 <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-012>

**Maria Eduarda Ramos Cavalcanti Rosa**

Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

**Viviane Farias Silva**

Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

## RESUMO

Os resíduos sólidos causam grandes danos ao meio ambiente, sendo um dos desafios do ser humano e do planeta. A produção aditiva, representada através de diversas técnicas conhecidas como Impressão 3 D, é uma tecnologia em crescimento; que apesar de ter um impacto ambiental menor, ainda gera resíduos que devem ser potencializados em sua capacidade de produção. A Agenda 21 trata-se de um plano de ação aprovado na Rio-92, que estabelece diretrizes e ações relativas à educação para ser utilizada como instrumento de

planejamento e desenvolvimento sustentável, compatibilizando conservação ambiental, justiça social e crescimento econômico, sendo um dos seus pontos principais a promoção da inclusão social. O Transtorno do Espectro Autista (TEA) e condições relacionadas, são transtornos do neurodesenvolvimento que acarretam sintomas comprometedores da interação social, comunicação e interesses restritos e repetitivos, além das disfunções sensoriais. É papel do design possibilitar o aumento da vida útil dos insumos de maneira criativa, tornando-se oportuna a reutilização dos materiais descartados no processo de impressão 3D aliado à produção de produtos inclusivos, visando atingir necessidades latentes ao novo cenário, envolvendo assuntos como sustentabilidade e neurodiversidade.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos, Impressão 3D, Autismo, Sustentabilidade, Inclusão.

## 1 INTRODUÇÃO

A gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU), constitui um campo de análise de particular relevância, pelo aumento da produção de resíduos gerados, devido ao crescimento populacional e padrões de consumo humano, e por envolver políticas públicas inovadoras (Heber e Silva, 2014). Assim, a busca pela sustentabilidade e a conscientização ambiental permite a modificação das práticas sociais e impõe à sociedade diversas mudanças de hábitos e rotinas cotidianas, reduzido o impacto ambiental (Roysen, 2020).

A sustentabilidade por meio da avaliação do ciclo de vida do produto e da cadeia produtiva (desde a obtenção da matéria-prima até o seu descarte), geram implicações importantes, tanto no âmbito econômico, quanto no ambiental, através de soluções criativas (Manzini, 2002). Tendo em vista o impacto direto e indireto que a Produção Industrial exerce sobre o ambiente, segundo Martins (2017), esse fator logo desperta a discussão para se encontrar soluções alternativas ao modo como se produz, tendo por base os princípios da Ecoeficiência.

Do ponto de vista ambiental as tecnologias de manufatura aditiva, comumente conhecidas como impressão tridimensional (3D), apontam um potencial para atingir os níveis de Sustentabilidade Produtiva pretendidos, já que, de acordo com Martins (2017), as mesmas possibilitam uma produção

mais efetiva e flexível, proporcionando a redução de peso dos componentes e economizando em recursos, além da melhoria no desempenho e eficiência energética do processo. Segundo Preston (2013), outras vantagens da manufatura aditiva são: a) eliminar a necessidade de transporte desde a fábrica até o cliente e b) a democratização do design e produção, permitindo que os indivíduos e comunidades possam projetar novos produtos que estejam adaptados às necessidades sociais.

Apesar das vantagens supracitadas da impressão 3D, Díaz Lantada et al. (2017) estudam esforços para haver a redução dos impactos ambientais causados pelas estruturas de suporte, que são necessárias em impressões específicas. O desperdício gerado no processo aliado ao gerenciamento de impressões com falhas e os produtos de fim de vida produzidos pela manufatura aditiva são alguns dos problemas, em especial para peças poliméricas (Rejeski et al., 2017). Episódios atípicos podem aumentar a necessidade do uso da manufatura aditiva, e como consequência o desperdício gerado pelos materiais de suporte. Um deles foi a pandemia do coronavírus, que gerou um incremento na confecção de equipamentos de proteção facial, a exemplo da *face shield*.

