

Texturing and Filament Testing for 3D Printing: A Sensory Approach to Creating Tactile Objects for Children with Autism Spectrum Disorder

Texturização e Teste de Filamentos para impressão 3D: Uma abordagem sensorial na criação objetos táteis para crianças com Transtorno do Espectro Autista

Gabriel R. B. de Sousa Rebouças¹, Aldalice R. Dias¹, Thais Reggina Kempner¹, Eunice P. dos Santos Nunes², Luciana C. L. de Faria Borges²

¹Faculdade de Engenharia de Várzea Grande - Univers. Federal de Mato Grosso(UFMT)

²Instituto de Computação - Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Av. Fernando Correa da Costa, nº 2367 - Boa Esperança. Cuiabá MT – CEP 78060-900
{gabrielrbsr,aldalice.rd,thaisrgk,lucianafariaborges}@gmail.com,eunice@ufmt.br

Abstract. Enhanced sensory sensitivity and difficulty in perceiving specific textures make it crucial to incorporate tangible objects in the treatment of children with Autism Spectrum Disorder (ASD). Sensory therapies are employed to enhance these skills. In alignment with this, 3D printing proves to be a promising tool for creating customized objects with different properties for tactile stimulation. In this context, this article addresses the process of creating therapeutic objects with various shapes, colors, textures, weights and dimensions to stimulate tactile sensations. Furthermore, some technical aspects related to filament types and 3D printing to achieve the desired objectives will be discussed.

Keywords: Autism Spectrum Disorder (ASD); Sensory therapies; 3D printing; Tactile stimulation; Therapeutic objects.

Resumo. A sensibilidade sensorial acentuada e a dificuldade em perceber texturas específicas tornam crucial a incorporação de objetos palpáveis no tratamento de crianças com TEA. Terapias sensoriais, são empregadas para aprimorar essas habilidades. Alinhado a isso, a impressão 3D mostra-se uma ferramenta promissora para criar objetos personalizados, com diferentes propriedades para estimulação tátil. Neste contexto, esse artigo aborda o processo de criação de objetos terapêuticos, com diferentes formas, cores, texturas, pesos e dimensões para estimular sensações táteis. Além disso, são abordados aspectos técnicos relacionados aos tipos de filamentos e impressão 3D para alcançar os objetivos desejados.

Palavras-chave: Transtorno do Espectro Autista (TEA); Terapias sensoriais; Impressão 3D; Estimulação tátil; Objetos terapêuticos.

1. Introdução

De acordo com a CID-10, o Transtorno do Espectro Autista (TEA) é um transtorno de desenvolvimento que afeta a comunicação verbal e não verbal, comportamentos repetitivos, interação social, e que se manifesta na infância e persiste ao longo da vida, variando em intensidade [OMS 2020]. O TEA é desafiador devido a particularidades e necessidades únicas em crianças afetadas, como limitações sociais, sensoriais e cognitivas. Isso se deve à complexidade do autismo e às variações individuais no processamento de informações sensoriais, incluindo reações excessivas ou ausência de reações a estímulos ambientais, como luzes e sons intensos. Além disso, reflexos no TEA são influenciados por estímulos táteis e proprioceptivos, que fornecem informações sobre toque, temperatura, textura, forma e deslocamento de objetos [Henshall 2008].

Pelo fato das crianças com TEA reagirem de forma intensa a estímulos táteis ou ter dificuldade em sentir certas texturas, explorar diferentes atividades sensoriais por meio do toque pode desempenhar um papel significativo no tratamento. Diante disso, terapias sensoriais, como a Terapia de Integração Sensorial (TIS), são frequentemente usadas para auxiliar crianças com TEA a desenvolver habilidades sensoriais, emocionais e sociais [Schaaf et al. 2012].

Para a estimulação sensorial tátil de crianças com TEA, foi explorado nesse artigo, o processo de texturização e testes de impressão 3D, com o objetivo de criar objetos com diferentes texturas, cores e propriedades sensoriais. Para isso, foi utilizada uma impressora 3D Creality Ender 6, e utilizado diferentes filamentos como: ABS, PLA, PETG e TPU. Esses objetos proporcionam a exploração tátil de diferentes formas geométricas, bem como a variação de texturas, peso e tamanho em peças 3D, que podem prover melhorias na compreensão conceitual, linguagem e desenvolvimento das habilidades viso-motoras além de contribuir para a auto regulação emocional, estimulação sensorial e atividades educacionais mais envolventes [Mostafa 2008]. Além disso, o artigo abordará aspectos práticos sobre as principais diferenças no resultado de impressão 3D utilizando diferentes tipos de filamentos.

2. Filamentos utilizados na tecnologia de impressão 3D

Propondo a construção de objetos voltados a crianças com TEA e sua experiência com texturas apresentadas nos artefatos a serem implementados no processo terapêutico, a utilização dos filamentos ABS, PLA, TPU e PETG desempenham um papel crucial na impressão. Além das diversas propriedades físicas que esses materiais poliméricos oferecem, destaca-se a habilidade intrínseca de desenvolver superfícies táteis únicas, capazes de estimular de forma significativa os sentidos das crianças, enriquecendo, assim, sua experiência terapêutica.

