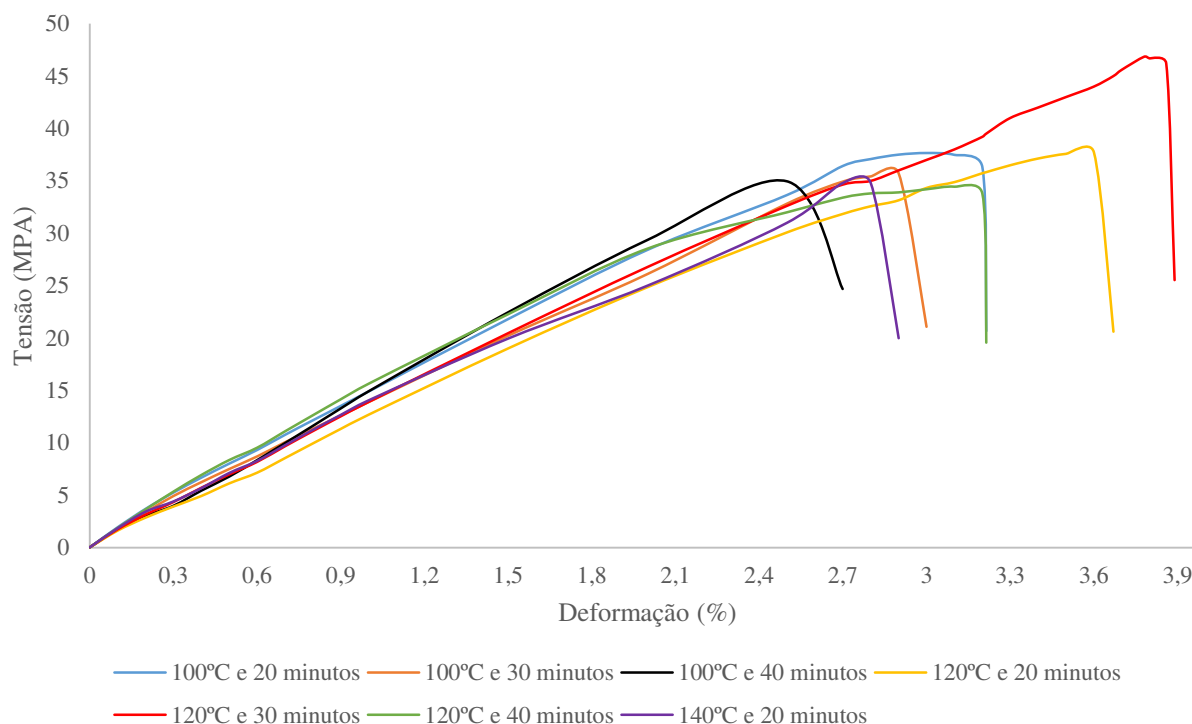
. Ao aplicar o tratamento com temperatura de 100°C e tempo de 20, 30 e 40 minutos, resultou em tempo de resistência a tração inferior a 21 segundos. O tratamento que em menor tempo resistiu a tração foi o submetido a 140°C e 20 minutos com duração de 17,3 segundos

Na Figura 45 observa-se que os resíduos de PLA submetidos a 100°C durante 40 minutos tiveram os menores índices de tensão, com valores inferiores a 35 MPa e deformação de 2,5%, assim mesmo em temperatura baixa e com maior tempo o material teve menor resistência, resultado semelhante quando submetido a 140°C e 20 minutos, a tensão máxima obtida foi de 34,8 MPa e deformação de 2,8%, dessa maneira ao aumentar a temperatura e reduzir o tempo, também afetou a resistência do material. Em alguns tratamentos ficou evidente a área de escoamento na curva de tensão-deformação.

Resultados inferiores de tensão, média de 28 MPa, foram obtidos em corpos de prova de PLA confeccionados em impressoras 3D com filamento horizontal em pesquisa realizada por Pelegrino et al. (2019).

A partir da curva tensão-deformação constata-se, Figura 45, que nos corpos de prova avaliados a tensão máxima é maior que a tensão de ruptura, ou seja, que o material que é constituído o corpo de prova, resíduos de PLA, vai primeiro deformar para em seguida ocorrer o rompimento. Resultado semelhante foi obtido por Medeiros et al. (2020) ao verificar as propriedades mecânicas de peças de PLA fabricadas em impressoras 3D.

Figura 45: Curvas de tensão-deformação dos corpos de prova de resíduos de PLA submetidos em diferentes temperaturas e tempo.



Fonte: Autores, 2022

Silva e Manfrinato (2019) ao analisarem diferentes proporções de PLA, perceberam que este material tem maior resistência a tração, devido a uniformidade de suas camadas, conferindo em um objeto com maior resistência mecânica.

Com isso conclui-se que os resíduos de PLA submetidos a 120°C e 30 minutos possuem maior resistência a tração, sendo estes indicados para a confecção de objetos e peças sensoriais.

Além disso, segundo dados da tabela de Pereira et.al (2014), onde ele compara valores médios de módulo de elasticidade (E), da resistência a tração

(τ) e do alongamento na força máxima (ϵ) do PLA puro e com a presença de aditivos, antes e após recozimento, tem-se para a resistência a tração (τ) do PLA puro a medida de 60MPa (megapascal) antes do recozimento e 57MPa após o recozimento (Figura 46).

Figura 46:Comparativo da resistência à tração do PLA puro e com presença de aditivos.

| | Antes do recozimento | | | Após recozimento | | |
|---------|----------------------|--------------|----------------|------------------|--------------|----------------|
| | E (MPa) | τ (MPa) | ϵ (%) | E (MPa) | τ (MPa) | ϵ (%) |
| PLA0000 | 1673 | 60 | 4 | 1227 | 57 | 3 |
| PLA0005 | 2589 | 65 | 4 | 2032 | 40 | 2 |
| PLA0015 | 2551 | 64 | 4 | 2105 | 41 | 2 |
| PLA2000 | 1440 | 54 | 4 | 1246 | 29 | 2 |
| PLA4000 | 2004 | 53 | 4 | 1646 | 50 | 3 |
| PLA2010 | 2464 | 55 | 3 | 1085 | 48 | 3 |
| PLA4005 | 2526 | 58 | 4 | 1111 | 47 | 3 |
| PLA4015 | 2445 | 55 | 4 | 902 | 43 | 3 |

Fonte: Pereira et.al, 2014

A resistência à tração das amostras que obtiveram o melhor resultado (120°C e 30 minutos) foi de 47MPa, após ser submetida a reciclagem e nova conformação do material, passando por processo de aquecimento. Quando comparadas às outras amostras de Pereira et.al. (2014), que também sofreram processo por aquecimento, percebe-se que as amostras de PLA recicladas estão acima da média padrão, que é de 44,3MPa. Esse resultado é significativo e demonstra a viabilidade do material para a funcionalidade proposta.

4.3 Design – Inspiração

4.3.1 Pesquisa Desk

As palavras mais encontradas em artigos científicos sobre autismo foram organizadas em um mapa nuvens, sendo as mencionadas em maior quantidade representada pelos tamanhos das fontes (Figura 47), visualiza-se as respostas mais obtidas durante a pesquisa *desk* sobre crianças de 3 a 5 anos com TEA.

Após esse processo foi realizado um mapa mental (Figura 48), relacionando-os e hierarquizando-os, sendo esse um recurso de Design bastante utilizado e que permite identificar as prioridades durante o processo de ideação.

Figura 47: Mapa nuvens da pesquisa desk de crianças entre 3 e 5 anos com TEA.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 48: Mapa mental da pesquisa desk de crianças entre 3 e 5 anos com TEA.



Fonte: Autora, 2022.

Observou-se, portanto, que as dificuldades majoritárias são bastante semelhantes nas crianças avaliadas nas pesquisas no que tange às questões de equilíbrio, força e coordenação motora; bem como dificuldades de organização espacial, corporal, reconhecimento de face, entendimento e tempo de resposta aos comandos enviados, além das dificuldades de ordem sensorial, como: barulho, sensibilidade ao cheiro, ao toque e às texturas, seletividade alimentar, atraso na fala, problemas de comunicação, socialização e necessidade de manifestação de movimentos repetitivos (estereotípias) para autorregulação.