Apenas no período de 2020, no Labter 3D-NUTES, em Campina Grande-PB, foram produzidas mais de 1.500 *face shield* por impressão 3D, o que gera um resíduo de aproximadamente 3kg, contabilizando unicamente os resíduos provenientes do material de suporte (Tabela 1). Quando adicionadas as falhas e imprevistos, o qual empresas estão suscetíveis a sofrer, esse número aumenta consideravelmente.

Tabela 1: Dados sobre manufatura aditiva no Labter 3D-NUTES, em 2020.

	<b>1 FACE SHIELD</b>	<b>5 FACE SHIELD</b>
<b>MATERIAL</b>	<b>29 gramas</b>	<b>110 gramas</b>
<b>SUPORTE</b>	<b>2 gramas</b>	<b>24 gramas</b>
<b>MATERIAL + SUPORTE</b>	<b>31 gramas</b>	<b>134 gramas</b>
<b>TEMPO DE IMPRESSÃO</b>	<b>3 horas e 5 minutos</b>	<b>17 horas e 6 minutos</b>

Fonte: Autores, 2023.

Além disso, 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, deve aumentar os desafios para a reciclagem do polímero, assim como sua remanufatura (Rejeski et al., 2017), tornando-se pertinente estudos que promovam soluções para essa nova diligência.

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, que tem por base a Agenda 21 global, a educação é fundamental e tratada como fator de inclusão social. Nesse contexto, três apontamentos se fazem pertinentes: a) o Brasil com a 4ª

colocação no ranking mundial (em 2016) como grande produtor de resíduos sólidos, com seus quase 80 milhões de toneladas (Mello, 2018); b) o setor de reciclagem brasileiro movimentando mais de R\$12 bilhões/ano e perdendo a oportunidade de ganhar mais de R\$ 8 bilhões/ano, por deixar de reciclar os resíduos que são encaminhados para aterros e lixões (BRASIL, 2012) e c) o aumento da demanda inclusiva nos últimos tempos no mundo.

Estima-se que no Brasil haja mais de 2 milhões de pessoas com o Transtorno do Espectro Autista (TEA), que é uma condição de origem neurobiológica que se manifesta através de uma série de singularidades que demandam maiores cuidados diante das questões cognitivas, de interação e comunicação social e processos de aprendizagem, pelos interesses restrito-repetitivos (Silva, 2020). As pessoas que estão dentro desse espectro, em sua grande maioria, possuem dificuldades no processamento e ordenamento das informações coletadas e percebidas dentro do ambiente, que de acordo com Hebert (2003), se manifestam pela inexistência de sensibilidade para alguns estímulos ou pela sobrecarga sensorial provocada por ela.

Essa modificação do processamento e ordenamento das pessoas com TEA, são provocadas pela receptividade das diferentes informações sensoriais adquiridas por sete sistemas diferentes: olfato, paladar, audição, visão, tato e os de menor popularidade, porém de importância crucial, proprioceptivo e vestibular (Mendes, 2019). De acordo com Serrano (2016), a Integração Sensorial (IS) é o processo neurológico que organiza as sensações entre o corpo de um indivíduo e do ambiente, tornando o seu uso eficiente. Entretanto, para Andrade (2012), as pessoas autistas não são capazes de ordenar essas sensações recebidas no meio externo, o que se dá o nome de Disfunção da Integração Sensorial (DIS).

Pesquisas relatam que há um quantitativo de 40 a 90% de pessoas com TEA que possuem alguma DIS, provocando um impacto considerável na qualidade de vida destes indivíduos e de suas famílias. Essas dificuldades podem ser relacionadas à reatividade sensorial (também chamado de modulação sensorial) ou à discriminação somatossensorial, associadas ao pobre processamento vestibular (Mendes, 2017). Contudo, de acordo com Locatelli (2016), a intervenção multidisciplinar pode se destacar como fator determinante na melhoria da autonomia dos autistas, através dos ganhos de habilidades motoras, sensoriais e cognitivas, respeitando o nível de desenvolvimento e particularidades de cada indivíduo.