Algumas questões como agressividade, comunicação não-verbal e dificuldade em lidar com frustrações, foram menos citadas, mas ainda assim constam no mapa mental, a critério de organização e visualização do público alvo de maneira mais abrangente.

Segundo Schwartzman e Araújo (2012), crianças com TEA não seguem padrões típicos do desenvolvimento motor humano, pois não compreendem as instruções que são passadas por questões específicas de suas características e disfunções neurológicas. Desse modo, as suas potencialidades devem ser abordadas através de estratégias diversificadas e menos complexas, possibilitando ao aluno o aprendizado em atividades de habilidades motoras, respeitando os aspectos espaciais e o tempo de ação do indivíduo (ALVES, 2014), que por sua vez, provocam mudanças significativas no desempenho do aluno (MAGILL, 2002).

Já as alterações sensoriais são características frequentes e que geralmente não são percebidas devido às dificuldades de comunicação desses pacientes. De acordo com os critérios do DSM-5, esse tipo de sintomatologia é constituído por um aumento ou redução da reatividade à entrada sensorial ou por um interesse incomum em aspectos sensoriais do ambiente (POSAR, 2018).

Pode haver vários tipos de alterações sensoriais na mesma pessoa durante a vida, ou até ao mesmo tempo, e por isso, Posar (2018) exemplifica comportamentos relacionados a alterações sensoriais em crianças com TEA (Quadro 3).

Quadro 3: Modalidades sensoriais e exemplos de comportamentos relacionados a alterações sensoriais.

| Modalidades Sensoriais | Exemplos de Comportamentos Relacionados a Alterações Sensoriais |
|-------------------------------|--|
| Visual | Alteração por fonte de luz; Encarar objetos que rodam; Reconhecimento de expressões faciais prejudicado; Evita contato visual; Recusa alimentos devido a sua cor |
| Auditiva | Surdez aparente; Intolerância a alguns sons; Emissão de sons repetitivos |
| Somatossensorial | Alta tolerância a dor; Aparente falta de sensibilidade ao calor e frio; Autoagressividade; Não gosta de contato físico (inclusive a alguns itens de vestuário); Atração por superfícies ásperas. |
| Olfativa | Cheirar coisas não comestíveis; Recusa determinados tipos de alimentos devido ao seu odor. |
| Paladar e Sensibilidade Bucal | Exploração bucal de objetos; Seletividade alimentar devido a recusa de alguma textura. |
| Vestibular | Movimento iterativo de balanço; Equilíbrio inadequado. |
| Proprioceptiva | Andar na ponta dos pés; Desajeitado. |

Fonte: Autora, 2022

Percebe-se com as pesquisas realizadas que as alterações sensoriais afetam diretamente nas atividades cotidianas e familiares, inclusive de comer, dormir, bem como rotinas de dormir; fora de casa ou de um ambiente familiar, essas alterações podem se intensificar e criar problemas de participação de eventos e momentos com a comunidade. Desse modo, as intervenções do autismo também devem incluir estratégias para minimizar tais problemas sensoriais para

que haja, de fato, a inclusão das pessoas com TEA dentro da sociedade e suas demandas sociais (SCHAAF, 2011).

A disfunção sensorial está provavelmente relacionada a uma modulação prejudicada que ocorre no sistema nervoso central, que regula as mensagens neurais com relação a estímulos sensoriais (MILLER, 2007). Há diferentes formas pelas quais as alterações sensoriais podem afetar negativamente a vida de indivíduos com TEA e suas famílias, inclusive a comunicação e as atividades sociais; o comportamento adaptativo; variedade de interesses (restritos, repetitivos); rotinas diárias e cognição, sendo o último hipoteticamente devido à quantidade reduzida de sinais que os indivíduos com TEA podem usar para entender e interagir com o ambiente (POSAR, 2018).

O ato de comer também pode ser afetado pelas alterações sensoriais, levando à conhecida seletividade alimentar, que pode, por sua vez, causar nutrição inadequada, bem como disfunções do sono, devido principalmente a um mecanismo hiperexcitação (SOUDERS, 2017).

No contexto de intervenções sensoriais, são bastante utilizadas as terapias de integração sensorial centradas na criança, que consiste em utilizar atividades lúdicas e de interações sensoriais aprimoradas para melhorar as respostas adaptativas às experiências sensoriais. Por meio de atividades motoras que ativam os sistemas vestibulares e somatossensoriais, essas intervenções visam a melhoria da capacidade de integrar informações sensoriais, levando as crianças a adotarem comportamentos mais organizados e adaptativos, inclusive atenção conjunta melhorada, habilidades sociais, planejamento motor e habilidades perceptuais (POSAR, 2018).

Nesse contexto, a terapeuta escolhe um desafio justo, ou seja, uma atividade que seja somente um pouco acima do que a criança atualmente consegue fazer sem dificuldade, considerando as habilidades emergentes da criança e reforça suas respostas adaptativas ao desafio. Por outro lado, as intervenções sensoriais são feitas em sala de aula e usam estratégias unissensoriais, a exemplo das bolas terapêuticas ou coletes com peso, para influenciar o estado de excitação, na maioria das vezes com a intenção de moldar comportamentos de inquietação, hiperatividade e autoestimulantes (CASE-SMITH, 2015).

Nesse sentido, deseja-se direcionar o projeto em questão para a criação de um jogo educativo, que aborde a maioria dessas dificuldades de maneira lúdica

e de modo que seja versátil aos diversos níveis de suporte de autismo, de modo a facilitar o trabalho dos profissionais que usufruem desses recursos terapêuticos, já que segundo Nunes (2014), um elemento fundamental no processo de ensino da criança autista é a ludicidade, por estimular o desenvolvimento cognitivo e comportamental, além de aprimorar habilidades motoras.

Piscalho e Veiga-Simão (2014) indicam que um jogo pode desempenhar importante papel no desenvolvimento da criança em geral, visto que propicia reflexão e inter-relação entre objetos e eventos, ajudando a criança a expandir a imaginação, apurar competências sociais, comunicativas e a autonomia.

As brincadeiras são linguagens não verbais, onde a criança expressa e passa mensagens, demonstrando como ela interpreta e enxerga o mundo. Brincar a torna ativa, criativa e possibilita a relação com o outro (FERREIRA, 2008). Consoante a isso, Batista e Dias (2012) esclarecem que os jogos educativos favorecem a construção do conhecimento, apontando que quando uma criança brinca, ela expressa todos os sentidos capazes de aprender de forma espontânea e divertida, e também, possibilita a motivação e a construção da autoconfiança; no entanto, o método empregado irá proporcionar o despontar de habilidades, conferindo destreza e outras competências.

Crianças com TEA possuem especificidades e necessitam de estímulos adequados para que mantenham interesse pela atividade e para que efetivamente se produzam resultados (SANTOS, 2018). Saraiva e Santos (2015) destacam que na educação inclusiva, crianças consideradas mentalmente atrasadas têm pouca capacidade de pensamento abstrato e que o uso de jogos educativos atrelados a um planejamento pedagógico adequado permitem, através de brincadeiras com apelo visual e sonoro, o despertar do interesse de crianças autistas para realização de atividades pedagógicas.

Faz-se pertinente salientar que o jogo é uma atividade natural e motivadora, que desenvolve questões psicológicas, sociais, cognitivas, propiciando motivação e desejo de aprender, como demonstram Barbosa e Murarolli (2013), tanto na infância, quanto na adolescência e até mesmo na terceira idade. Portanto, apesar de ser um produto que pretende atingir as necessidades das crianças que possuem autismo, ele pode ser utilizado por diversos públicos, contemplando os aspectos de inclusão propostos pelo Design Universal.

4.3.2 Produtos Similares

Vista a possibilidade de criar um brinquedo ou jogo a potencializar as habilidades e intervir nas dificuldades das crianças com TEA, e diagnosticando, através da pesquisa *desk*, que as disfunções sensoriais estão correlacionadas com quase todas as características predominantes do autismo, viu-se a necessidade de avaliar os produtos similares do mercado para o público alvo em questão, a fim de perceber se eles se adequam aos mesmos e quais as lacunas existentes, de modo a facilitar a criação de um produto mais satisfatório do ponto vista funcional e mercadológico.

Dentro da perspectiva da estimulação sensorial, considerando materiais e sensações utilizando o método de intervenção que preconiza a ativação através de aspectos acima do que a criança atualmente consegue fazer, percebeu-se que para além das superfícies texturizadas, faz-se pertinente o uso de material mais rígido do que os materiais já utilizados pelo mercado (silicone), de modo que o impacto da sensação seja mais intenso, ponto bastante positivo à longo prazo para melhor regulação.

Os produtos que foram encontrados não são necessariamente brinquedos ou jogos com regras claras e específicas, porém, interessantes para avaliação quanto às suas características e funcionalidades. O primeiro produto avaliado é um tapete sensorial (Figura 49 e 50), que pode ser utilizado de maneira lúdica por um profissional com experiência na área do autismo, e capaz de introduzi-lo dentro de um contexto terapêutico estimulante.

Figura 49: Tapetes sensoriais de silicone.



Fonte: Alma azul, 2018

Figura 50: Kit de tapetes sensoriais silicone.



Valor do Kit: R\$ 185,00

Fonte: BMB terapêuticos, 2020

Identificou-se, através da pesquisa, que a maior parte dos produtos sensoriais que existem no mercado são muito simplificados e não se configuram como um brinquedo ou como jogo, percebendo-se uma lacuna a ser preenchida, visto que as possibilidades que eles trazem para os profissionais, terão sempre que ser adaptadas para contemplarem todos os aspectos e dificuldades que devem ser exploradas, para que o desenvolvimento seja amplo e condizente com o esperado.

Verificou-se que no tocante aos aspectos do Design Universal, os tapetes sensoriais deixam a desejar em alguns pontos, principalmente aos que tangem as questões de uso intuitivo e informação perceptível, quando percebe-se que nem sempre um produto simples em sua composição se torna intuitivo em seu uso e com informação clara ao público que vai utilizá-lo, sendo que para tanto, temos que considerar todos os públicos que acessam o produto e que possam por ventura mediá-lo, como: professores, pais, terapeutas, além das próprias crianças com o transtorno.

Além disso não possuem mecanismos ou aspectos que estimulem o entendimento e cumprimentos de comandos e tarefas, reconhecimento de face, formas, números, alfabeto, cores, além de estímulo das questões sensoriais, motoras, espaciais e de interação social, não contemplariam a intenção da

pesquisa, que é de elaborar um brinquedo ou jogo que estimule e desenvolva as maiores dificuldades das crianças entre 3 a 5 anos de idade com autismo.

Pensando nas questões citadas anteriormente, fez-se a análise de um jogo que contemplaria algumas das questões apresentadas, sendo elas: coordenação motora, entendimento e cumprimento de comandos e tarefas, reconhecimento de formas e cores, estímulo de questões motoras e sensoriais, além de dar possibilidade da interação social. Esse jogo não foi idealizado para crianças atípicas e é vendido no mercado com o nome de Twister (Figura 51). Apesar de deixar a desejar em alguns quesitos como: sensorial, reconhecimento de face, alfabeto e números, há uma grande oportunidade de melhorar o seu funcionamento para que possa ser explorado do ponto de vista pedagógico e terapêutico.

Figura 51: Twister



Valor: R\$ 167,00

Fonte: Hasbro, 2013

Procurando mais a fundo algo dentro do contexto esperado, encontrou-se uma versão do Twister sensorial, entretanto esse produto é importado e feito de forma bastante artesanal. O nome do produto é Sensory Twister (figura 52), e apesar de conter os tapetes sensoriais e a roleta, que indica os comandos, estimulando a questão de entendimento de comandos e cumprimento dos mesmos, também deixa uma lacuna nos outros quesitos de reconhecimento de face, alfabeto, números e cores, visto que o material por ser artesanal, não segue

um padrão de cores e acabamento, além de não ter materiais de fácil assepsia, outra característica igualmente relevante para um material terapêutico, que será utilizado por diversas pessoas.

Figura 52: Sensory Twister.



Fonte: The Inspired Theehouse, 2020.

Desse modo, achou-se pertinente considerar as observações realizadas na avaliação de produtos similares para o projeto em questão, a fim de potencializar o seu uso para diversos públicos alvos, sendo prioritariamente pensado para crianças de 3 a 5 anos, dentro do espectro do autismo.

4.4 Design – Ideação

4.4.1 TEAR – Lud

A criação do produto **TEAR Lud** teve como motivação um jogo/brinquedo que pudesse estimular as crianças com TEA em suas dificuldades mais frequentes, sendo essa sintetizada através do mapa mental da pesquisa *desk*, já mostrada na fase de inspiração.

Foram avaliados alguns produtos feitos com o mesmo intuito funcional, entretanto verificou-se que todos eles condiziam apenas com alguns aspectos do que se pretendia explorar terapêuticamente com o produto, abrindo a possibilidade de idealização de um produto mais completo.

O **Tear Lud** consiste em um tapete base, que possui quatro fileiras e quatro colunas de círculos coloridos nas cores verde-água, amarelo, azul e rosa, totalizando 16 círculos. Cada círculo possui um número, forma, número, letra do alfabeto, face ou um tapete sensorial acoplado (Figura 53).

Figura 53: Tear Lud.

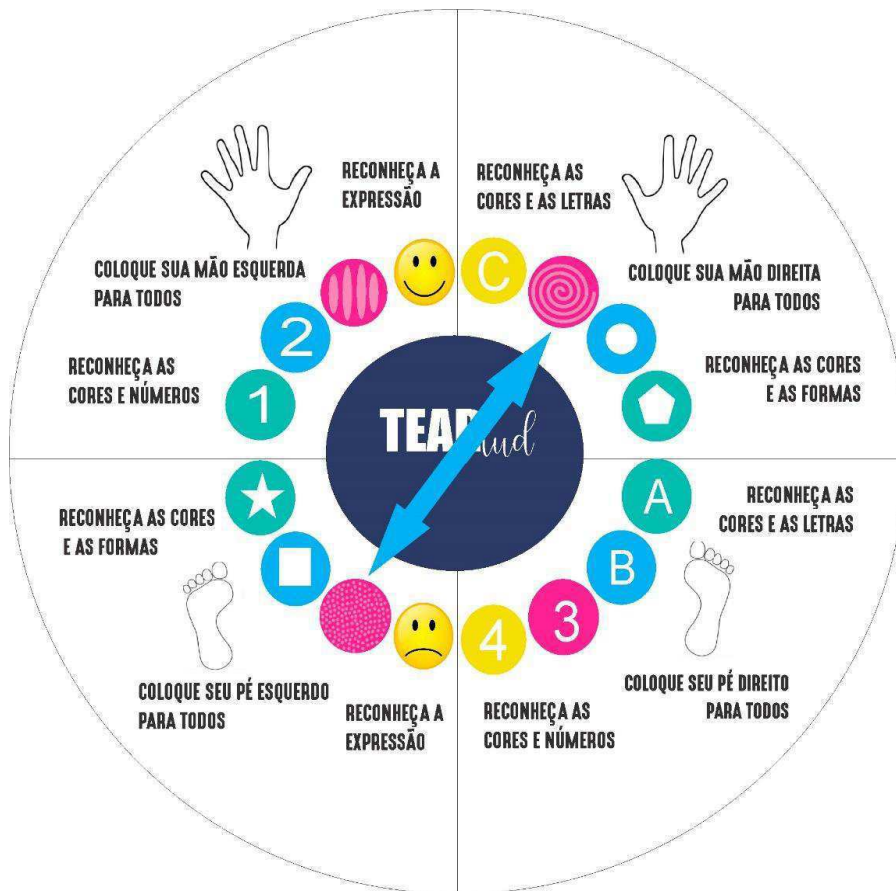


Fonte: Autora, 2022

O produto contém uma roleta (Figura 53 e Figura 54) que possui todos os símbolos que estão no tapete maior, onde em cada quadrante indica-se o comando que deve ser instruído pelo mediador (terapeuta, professor, pais ou colegas) e cumprido pela (as) criança (as).