Deste modo, esse artigo tem como objetivo apresentar sobre o desenvolvimento de um produto sensorial para pessoas com TEA, a partir da reciclagem de resíduos poliméricos (materiais de suporte) de impressão 3D, como alternativa sustentável e inclusiva, utilizando-se dos atributos da Agenda 21.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada na cidade de Campina Grande-PB. Os resíduos poliméricos obtidos para os experimentos são: o ácido polilático (PLA) e o acrilonitrila butadieno estireno (ABS), adquiridos através do Labter 3D-NUTES, que foram retirados e guardados em sacos plásticos e lacrados para evitar contaminação (Figuras 1, 2 e 3).

Figuras 1,2 e 3: Rejeitos de materiais de suporte do Labtec 3D – NUTES (PLA E ABS, respectivamente).



Autoras, 2020.

Sabido que a forma do resíduo é uma avaliação importante e desejando-se a comparação dos materiais e de seus comportamentos mecânicos (de modo a proporcionar segurança ao público alvo), fez-se pertinente que os mesmos fossem triturados e transformados em partículas compatíveis ao dimensionamento de 0 – grãos (sem comprimento lateral, com partículas  $\leq 8$  mm), estabelecendo uma distribuição uniforme de tamanho e proporcionando bom desempenho ao produto final, conforme Santos (2006) sugere. Para isso foi utilizado o ultra-processador Nutri NINJA Auto IQ, com potência de 1.000 Watts. Essa trituração foi realizada por 10 vezes com os resíduos ocupando a metade da capacidade do recipiente.

Esse processo de trituração foi realizado até se chegar ao dimensionamento esperado e as peças foram moldadas em uma fôrma com ondulações, adquirindo um padrão de uniformidade sensorial durante o processo de derretimento e secagem. Para moldá-los no formato ideal, o material foi submetido ao aquecimento utilizando um forno de bancada Britânia 36L. Já para a realização dos acabamentos finais da peça, foi utilizada a retificadora Dremel 3000 para desbaste das irregularidades.

Do ponto de vista da metodologia de design, utilizou-se o Design Universal (DU), que possui sete princípios básicos para a criação de produtos inclusivos: 1) uso equitativo; 2) flexibilidade de uso; 3) uso intuitivo; 4) informação perceptível; 5) tolerância ao erro; 6) baixo esforço físico e 7) tamanho e espaço para acesso e uso (Bresch, 2008). Para tanto, fez-se necessário comparar o produto sensorial com produtos já existentes no mercado, que exercessem a mesma função prática. Empregando DU dentro da perspectiva autista, foi utilizado como base para a elaboração dos critérios de avaliação os

aspectos sensoriais, descritos no Quadro 1. A partir dele foi possível pensar quais os critérios para se atingir os 7 princípios do DU.

Quadro 1: Modalidades sensoriais e exemplos de comportamentos relacionados a alterações sensoriais dos autistas utilizados como critérios metodológicos.

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: ROSA, 2022.

Além dessa abordagem, para o desenvolvimento do produto sensorial com foco na tecnologia assistiva, percebe-se o *Design Thinking* (Brown, 2008) como uma metodologia pertinente, visto que é um método cíclico e que permite regressar às etapas que não foram bem resolvidas, caso seja verificada alguma ineficiência em seu uso, solucionando-as. Tal metodologia é construída a partir do entendimento da necessidade do indivíduo, da geração de ideias e criação e avaliação de protótipos para os próximos passos de execução de um produto.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O PLA 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 (Pradella, 2006; Guerra, 2010; Oliveira, 2006). Nas últimas décadas suas aplicações como polímero biodegradável estão sendo amplamente estudadas, pois o mesmo apresenta 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 os demais no setor de fibras e têxteis, agricultura, eletrônicos e aparatos domésticos (Pradella, 2006) e na área biomédica, devido à sua característica de biocompatibilidade e bioabsorção (Jahno, 2005). Ele é considerado um material biodegradável, absorvível e biocompatível, possibilitando a fabricação de diversos objetos, dentre eles dispositivos biomédicos (Hamad et al., 2015).

O Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS), é um plástico não biodegradável feito à base de petróleo, amplamente adotado em processos de moldagem por injeção industrial, com ampla utilização na impressão termoplástica devido à resistência, durabilidade e segurança (Campos, 2022). É um dos termoplásticos mais acessíveis em termos de custo e com bastante durabilidade e resistência mecânica (Alzahrani, 2017). Para Besko et al. (20017), esse fator se torna interessante, visto que para o ciclo de vida do produto deve-se considerar que produtos com vida longa não precisarão ser substituídos constantemente, o que demandaria energia e matéria-prima excedentes.

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, como detalhado na Tabela 2.

Tabela 2: Temperaturas de extrusão para alguns dos materiais usados em impressão 3D por FDM.

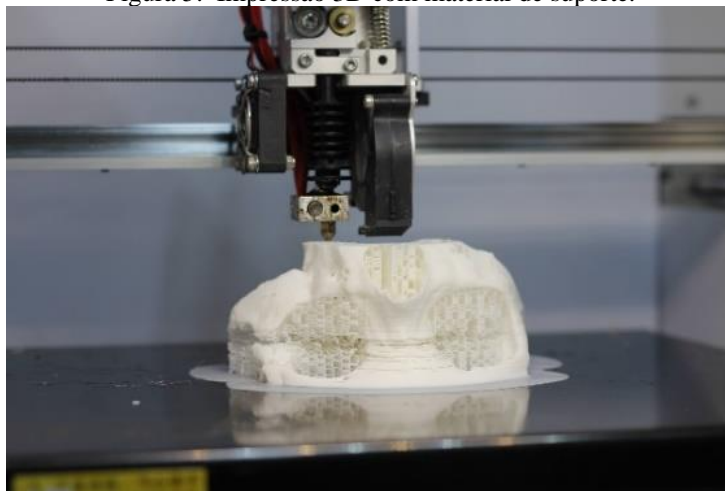
<b>Material</b>	<b>Temperatura de Extrusão (°C)</b>
PLA	180-210
ABS	185-235
PVA	180-200
PETG	220
HIPS	235
PC	280-335

Fonte: Adaptada de Molina, 2016.

Molina (2016), apresenta a velocidade de impressão típica para FDM 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 a definição de 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 (Abreu, 2017).

O enchimento diz respeito à quantidade de material utilizado no interior da peça, que é quantificada pela sua porcentagem. 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. Em grande parte dos processos pode haver a necessidade de adição de material de suporte (Figura 5). 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 (Abreu, 2017).

Figura 5: Impressão 3D com material de suporte.



Fonte: Autora, 2021.

Silva (2007) considera que grande parte dos processos de impressão 3D 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. Segundo o autor supracitado, a trituração e distribuição uniforme de tamanho de *pellets* facilita a mistura de diferentes lotes ou de diferentes composições. 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 (Faria & Pacheco, 2005), resultando em matéria prima para confecção de novos produtos.

Sendo assim, é fundamental assegurar o mínimo de variação da espessura para os *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. Existem três objetivos principais para a redução de tamanho: a) a geração de partículas que podem ser mais facilmente manipuladas do que peças volumosas; b) a geração de partículas de tamanho e formato uniformes que podem ser separadas efetivamente em processos de fluxo e c) a liberação de materiais diferentes uns dos outros.

Trituradoras de corte são geralmente usadas para realizar redução de tamanho grosseiro e liberação (Abreu, 2017).

Desse modo, percebeu-se através dos testes experimentais, que os materiais responderam de maneira satisfatória a moldagem por aquecimento. As etapas para realização dessas amostras foram: a) trituração do PLA e do ABS; b) colocação do PLA e do ABS triturados na fôrma para moldagem antiaderente com desmoldante; d) forno a uma temperatura de 150°C para PLA (temperatura que se apresentou favorável no teste preliminar) e 180°C para o ABS, como pode-se observar no painel de imagens da Figura 6 e do painel de imagens da Figura 7.