Em cada quadrante possui ou a mão esquerda, ou a mão direita, pé esquerdo ou pé direito, indicando qual membro a criança deve colocar em qual círculo, estimulando assim, a sua consciência corporal e espacial, ajudando na tonicidade muscular, na execução de movimentos físicos, compreensão e execução de comandos e tarefas.

Figura 54:Roleta do Tear Lud.



Fonte: Autora, 2022

Figura 55:Roleta do Tear Lud renderizado simulando o seu uso.

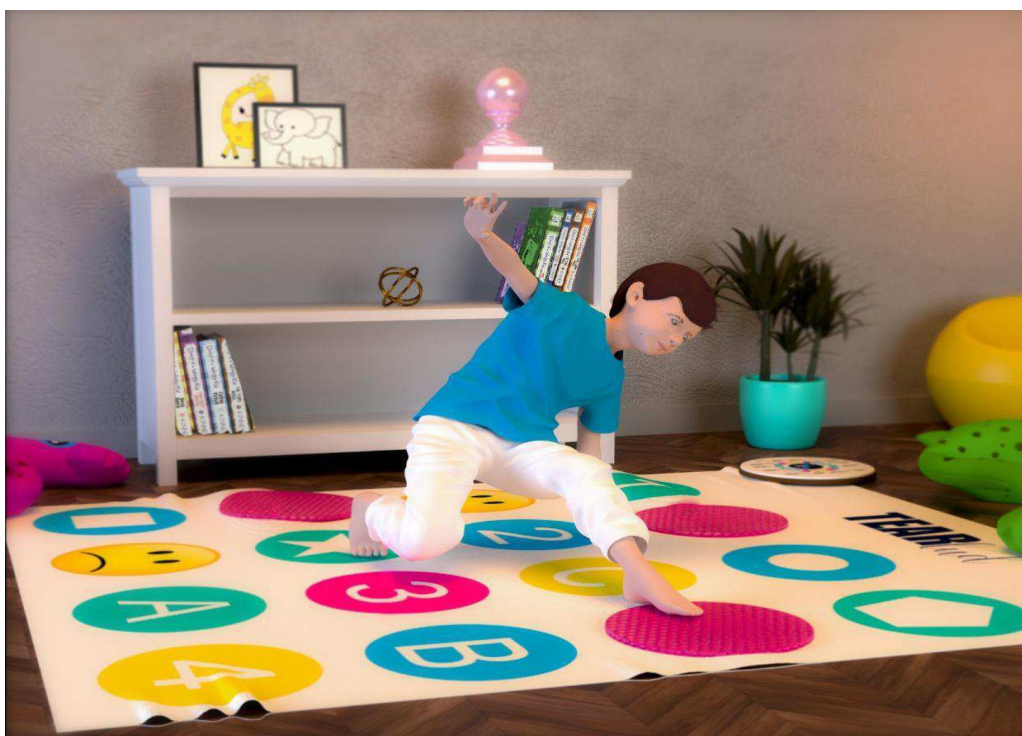


Fonte: Autora, 2022

Além disso, a medida em que a criança entende e reconhece a execução que ela tem que exercer, o mediador pode estimular outros comandos, como: apontar, e falar o que está atribuído ao círculo que ela precisa executar a tarefa.

O fato dos tapetes sensoriais estarem distribuídos assimetricamente no tapete maior (Figura 56), faz com que a criança seja desafiada e estimulada a resistir às dificuldades, a fim de cumprir a tarefa e permitindo que ela consiga se superar e ter avanços progressivos dentro do contexto da brincadeira.

Figura 56: Render do Tear Lud em uso.



Fonte: Autora, 2022

O nome **Tear Lud** vem da palavra TEA (Transtorno do Espectro Autista) como um verbo. Tear também é compreendido na língua portuguesa como um mecanismo de controle projetado para fabricar tecidos com desenhos diversificados, estando bastante associado ao ato de construir. É também uma lembrança de uma teia, uma rede ou trama, que é exatamente como se desenha o desenvolvimento de uma criança, sempre associando a participação dos três pilares: família, escola e terapia. O lud é a abreviação de lúdico, que remete ao brincar e a diversão, sempre tão importantes para o aprendizado de maneira leve e duradoura.

O tapete maior é dobrável e os tapetes sensoriais seguem o formato da roleta, sendo todos os componentes facilmente guardados em uma caixa com as regras e especificações do jogo (Figura 57), e podendo ser facilmente transportado.

Figura 57:Caixa do Tear Lud rendezida.



Fonte: Autora, 2022

5 CONCLUSÃO

A nova necessidade e adequações sanitárias, devido a pandemia, fez com que os profissionais conseguissem atender a menos crianças no mesmo espaço. Antes era muito comum que profissionais dividissem o mesmo espaço com estruturas específicas para o tratamento terapêutico, entretanto, com as novas normas de segurança isso se tornou inviável.

Viu-se ainda, a relação da Covid-19 atrelada a grande quantidade de descarte de materiais poliméricos, agravando ainda mais às questões ambientais

mundiais, visto que esse processo foi algo que não esperou por uma preparação ou programação para existir e nem há certezas de quando as coisas irão se normalizar por completo. Nesse âmbito, fez-se necessário se preocupar com o ciclo de vida do produto e vislumbrar como o design pode contribuir com esse cenário, viabilizando o uso de materiais recicláveis com idealização mais funcional.

Dessa forma, o uso do resíduo polimérico de PLA das impressoras 3D para confecção de partes do jogo Tear Lud tornam-se bastante pertinentes e promissores, visto que aumenta a vida útil de um material que iria ser descartado e degradado no meio ambiente, além de proporcionar mais resistência e qualidade a um produto com potencialidade social e inclusiva.

Fez-se necessário um estudo mais aprofundado sobre a caracterização dos materiais que seriam utilizados no produto, para ter a certeza da sua eficácia e eficiência quando submetidos às mudanças de temperatura e de configuração estética. Conclui-se que a variação de temperaturas e tempo de exposição influenciam nas características mecânicas do PLA, sendo os resíduos poliméricos de PLA que submetidos a 120°C e 30 minutos tiveram maior resistência a tração, indicando este tratamento para a confecção de objetos das peças sensoriais. Não é indicado o uso de temperatura a 100°C nos tempos de 20, 30 e 40 minutos por produzirem objetos com pouca resistência.

Por fim, obteve-se respostas bastante positivas no tocante a resistência do produto, que pode chegar a 170kgf, bastante interessante principalmente tratando-se de um brinquedo infantil, que não necessita suportar muito peso e nem mecanismos complexos. No entanto, a sua alta resistência proporciona ainda mais inclusão e possibilidade de interação das crianças com os pais e com profissionais que mediam a atividade.

6 SUGESTÃO E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

A presente tese pretendia debruçar-se sobre outros ensaios mecânicos e ensaio de citotoxicidade, além de ataque químico, conforme exige a norma brasileira ABNT NBR NM 300-1:2007, para segurança de brinquedos, entretanto algumas logísticas no tocante a COVID-19 e suas prioridades, bem como alguns

imprevistos os impossibilitaram. Portanto, sugere-se, para que o produto seja colocado no mercado com ainda mais segurança, que sejam realizados tais ensaios, para possíveis ajustes no brinquedo.

Vê-se a oportunidade de criação de kits específicos que possam ser vendidos à parte e que potencializem o desenvolvimento de uma área específica que o profissional ou os pais desejem explorar juntamente à criança.

Para além disso, vê-se a pertinência da validação do jogo desenvolvido por profissionais capacitados e habilitados a aplicar questionários de psicomotricidade e afins, no intuito de trazer ao projeto ainda mais respaldo científico e prático.

7 REFERÊNCIAS

ACSELRAD, Henri. A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas. 2001. p. 240-240.