Figura 6: Preparação das amostras de PLA para caracterização com fôrma para moldagem com superfície removível.



Fonte: Autora, 2021.

Figura 7: Preparação das amostras de ABS para caracterização com fôrma para moldagem com superfície removível.



Fonte: Autora, 2021.

Com esse método de preparação das amostras foram obtidos resultados condizentes com o esperado, contemplando dados metodológicos. As amostras de PLA apresentaram uma das superfícies confeccionadas com acabamento plano, a outra com texturas uniformes (em formato de pequenos círculos abaulados por toda extensão da peça), como detalhado na Figura 8. Já as amostras de ABS apresentaram ambas superfícies com texturas, sendo a superfície superior com texturas bastante sensoriais e ásperas, e a superfície inferior com os orifícios abaulados provenientes da fôrma moldadora (Figura 9).

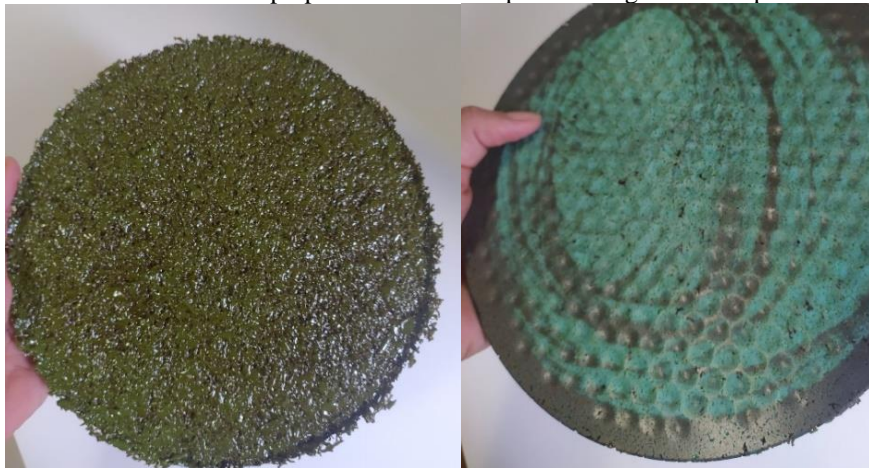


Figura 8: Resultado de amostra de PLA preparada com fôrma para moldagem com superfície inferior removível.



Fonte: Autora, 2021.

Figura 9: Resultado de amostra de ABS preparada com fôrma para moldagem com superfície inferior removível.



Fonte: Autora, 2021.

As DIS afetam diretamente o envolvimento ocupacional do indivíduo com TEA, e o Terapeuta Ocupacional é o profissional que utiliza a abordagem de IS para avaliar e intervir sobre as dificuldades desse processamento sensorial, combinando estímulos sensoriais integrados específicos associados às demandas ocupacionais (envolvendo principalmente o brincar), a fim de favorecer a adaptação ao ambiente, a capacidade prática e organização do comportamento frente a um ambiente rico em sensações (Mendes, 2019).

Dentro da perspectiva da estimulação sensorial, que realiza o método de intervenção preconizando a ativação das áreas sensíveis das pessoas com TEA, utilizando superfícies com aspectos acima do que o indivíduo consegue suportar habitualmente, percebeu-se que para além de uma extensão sensorial com textura, faz-se pertinente o uso de um material mais rígido do que os já disponíveis no mercado (silicone), como observa-se na Figura 10, de modo que o impacto da sensação seja mais intenso, ponto positivo à longo prazo para melhor regulação.

Figura 10: Tapetes sensoriais de silicone.



Fonte: BMB terapêuticos, 2020.

Ao contrário do que se pensa, as pessoas que possuem o TEA podem apresentar evoluções nas questões sensoriais, ao passo que vão crescendo e passando por processos de intervenção terapêuticas (Gadia, 2004; Gaiato, 2016). O design pode contribuir através da defesa do uso de materiais e novos recursos que tenham um baixo impacto ambiental (Albach, 2017), podendo ser utilizado como estratégia sistemática de resolução de problemas para satisfazer necessidades, ampliando a vida útil do produto e lançando novas versões de produtos, para outras finalidades e outros públicos (Smith et al., 2012).

Dentro dessa nova perspectiva de vida, e das novas necessidades humanas ao novo cenário, chama a atenção às necessidades para pessoas com deficiências, que por sua vez, possuem mais dificuldades de adaptação aos padrões e sistemas sociais, há décadas (Bersch, 2008). De acordo com Petry (2019) 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.

Apesar de ambas as amostras, de PLA e ABS, terem apresentado superfícies com texturas e aspectos físicos e estéticos favoráveis a intervenção da IS, o PLA mostrou-se superior quando avaliado a partir dos critérios considerando os aspectos sensoriais dos autistas, detalhados no Quadro 2.

Quadro 2: Critérios para avaliação das amostras em detrimento das disfunções sensoriais das pessoas com TEA.

Aspectos	Critérios	PLA	ABS
VISUAL	Cores atrativas;	SIM	NÃO
	Objetos redondos/sem quinas vivas;	SIM	SIM
	Formato lúdico;	SIM	SIM
	Formato intuitivo.	SIM	SIM
AUDITIVA	Não proporcione ruídos altos	SIM	NÃO
SOMATOSSENSORIAL	Textura forte, mas sem dor;	SIM	NÃO
	Temperatura agradável;	SIM	SIM
	Não proporcione lesões;	SIM	NÃO
		SIM	NÃO

	Não tenha aspereza elevada; Superfície áspera.	SIM	SIM
OLFATIVA	Não ter cheiro forte.	SIM	NÃO
PALADAR	Possa colocar na boca;	SIM	NÃO
VESTIBULAR	Seja estável	SIM	SIM
PROPRIOCEPTIVA	Aguentar peso	SIM	SIM

Fonte: Autoras, 2022.

Percebeu-se que, principalmente nos aspectos visuais, auditivos, somatossensoriais, olfativos e de paladar, o PLA apresentou-se mais viável ao público-alvo, apresentando coloração mais atrativa (que não se modificou com o processo de aquecimento, diferentemente do ABS), com formato abaulado nas extremidades e com texturas uniformes por toda a extensão da peça, que entra em contato com o usuário sem oferecer riscos ao mesmo. Além disso, por ser derivado de petróleo, o ABS trouxe um odor característico e desagradável à peça final. Também proporciona um ruído inapropriado (se em atrito com outros objetos), podendo trazer desconforto às pessoas com TEA.

#### 4 CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que o Design Inclusivo precisa de mais incentivo da indústria brasileira e estudos científicos que contemplem essa temática, considerando dois fatores primordiais: a) as características motoras, cognitivas, emocionais e sociais da população e b) as exigências pedagógicas, psicológicas e físicas impostas pelo meio. Desse modo, viu-se que as características físicas e estéticas do produto, como: o peso, tamanho e forma; são essenciais para que o processo de adaptação seja satisfatório, já que esses aspectos podem contribuir ou dificultar o movimento, a preensão e a manipulação dos materiais pedagógicos.

A metodologia de trituração, pesagem, moldagem e secagem em fôrma para moldagem com superfície inferior removível se mostrou viável para criar produtos sensoriais com resíduos de PLA e ABS, provenientes de impressão 3D. Percebe-se que esse produto aumenta a vida útil de um material que iria ser descartado e degradado no meio ambiente, além de se tornar acessível e viável ao tratamento terapêutico de pessoas com autismo, trazendo potencial social, sustentável e inclusivo ao projeto, contemplando as diretrizes da Agenda 21. Entretanto, apesar de ambos terem chegado aos aspectos sensoriais desejados, em relação ao apropriado às questões sensoriais específicas do público-alvo, o PLA apresentou-se mais satisfatório.