ADUL, J.; WEERDMEEESTER, B. Ergonomia prática. São Paulo: Edgar Blücher 2004.

ADUL, J.; WEERDMEEESTER, B. Ergonomia prática. São Paulo: Edgar Blücher, 2004.

AGUIAR, Yuska Paola Costa et al. Autismo e Novas Tecnologias: Reflexões sobre Publicações Brasileiras face às Recomendações Francesas. Revista Brasileira de Informática na Educação, v. 28, p. 528-548, 2020.

ALBACH, Dulce de Meira. Design para Sustentabilidade em cenários futuros no setor de embalagens de alimentos em autosserviço. 2017.

AMBROSI, A. AND M. PUMERA, 3D-PRINTING TECHNOLOGIES FOR ELECTROCHEMICAL APPLICATIONS. CHEMICAL SOCIETY REVIEWS, 2016. 45(10): p. 2740-2755.

ANDRADE, Mariana Pereira de et al. Autismo e integração sensorial-a intervenção psicomotora como um instrumento facilitador no atendimento de crianças e adolescentes autistas. 2012.

ARAÚJO, R.C.T.; MANZINI, E.J. Recursos de ensino na escolarização do aluno deficiente físico. In: MANZINI E. J. (Org.). Linguagem, cognição e ensino do aluno com deficiência. Unesp, 2001. p.1-11.

ARAÚJO, R.C.T.; MANZINI, E.J. Recursos de ensino na escolarização do aluno deficiente físico. In: MANZINI E. J. (Org.). Linguagem, cognição e ensino do aluno com deficiência. Unesp, 2001. p.1-11.

Associação Americana de Psiquiatria – APA [American Psychiatric Association – APA]. (2014). *Manual diagnóstico e estatísticos de transtornos mentais: DSM-5* (M.I.C. Nascimento, Trad.). 5.ed. Porto Alegre: Artmed.

ATKINSON, Giles; PEARCE, David. *Measuring sustainable development*. 1995.

AYRES, Robert, NEESE, A. V. Externalities: Economics and Thermodynamics. In: ARCHIBUGI, F.; NIJKAMP, P. *Economy and ecology: towards sustainable development*. Netherlands: Kluwer Academic, 1989.

BAI, Yan et al. Presumed asymptomatic carrier transmission of COVID-19. *Jama*, v. 323, n. 14, p. 1406-1407, 2020.

BAI, Yan et al. Presumed asymptomatic carrier transmission of COVID-19. *Jama*, v. 323, n. 14, p. 1406-1407, 2020.

BANKS, J., Adding value in Additive Manufacturing : Researchers in the United Kingdom and Europe Look to 3D Printing for Customization. *IEEE Pulse*, 2013.

BARBOSA, E.M.; BARATA, M.M.L.; HACON, S.S.A. Saúde no licenciamento ambiental: uma proposta metodológica para a avaliação dos impactos da indústria de petróleo e gás. *Ciência & Saúde Coletiva*, v.17, n.2, p.299-310. 2012.

BARTOLINI, Edoardo et al. Population balance modelling of stem cell culture in 3D suspension bioreactors. *Chemical Engineering Research and Design*, v. 101, p. 125-134, 2015.

BAXTER, M. *Projeto de produto*. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

BERGER, Kenneth R.; WELT, Bruce. A brief history of packaging. IFAS, University of Florida, ABE321, p. 1-5, 2005.

BERMAN, Barry. 3-D printing: The new industrial revolution. *Business horizons*, v. 55, n. 2, p. 155-162, 2012.

BERRY, B. E.; IGNASH, S. Assistive technology: providing independence for individuals with disabilities. *Rehabilitation Nursing*, v. 28, n. 1, p. 6-14, 2003.

BERSCH, R. C. R. *Introdução à tecnologia assistiva*. Porto Alegre: Centro Especializado em ABNT NBR 9050 Infantil (CEDI), 2008.

BERSCH, R. C. R. Tecnologia assistiva e educação inclusiva. In: *Ensaio Pedagógicos*, Brasília: SEESP/MEC, p. 89-94, 2006.

BESEN, Gina R. et al. Resíduos sólidos: vulnerabilidades e perspectivas. SALDIVA P. et al. *Meio ambiente e saúde: o desafio das metrópoles*. São Paulo: Ex Libris, p. 9-104, 2010.

BHAMRA, Tracy; LOFTHOUSE, Vicky. *Design for Sustainability: a practical approach*. Aldershot, UK: Gower, 2007.

BONCIU, F. The European Economy: From a Linear to a Circular Economy. Romanian Journal of European Affairs, 2014.

BONSIEPE, Gui et. al. Metodologia experimental: desenho industrial. Brasília: CNPq/Coordenação editorial, 1984.

BOONS, Christel CLM et al. Food-effect study of nilotinib in chronic myeloid leukaemia (NiFo study): Enabling dose reduction and relief of treatment burden. European Journal of Haematology, 2020.

BOONS, F., BROWNE, A., BURGESS, M., EHGARTNER, U., HIRTH, S., HODSON, M., ... YE, C. Covid19, changing social practices and the transition to sustainable production and consumption. Version 1.0. Manchester, 2020.

BOZA, Martires Maria Catucci; CALGARO, Cleide; LUCCA, Margarete Fátima. Sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e ecodesenvolvimento: Um projeto para uma justiça política-social. Âmbito Jurídico, Rio Grande, XIV, n. 87, 2011.

BRAND, Fridolin. Critical natural capital revisited: Ecological resilience and sustainable development. Ecological economics, v. 68, n. 3, p. 605-612, 2009.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 03 ago. 2010.

BRAUNGART, Michael; McDONOUGH, William. Cradle to cradle: criar e reciclar indefinidamente / William McDonough; Michael Braungart; tradução: Frederico Bonaldo. São Paulo: G. Gili, 2013.

BROOKS, Samantha K. et al. The psychological impact of quarantine and how to reduce it: rapid review of the evidence. The Lancet, 2020.

CAIN, P. Selecting the optimal shell and infill parameters for FDM 3D Printing. 2016; Disponível em: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/selecting-optimal-shell-andinfill-parameters-fdm-3d-printing>.

CAMPOS, Larriane Karen de; FERNANDES, Fernanda Dreux Miranda. Perfil escolar e as habilidades cognitivas e de linguagem de crianças e adolescentes do espectro do autismo. In: CoDAS. Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia, 2016. p. 234-243.

CARVALHO, R. E. –Escola Inclusiva: a reorganização do trabalho pedagógico. Porto Alegre, Editora Mediação, 2008.

CAT. Comitê de Ajudas Técnicas. Ata da III Reunião do Comitê de Ajudas Técnicas, Brasil, 2007.

Cavalcante, E. S., Farias, H. T., & de Mello Monteiro, V. M. L. (2020). MATERIALIZAÇÃO DIGITAL DE PROTETORES FACIAIS (FACE SHIELDS). *Revista Extensão & Sociedade*, 12(1).

CAVALCANTI, A.; GALVÃO, C. Terapia ocupacional: fundamentação & prática. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

Centro de Ciência e Engenharia de Sistemas da Universidade Johns Hopkins (JHU CSSE). Repositório de dados COVID-19 pelo Centro de Ciência e Engenharia de Sistemas (CSSE) da Universidade Johns Hopkins. Link: <https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19>.

CHAGAS, C.; CAVALCANTI, P. História da embalagem no Brasil. São Paulo, 2006.

CHAN, Jasper Fuk-Woo et al. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster. *The Lancet*, v. 395, n. 10223, p. 514-523, 2020.

CHEN, Hua-Tsung et al. Physics-based ball tracking and 3D trajectory reconstruction with applications to shooting location estimation in basketball video. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, v. 20, n. 3, p. 204-216, 2009.

CHERTOW, Marian R.; ASHTON, Weslyne S.; ESPINOSA, Juan C. Industrial symbiosis in Puerto Rico: Environmentally related agglomeration economies. *Regional studies*, v. 42, n. 10, p. 1299-1312, 2008.

CONAMA, RESOLUÇÕES et al. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA, n. 06, 1986.

CORES DO GLOBO; OLIVEIRA, Sandra. Consumo Responsável. Disponível em: <<http://www.cidac.pt/CadernoConsumoResponsavel.pdf>>.

COUTO, Cirleine Costa et al. Percepção de professores sobre o autismo em alunos pré-escolares e a rede social institucional. 2017.

DA FIOCRUZ BRASÍLIA, Assessoria de Comunicação. Conexão Fiocruz Brasília: o novo Coronavírus e nossa saúde mental. 2020.

DE ABREU, João Tiago Freitas. Desenvolvimento de uma impressora FDM tipo delta. 2017.

DE CAMINO, R.; MULLER, S. Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales - Bases para establecer indicadores. San Jose: IICA/GTZ, 1993.

DE DESENVOLVIMENTO HUMANO, PNUD Relatório. A verdadeira riqueza das nações: Vias para o desenvolvimento humano. New York: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2010.

DE LIMA BEZERRA, Vitor et al. SARS-CoV-2 como agente causador da COVID-19: Epidemiologia, características genéticas, manifestações clínicas, diagnóstico e possíveis tratamentos. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 3, n. 4, p. 8452-8467, 2020.

DE MATOS CANO, Talyta. Panorama brasileiro do atendimento a autistas e necessidade da inclusão no censo 2020. *Revista de Medicina e Saúde de Brasília*, v. 5, n. 2, 2016.

DE MENEZES, Uiara Gonçalves; DA VEIGA DIAS, Valéria; GOMES, Clandia Maffini. O paradigma sustentável e a formulação de estratégias empresariais para a competitividade. *Gestão & Regionalidade*, v. 26, n. 78, 2010.

DE PAIVA, Adriana Borges et al. TECNOLOGIAS ASSISTIVAS E O ENSINO DE MATEMÁTICA PARA ALUNOS AUTISTAS NA EDUCAÇÃO INFANTIL. *Cadernos da FUCAMP*, v. 19, n. 40, 2020.

DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL, Panorama. São Paulo: Abrelpe, 2014. ABECITRUS (Associação brasileira dos exportadores de cítricos). Frutas e ração animal, 2014.

DELIBERATO, D. Comunicação alternativa e educação especial: ações inclusivas para crianças e jovens com deficiência. In: CAPOVILA, F. C. Transtornos de aprendizagens. São Paulo: Mennon, 2011. p.181-186.

DÍAZ LANTADA, Andrés. Systematic development strategy for smart devices based on shape-memory polymers. *Polymers*, v. 9, n. 10, p. 496, 2017.

DINIZ, D.; BARBOSA, L.; SANTOS, W. R. Deficiência, Direitos Humanos e Justiça. *Revista Internacional de Direitos Humanos*, v.6n n.11, 2009, p.65-77.

DONG, E.; DU, H.; GARDNER. Um painel interativo baseado na web para rastrear COVID-19 em tempo real. *The Lancet Healthy Longevity*, v.20, n 5, p. 533-534, 2020.

DOS SANTOS, Jacira Lima; SOUZA, Ludmila Santos Costa. A IMPORTÂNCIA DO ACOMPANHAMENTO MULTIDISCIPLINAR PARA O ALUNO PORTADOR DE TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA. *Conhecimento em Destaque*, 2020.

DUTRA, A.R.A.; GARCIA, M.A.; ROSSATO, I.F.; BARROS FILHO, J.R. 2011. A contribuição da ergonomia para a mecanização da produção catarinense de ostras. In: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Belo Horizonte,4-7/out./2011.

EKINS, Paul et al. A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological economics*, v. 44, n. 2-3, p. 165-185, 2003.

EKINS, Paul. A four-capital model of wealth creation. *Real-life economics: Understanding wealth creation*, p. 147-155, 1992.

ELKINGTON, John. Governança Verde: A criação de sistemas de rastreamento e informação está na base de um modelo sustentável de desenvolvimento mais sustentável. Revista Época Negócios, São Paulo, nº41, p 84-151, julho 2010.

F.C.V. da Silva; G.R. Picanço; M.L. da Cunha, Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008.

F. P. POLACK, S. J. THOMAS, N. KITCHIN, J. ABSALON, A. GURTMAN, S. LOCKHART, J. L. PEREZ, G. PEREZ ´ MARC, E. D. MOREIRA, C. ZERBINI, R. BAILEY, K. A. SWANSON, S. ROYCHOUDHURY, K. KOURY, P. LI, W. V. KALINA, D. COOPER, R. W. FRENCK, L. L. HAMMITT, O. TURECI, H. NELL, A. SCHAEFER, S. UNAL, D. B. TRESNAN, S. MATHER, P. R. DORMITZER, U. S. AHIN, K. U. JANSEN, AND W. C. GRUBER, Safety and efficacy of the bnt162b2 mrna covid-19 vaccine, New England Journal of Medicine, 383 (2020), pp. 2603–2615. PMID: 33301246.

FADDA, Gisella Mouta; CURY, Vera Engler. O enigma do autismo: contribuições sobre a etiologia do transtorno. Psicologia em Estudo, v. 21, n. 3, p. 411-423, 2016.

FARIAS, Magno Nunes et al. Vulnerabilidade social e Covid-19: considerações a partir da terapia ocupacional social. 2020.

FERGUSON, Neil et al. Report 9: Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID19 mortality and healthcare demand. 2020.

FERREIRA, Patrícia Reis; TEIXEIRA, Eny Viviane da Silva; BRITTO, Denise Brandão de Oliveira. Relato de caso: descrição da evolução da comunicação alternativa na pragmática do adulto portador de autismo. Revista Cefac, v. 13, n. 3, p. 559-567, 2011.

FIORATTI, Iuri et al. The COVID-19 pandemic and the regulations of remote attendance in Brazil: new opportunities for people dealing with chronic pain. BrJP, v. 3, n. 2, p. 193-194, 2020.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Por que a doença causada pelo novo vírus recebeu o nome de Covid-19? FIOCRUZ, 17 março de 2020. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/pergunta/por-que-doenca-causada-pelo-novo-virus-recebeu-o-nome-de-covid-19>. Acesso em: 18 abr. 2020.

GADIA, Carlos A.; TUCHMAN, Roberto; ROTTA, Newra T. Autismo e doenças invasivas de desenvolvimento. Jornal de pediatria, v. 80, n. 2, p. 83-94, 2004.

GARCIA, Leila Posenato; DUARTE, Elisete. Intervenções não farmacológicas para o enfrentamento à epidemia da COVID-19 no Brasil. 2020.

GIBSON, Ian et al. Additive manufacturing technologies. New York: Springer, 2014.

GOMES, Danila; QUARESMA, Manuela. O contexto do design inclusivo em projetos de produto: Ensino, Prática e Aceitação. In: Anais do Congresso

Brasileiro de Pesquisa em Desenvolvimento em Design, vol.9, n.2. Belo horizonte, 2016.

GONZÁLEZ DE MOLINA, M.; SEVILLA GUZMÁN, E. Ecología, campesinado e história. Para una reinterpretación del desarrollo del capitalismo en la agricultura. In: SEVILLA GUZMÁN, E.; GONZÁLEZ DE MOLINA, M. (ed.): Ecología, campesinado e história. Madrid: La Piqueta, 1993. p. 23-129.

GONZÁLEZ DE MOLINA, M.; SEVILLA GUZMÁN, E. Ecología, campesinado e história. Para una reinterpretación del desarrollo del capitalismo en la agricultura. In: SEVILLA GUZMÁN, E.; GONZÁLEZ DE MOLINA, M. (ed.): Ecología, campesinado e história. Madrid: La Piqueta, 1993. p. 23-129.

GONZÁLEZ, S.G., Impresión 3D. 1ªed. 2016: MARCOMBO.

GOUVEIA, Nelson. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. Ciência & saúde coletiva, v. 17, p. 1503-1510, 2012.

GRANDIN, Temple; PANEK, Richard. O cérebro autista: pensando através do espectro. Rio de Janeiro: Record, 2018.