Desse modo, acredita-se que esse trabalho demonstra que é possível criar um produto inclusivo, utilizando princípios da sustentabilidade, atribuindo um novo valor a um resíduo que seria um problema ambiental, criando um produto nacional, alternativa mais acessível aos profissionais da saúde que trabalham com esse tipo de intervenção.

## REFERÊNCIAS

- Abreu, j. T. F. (2017). *Desenvolvimento de uma impressora fdm tipo delta* (doctoral dissertation, universidade do porto (portugal)).
- Agenda 21. Conferência das nações unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento. Rio de janeiro: centro de informações das nações unidas, 1992.
- Albach, d. M. (2017). *Design para sustentabilidade em cenários futuros no setor de embalagens de alimentos em autosserviço. 2017* (doctoral dissertation, tese (doutorado em design). Universidade federal do paraná, paraná).
- Alzahrani, m. (2017). *Modification of recycled poly (ethylene terephthalate) for fdm 3d-printing applications* (master's thesis, university of waterloo).
- Andrade, m. P. D. (2012). Autismo e integra o sensorial-a interven o psicomotora como um instrumento facilitador no atendimento de crianças e adolescentes autistas.
- Araújo, r. C. T., & manzini, e. J. (2001). Recursos de ensino na escolariza o do aluno deficiente físico. *Linguagem, cogni o e ensino do aluno com deficiência. Unesp*, 1-11.
- Bersch, r. (2008). Introdu o   tecnologia assistiva. *Porto alegre: cedi, 21*.
- Besko, m., bilyk, c., & sieben, p. G. (2017). Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3d. *Gestão tecnologia e inova o, 1(3)*, 9-18.
- Boza, m., calgaro, c., & luca, m. (2011). Sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e ecodesenvolvimento: um projeto para uma justiça política-social?-ambiental-âmbito jurídico. * mbito jurídico (online)*.
- Brand, f. (2009). Critical natural capital revisited: ecological resilience and sustainable development. *Ecological economics, 68(3)*, 605-612.
- Brasil. Lei n  12.305 (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 (online)*.
- Brown, t. (2008). Design thinking. *Harvard business review, 86(6)*, 84.
- Camino, r. D., & muller, s. (1993). Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores.
- Campos, l. V. D. (2022). Avalia o do efeito do nível e do tipo de preenchimento nas propriedades mecânicas de corpos de prova fabricados por impressão 3d utilizando o material abs.
- Díaz lantada, a. (2017). Systematic development strategy for smart devices based on shape-memory polymers. *Polymers, 9(10)*, 496.
- Faria, f. P., & pacheco, e. B. A. V. (2011). A reciclagem de plástico a partir de conceitos de produ o mais limpa. *Gepros: gestão da produ o, opera es e sistemas, 6(3)*, 93.

- Gadia, c. A., tuchman, r., & rotta, n. T. (2004). Autismo e doenças invasivas de desenvolvimento. *Jornal de pediatria*, 80, 83-94.
- Gaiato, m. (2016). Autismo: diagnóstico precoce. *Saiba como identificar os sintomas em crianças pequenas*. Recuperado de < [https://pt. Scribd. Com/document/405278694/autismodiagnostico-precoce-mayra-gaiato](https://pt.scribd.com/document/405278694/autismodiagnostico-precoce-mayra-gaiato).
- Hamad, k., kaseem, m., yang, h. W., deri, f., & ko, y. G. (2015). Properties and medical applications of polylactic acid: a review. *Express polymer letters*, 9(5).
- Heber, f., & silva, e. M. D. (2014). Institucionalização da política nacional de resíduos sólidos: dilemas e constrangimentos na região metropolitana de aracaju (se). *Revista de administração pública*, 48, 913-937.
- Hebert, b. B. (2003). *Design guidelines of a therapeutic garden for autistic children*. Louisiana state university and agricultural & mechanical college.
- Jahno, v. D. (2005). Síntese e caracterização do poli (l-ácido láctico) para uso como biomaterial.
- Locatelli, p. B., & santos, m. F. R. (2016). Autismo: propostas de intervenção. *Revista transformar*, 8(8), 203-220.
- Manzini, e., vezzoli, c., & clark, g. (2001). Product-service systems: using an existing concept as a new approach to sustainability. *Journal of design research*, 1(2), 27-40.
- Martins, v. H. C. (2017). *Impressão 3d: uma abordagem de produção mais limpa?* (doctoral dissertation).
- Mendes, j. R. L., de lacerda almeida, k. E., de melo, j. M., & de abranes, m. M. G. (2021). Diagnóstico da disposição final dos resíduos sólidos urbanos no estado da paraíba diagnosis of the final disposal of urban solid waste in the state of paraiba. *Diagnóstico*, 3(1).
- Mendes, j. I., & costa, j. R. (2017). Integração sensorial em crianças com transtorno do espectro autista. *Cadernos da escola de saúde*, 17(2), 1-3.
- Molina, m. G., & guzmán, e. S. (1993). Ecología, campesinado e história: para una reinterpretación del desarrollo del capitalismo en la agricultura. In *ecología, campesinado e história* (pp. 23-130). La piqueta.
- Montenegro, m. A., celeri, e. H. R., & casella, e. B. (2018). *Transtorno do espectro autista-tea: manual prático de diagnóstico e tratamento*. Thieme revinter publicações ltda.
- Palombini, f. L., kindlein junior, w., silva, f. P. D., & mariath, j. E. D. A. (2017). Design, biônica e novos paradigmas: uso de tecnologias 3d para análise e caracterização aplicadas em anatomia vegetal. *Design & tecnologia [recurso eletrônico]*. Porto alegre, rs. N. 13 (2017), p. 46-56.
- Petry, j. R. Design inclusivo: uma proposta de recurso para estímulo sensorial de crianças autistas a partir do método montessoriano.
- Posar, a., & visconti, p. (2018). Alterações sensoriais em crianças com transtorno do espectro do autismo. *Jornal de pediatria*, 94, 342-350.

Pradella, j. G. D. C. (2006). Biopolímeros e intermediários químicos. *Relatório técnico*, (84396-205).  
Preston, f. (2013). Printing with a greener ink. *The world today*, 69, 18.

Rejeski, w. J., ambrosius, w. T., burdette, j. H., walkup, m. P., & marsh, a. P. (2017). Perda de peso comunitária para combater a obesidade e a incapacidade em idosos em risco. *Revistas de gerontologia série a: ciências biomédicas e ciências médicas*, 72(11), 1547-1553.

Rocha, a. N. D. C. (2010). Processo de prescrição e confecção de recursos de tecnologia assistiva para educação infantil.

Rosa, m. E. R. C., & de rangel moreira, a. S. R. (2022). A percepção visual das pessoas com transtorno do espectro autista e suas implicações: uma abordagem a partir da gestalt. *Research, society and development*, 11(11), e56111133416-e56111133416.

Roysen, r., & cruz, t. C. (2020). Educating for transitions: ecovillages as transdisciplinary sustainability “classrooms”. *International journal of sustainability in higher education*, 21(5), 977-992.

Silva, j. A., de carvalho, m. E., caiado, r. V. R., & barros, i. B. R. (2020). As tecnologias digitais da informação e comunicação como mediadoras na alfabetização de pessoas com transtorno do espectro do autismo: uma revisão sistemática da literatura. *Texto livre: linguagem e tecnologia*, 13(1), 45-64.  
Serrano, p. (2016). A integração sensorial: no desenvolvimento e aprendizagem da criança. *Lisboa: papa-letras*.

Smith, s., smith, g., & shen, y. T. (2012). Redesign for product innovation. *Design studies*, 33(2), 160-184.

Wang, n., yu, j., chang, p. R., & ma, x. (2008). Influence of formamide and water on the properties of thermoplastic starch/poly (lactic acid) blends. *Carbohydrate polymers*, 71(1), 109-118.