HALPERN, B. S., WALBRIDGE, S., SELKOE, K. A., KAPPEL, C. V., MICHELI, F., D'AGROSA, C., WATSON, R. A global map of human impact on marine ecosystems. Science, 319, 948–952, 2008.

HOORNWEG, Daniel; BHADA-TATA, Perinaz. What a waste: a global review of solid waste management. 2012.

HUANG, Zhiheng; XU, Wei; YU, Kai. Bidirectional LSTM-CRF models for sequence tagging. arXiv preprint arXiv:1508.01991, 2015.

ICLEI, WFI. Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories: An Accounting and Reporting Standard for Cities. 2014.

KAFARA, M. et al. Comparative life cycle assessment of conventional and additive manufacturing in mold core making for CFRP production. Procedia Manufacturing, v. 8, p. 223-230, 2017.

KARNITZ J.R.; O'BRIEN, S.; HUTCHINSON, J.P. Engineering design: an introduction. New Jersey: Delmar. 672 p, 2009.

KUPPER, H., & HEYDT, P. The mission billion: access to health services for 1 billion people with disabilities. London School of Hygiene and Tropical Medicine, 2019.

L. R. BADEN, H. M. EL SAHLY, B. ESSINK, K. KOTLOFF, S. FREY, R. NOVAK, D. DIEMERT, S. A. SPECTOR, N. ROUPHAEL, C. B. CREECH, ET AL., Efficacy and safety of the mRNA-1273 SARS-CoV-2 vaccine, New England Journal of Medicine, 384 (2021), pp. 403–416.

LANA, Raquel Martins et al. Emergência do novo coronavírus (SARS-CoV-2) e o papel de uma vigilância nacional em saúde oportuna e efetiva. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 36, p. e00019620, 2020.

LAUAND, G. B. A.; MENDES, E. G. Tecnologia assistiva: uma proposta de caracterização e classificação. In: ALMEIDA, M. A.; MENDES, E. G.; HAYSHI, M. C. P. I. (Orgs.). *Temas em Educação Especial: múltiplos olhares*. São Carlos: Junqueira & Marin, 2009. p. 392-402.

LE BRETON, D. *A sociologia do corpo*. 2ª edição, tradução de Sonia M.S. Fuhrmann – Petrópolis RJ: Vozes, 2007.

LEIS, H. R. Globalização e democracia após a Rio-92: a necessidade e oportunidade de um espaço público transnacional. In: FERREIRA, L. C; VIOLA, E. (Org.). *Incertezas da sustentabilidade na globalização*. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1996. p. 67-91.

LI, Z.S.; KOU, F.H.; CHENG, X.C.; WANG, T. Model-based product redesign. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 6(1): 99-102, 2006.

M. VOYSEY, S. A. C. CLEMENS, S. A. MADHI, L. Y. WECKX, P. M. FOLEGATTI, P. K. ALEY, B. ANGUS, V. L. BAILLIE, S. L. BARNABAS, Q. E. BHORAT, ET AL., Safety and efficacy of the chadox1 ncov-19 vaccine (azd1222) against sars-cov-2: an interim analysis of four randomised controlled trials in brazil, south africa, and the uk, *The Lancet*, 397 (2021), pp. 99–111.

MANTOAN, M. T. E. (2011). *Ensinar e aprender: nem tudo depende da didática*. Entrevista concedida a Vanessa Canabarro Dios em maio de 2011.

MANZINI, E. et al. *O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos sustentáveis*. 1. ed. São Paulo. Edusp, 2002. 367p.

MATHEWS, J.A. & TAN, H. Progress toward a circular economy in China: The drivers (and inhibitors) of eco-industrial initiative. *Journal of Industrial Ecology*, 15(3), 435-457, 2011.

MCLELLAN, Richard et al. *Living planet report 2014: species and spaces, people and places*. WWF International, 2014.

MELLO, A. *A gestão do lixo nas pequenas e médias cidades*. Centro de liderança pública - CLP, 2018. Disponível em: < <https://www.clp.org.br/a-gestao-do-lixo-nas-pequenas-e-medias-cidades/>>. Acesso em: julho de 2020.

MENDES, Anabela Rodrigues. *A família e o diagnóstico de Perturbação de Espectro do Autismo*. 2019. Tese de Doutorado.

MOHAMED, Radi A. et al. Manipulation of Broiler Growth Performance, Physiological and Fear Responses Using Three Monochromatic LED lights. *Alexandria Journal for Veterinary Sciences*, v. 53, n. 1, 2017.

MONT, Michael A. et al. The natural history of untreated asymptomatic osteonecrosis of the femoral head: a systematic literature review. *JBJS*, v. 92, n. 12, p. 2165-2170, 2010.

MONTESSORI, Maria. *A Descoberta da Criança: Pedagogia Científica*. São Paulo: Editora Kíron, 2017.

MORRIS, Richard. *Fundamentos de design de produto*. Bookman Editora, 2011.

NISHIDA, A. K. *Catadores de moluscos do litoral Paraibano. Estratégias de subsistência e formas de percepção da natureza*. São Carlos, SP, 2000, 143 p. (Tese de Doutorado) – UFSCar, Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde.

NOBRE, Marcos; DE CARVALHO AMAZONAS, Maurício. *Desenvolvimento sustentável: a institucionalização de um conceito*. Edições IBAMA, 2002.

NORDI, N. *Os Catadores de Caranguejo-uçá (Ucides cordatus) da Região de Várzea Nova (PB): Uma Abordagem Ecológica e Social*. São Carlos, SP, 1992, 107 p. (Tese de Doutorado) – UFSCar, Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde.

NOVOTNY, L., DVORSKA, L., LORENCOVA, A., BERAN, V., & PAVLIK, I. Fish: A potential source of bacterial pathogens for human beings. *Veterinárni Médicína*, 49, 343–358, 2004.

O. DIEKMANN AND J. HEESTERBEEK, *Mathematical Epidemiology of Infectious Diseases: Model Building, Analysis and Interpretation*, Wiley Series in Mathematical & Computational Biology, Wiley, 2000.

ODUM, Eugene Pleasants; BARRETT, Gary W. *Fundamentals of ecology*. Philadelphia: Saunders, 1971.

PELOSI, M. B. *Tecnologias em comunicação alternativa sob o enfoque da terapia ocupacional*. In: DELIBERATO, D.; GONÇALVES, M. J.; MACEDO, E. C. (Org.). *Comunicação alternativa: teoria, prática, tecnologias e pesquisa*. São Paulo: Memnon Edições Científicas, 2009. p. 163-173.

PEREIRA, Renato Brisigueli; MORALES, Ana Rita. Estudo do comportamento térmico e mecânico do PLA modificado com aditivo nucleante e modificador de impacto. *Polímeros*, v. 24, p. 198-202, 2014.

PETRY, Jéssica Raiana. *Design inclusivo: uma proposta de recurso para estímulo sensorial de crianças autistas a partir do método montessoriano*. 2020.

POWER, Alison G. *Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies*. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, v. 365, n. 1554, p. 2959-2971, 2010.

POWER, Kate; MONT, Oksana. The role of formal and informal forces in shaping consumption and implications for sustainable society: Part II. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2071-1050/2/8/2573/pdf>>.

QUALLS N, LEVITT A, KANADE N, WRIGHT-JEGEDE N, DOPSON S, BIGGERSTAFF M, ET AL. Community mitigation guidelines to prevent pandemic influenza — United States, 2017. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6601a1>.

RECICLAGEM, CEMPRESA COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA. Política Nacional de Resíduos Sólidos-Agora é lei. 2014.

REIS, Helena Isabel da Silva; PEREIRA, Ana Paula da Silva; ALMEIDA, Leandro da Silva. Características e especificidades da comunicação social na perturbação do espectro do autismo. Revista Brasileira de Educação Especial, v. 22, n. 3, p. 325-336, 2016.

REJESKI, W. Jack et al. Community weight loss to combat obesity and disability in at-risk older adults. Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences, v. 72, n. 11, p. 1547-1553, 2017.

ROCHA, A. N. D. C. Processo de prescrição e confecção de recursos de tecnologia assistiva na educação infantil. Marília, 2010. 199p. (Mestrado em Educação) - Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista.

ROCHA, A. N.D.C., DELIBERATO, D. Tecnologia Assistiva para a criança com paralisia cerebral na escola: identificação das necessidades. Rev. Bras. Educ. Espec., v. 18, p. 71-91, 2012.

ROCHA, E.C.; CANTO, J.L.; PEREIRA, P.C. Avaliação de impactos ambientais nos países do MERCOSUL. Ambiente & Sociedade, v.8, n.2. 2005.

ROCHA, Juliana D.; BURSZTYN, Maria Augusta. A importância da participação social na sustentabilidade do desenvolvimento local. Interações (Campo Grande), 2005.

RODRIGUES, G. S. et al. Avaliação de impacto ambiental de atividades em estabelecimentos familiares do novo rural. Embrapa Meio Ambiente-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2003.

RODRIGUES, G.S.; CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do Novo Rural. Pesq. agropec. bras., v.38, n.4, p.445-451. 2003.

ROYSEN, Rebeca; CRUZ, Tânia Cristina. Educating for transitions: ecovillages as transdisciplinary sustainability “classrooms”. International Journal of Sustainability in Higher Education, 2020.

SACHS, I. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SAMESHIMA, F. S. Capacitação de professores no contexto de sistemas de comunicação suplementar e alternativa. Marília, 2011. 173p. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista.

SASSAKI, R. K. Inclusão: o paradigma do século 21. *Inclusão: Revista da Educação Especial*, v. 1, n. 1, p. 19-23, 2005.

SASSAKI, Romeu Kazumi. *Inclusão Constituindo uma Sociedade para Todos*. Rio de Janeiro: WVA, 1997.

SERRANO, P. *A Integração Sensorial no desenvolvimento e aprendizagem da criança*. 2 ed. [S.l.]: Papa Letras; 2016.

SHAINEE, M. et al. Design theory in offshore fish cage designing. *Aquaculture*, v. 392, p. 134-141, 2013.

SILVA, C. S. M. R. *Design de Produto para Crianças Autistas*. 2011. 140 f. Dissertação (Mestrado em Design de Produto) - Faculdade de Arquitectura, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 2011.

SMITH, S.; SMITH, G.; SHEN, Y.T. Redesign for product innovation. *Design Studies*, 33(2): 160-184, 2012.

SOLOW, Robert M. Congestion cost and the use of land for streets. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, p. 602-618, 1973.

SONG, Ruoyu et al. Manufacturing Energy Consumption Estimation Using Machine Learning Approach. In: *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*. American Society of Mechanical Engineers, 2017. p. V004T05A037.

SONZA, A. P. (Org). *Acessibilidade e Tecnologia Assistiva: pensando a inclusão sociodigital de pessoas com necessidades especiais*. [et.al.] 2013.

SOUZA, G. L., OLIVEIRA, J. L. L., ROSA, F. A., & DA ROSA, V. S. D. (2020). Produção de Face Shields utilizando a manufatura aditiva: m auxílio para o combate ao Covid-19. *Tecno-Lógica*, 24, 334-341.

T. ACTER, N. UDDIN, J. DAS, A. AKHTER, T. R. CHOUDHURY, AND S. KIM, Evolution of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (sars-cov-2) as coronavirus disease 2019 (covid-19) pandemic: A global health emergency, *Science of the Total Environment*, 730 (2020), p. 138996.

TAYLOR LH, LATHAM SM, WOOLHOUSE ME. Risk factors for human disease emergence. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 2001; 356:983-9. doi: 10.1098/rstb.2001.0888.

TEIXEIRA, C. (2008). Educação E desenvolvimento sustentável na agenda 21 brasileira. *Revista Inter Ação*, 33(1), 31–48.

TEIXEIRA, Eglé Novaes. Por um sistema integrado de tratamento do lixo. Revista do Instituto Humanitas Unisinos. São Leopoldo, ano 12, n. 410, p. 17-18, 03 mar. 2012.

TSOUKNIDAS, Alexander et al. FEM assisted evaluation of PMMA and Ti6Al4V as materials for cranioplasty resulting mechanical behaviour and the neurocranial protection. Bio-medical materials and engineering, v. 21, n. 3, p. 139-147, 2011.

VAGETTI, Gislaine Cristina et al. Condições de saúde e variáveis sociodemográficas associadas à qualidade de vida em idosas de um programa de atividade física de Curitiba, Paraná, Sul do Brasil. Cadernos de Saúde Pública, v. 29, n. 5, p. 955-969, 2013.

VAN DOREMALEN, Neeltje et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. New England Journal of Medicine, v. 382, n. 16, p. 1564-1567, 2020.

VAN NIEUWENHUYSE, A., SOMVILLE, P.R., GROMBEZ, G., BUDORF, A., VEBEKE, G., JOHANNIK, K., VAN DEN BERGH, M.R., MASSCHELEIN, R., MAIRIAUX, P., MOENS, G.F., The role of physical workload and pain related fear in the development of low back in youth workers: evidence from the Blowback study – results after one year of follow up. Occup Environ. Med. 63 (1), 45–52, 2006.

VIANA, Márcia Lazzari; TEIXEIRA, Maria do Rocio Fontoura. Sala de atendimento educacional especializada (AEE): o uso da tecnologia assistiva no processo de inclusão dos alunos nas atividades de ensino-aprendizagem. Brazilian Journal of Education, Technology and Society= Cadernos de Educação, Tecnologia e Sociedade. Luziânia, GO: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Vol. 12, n. 1 (jan./mar. 2019), p. 72-79, 2019.

VIDAL, M. C. Guia para Análise Ergonômica do Trabalho (AET) na Empresa. EVC: Rio de Janeiro. 2008.

VLEK, C. Globalização, dilemas dos comuns e qualidade de vida sustentável: do que precisamos, o que podemos fazer, o que podemos conseguir? Estudos de Psicologia (Natal), V. 8, n. 2, Natal, maio/ago., 2003.

VOLPATO, Neri et al. Uma otimização da estratégia de preenchimento do processo FDM. In: 4º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação—COBEF. Águas de São Pedro. 2007.

WANG, Dawei et al. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus–infected pneumonia in Wuhan, China. Jama, v. 323, n. 11, p. 1061-1069, 2020.

WANG, Manli et al. Remdesivir and chloroquine effectively inhibit the recently emerged novel coronavirus (2019-nCoV) in vitro. *Cell research*, v. 30, n. 3, p. 269-271, 2020.

WANG, Ning. et.al. Influence of formamide and water on the properties of thermoplastic starch/poly(lactic acid) blends. *Carbohydrate Polymers*, v.71, p.109-118,2008.

WOHLERS, T.T., ET AL., Wohlers Report 2016: 3D printing and additive manufacturing state of the industry : Annual Worldwide Progress Report. 2016: Wohlers Associates.

WOLFRAM, M., &FRANTZESKAKI, N. Cities and systemic change for sustainability: prevailing epistemologies and an emerging research agenda, *Sustainability*, 8(2), 1-18, 2016.

WOOLHOUSE, Mark et al. Human viruses: discovery and emergence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 367, n. 1604, p. 2864-2871, 2012.

ZADPOOR, Amir A. Mechanical meta-materials. *Materials Horizons*, v. 3, n. 5, p. 371-381, 2016.

ZHANG YZ, HOLMES EC. A Genomic Perspective on the Origin and Emergence of SARS-CoV-2. *Cell*. 2020;181:223–7. doi: 10.1016/j.cell.2020.03.035.

ZHANG, Yong-Zhen; HOLMES, Edward C. A genomic perspective on the origin and emergence of SARS-CoV-2. *Cell*, 2020.

ZHAO, P. et al. Close-looped recycling of polylactic acid used in 3d printing: An experimental investigation and life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, v. 197, p. 1046 – 1055, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 41.

ZHOU, Peng et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *nature*, v. 579, n. 7798, p. 270-273, 2020.