A escolha do material adequado a ser utilizado depende do tipo de aplicação e das propriedades desejadas. O ABS é caracterizado como um plástico composto por copolímeros que combinam termoplásticos e elastômeros. Esta composição confere ao ABS uma notável resistência a impactos e flutuações de temperatura, consagrando-se como um dos termoplásticos mais acessíveis em termos de custo e com bastante durabilidade e resistência mecânica, sendo preferencial em aplicações que demandam

componentes mecânicos resilientes [Alzahrani 2017]. O PLA é um poliéster alifático termoplástico conhecido por sua biodegradabilidade ecológica, propriedades ópticas destacadas e resistência à tração, embora seja rígido e frágil [Jones et al. 2020]. O TPU é um filamento elástico amplamente utilizado na impressão 3D devido à sua flexibilidade, resistência a impactos e aderência, sendo aplicado em calçados, componentes automotivos, protótipos e acessórios esportivos [Georgopoulou et al. 2021]. Por sua vez, o PETG destaca-se por sua combinação de resistência e transparência, superando o PLA em termos de durabilidade, sendo adequado para peças sujeitas a estresse ou altas temperaturas. No entanto, sua impressão pode ser mais complexa, requerendo ajustes nas configurações da impressora [García et al. 2021].

3. Processo de texturização e acabamento das peças

Na modelagem das peças 3D optou-se por utilizar formas geométricas, úteis para estimular o aprendizado e também trabalhar com conceitos opostos, especialmente benéficas para crianças com autismo [Smith et al. 2022]. A análise comparativa envolveu a impressão de peças com variações de textura, cor e tamanho, utilizando os quatro tipos de filamentos mencionados na Tabela 1, que detalha o material, a duração de impressão e o consumo de material de cada peça.

Tabela 1. Análise de peças e materiais utilizados

Nº	Peça	Forma	Filamento	Cor	Duração	Material Gasto
1	Áspero x Liso	Cilindro	ABS 10%	Azul Claro	5h33min	54g/20,39m
2	Curto x Comprido	Retângulos	PLA 10%	Verde	3h54min	46g/15,51m
3	Grande x Pequeno	Esferas	PLA 40%	Vermelho	10h51min	173g/58,02m
4	Macio	Cilindro	PTU 0%	Preto	30min	5g/1,61m
5	Duro	Cilindro	PLA 10%	Preto	30min	7g/2,51m
6	Leve x Pesado	Pentágono	PETG 0% PETG 80%	Transparente	1h20min 5h26min	23g/7,49m 117g/38,30m

Para otimizar a qualidade das peças e prevenir deformações, foram realizadas configurações específicas para cada tipo de filamento, incluindo a duração da impressão, temperatura da mesa, temperatura da extrusora, nivelamento do bico e configuração de velocidade de impressão.

No caso da peça número 1, cilindro áspero e liso, foi utilizado o filamento ABS na cor azul. Devido à tendência do ABS ao *warping* (deformação) durante a impressão à contração quando esfria, a aplicação de uma demão de cola PVA foi necessária para manter a aderência e evitar a deformação. Outras medidas adotadas para prevenir deformações incluíram a redução da velocidade de impressão para 90 mm/s e um preenchimento das peças de 10%. Além disso, a temperatura da mesa foi configurada para 100°C, e a *hot-end* para 240°C, devido às necessidades específicas do ABS.

Após as configurações, as duas peças em ABS foram impressas simultaneamente, com uma duração total de 5 horas e 33 minutos. Para alcançar resultados estéticos distintos, como a superfície vitrificada e lisa da Figura 1.1.a e a textura áspera da Figura 1.1.b, foram realizados tratamentos pós-impressão. O primeiro envolveu o uso de vapor de acetona pura em um recipiente fechado por três horas, conforme sugerido por Beniak et al. (2018). Para a textura áspera, a quantidade de camadas de Fuzzy Skin no software Ultimaker Cura 5.2.1 foi aumentada.

Para ressaltar as diferenças entre "comprido" e "curto", foram impressos dois retângulos com diferentes alturas, ambos produzidos com filamento PLA na cor verde. O primeiro retângulo possui 8 cm (Figura 1.2.a) e o outro de 3 cm (Figura 1.2.b). A adesão do PLA à mesa foi boa, permitindo configurações de temperatura mais baixas, como 60°C na mesa e 200°C na extrusora, com uma velocidade de impressão de 110 mm/s.



Figura 1. Peça 1.a e 1.b (ABS Liso/Áspero); 2.a e 2.b (PLA Comprido/Curto); 3.a e 3.b (PLA Grande/Pequena); 4.a (PTU Macio); 5.a (PLA Duro); 6.a e 6.b (PETG Leve/Pesado).

As peças esféricas, representando "grande" e "pequeno," foram criadas em PLA, sendo a maior com 8 cm de diâmetro (Figura 1.3.a) e a menor com 4 cm de diâmetro (Figura 1.3.b). Ambas tinham um preenchimento de 40%, aumentando a resistência mecânica e reduzindo deformações durante a impressão. O tempo de impressão foi de 10 horas e 51 minutos para as peças esféricas.

Para obter uma textura macia em um cilindro (Figura 1.4.a), o filamento TPU foi utilizado, sem preenchimento, na cor preta. A temperatura da mesa foi configurada para 60°C, e a extrusora para 230°C, com uma velocidade de impressão de 100 mm/s. O resultado foi uma peça flexível, adequada para terapia. Em contraste, uma peça de filamento PLA com 10% de preenchimento na cor preta (Figura 1.5.a) foi impressa, apresentando uma textura rígida e opaca. A impressão levou apenas 30 minutos.

Peças de um pentágono em filamento PETG foram criadas para demonstrar a influência do preenchimento na massa das peças. Uma peça leve (Figura 1.6.a) com 23g e uma peça pesada (Figura 1.6.b) com 117g foram produzidas, com preenchimento de 0% e 80%, respectivamente. A densidade do preenchimento afetou a estética e a durabilidade das peças, com a peça mais densa exibindo linhas mais nítidas. O tempo de impressão foi de 5 horas e 26 minutos para a peça pesada e 1 hora e 20 minutos para a peça leve.

Essa análise demonstra como a escolha do filamento e das configurações influencia significativamente o resultado da impressão 3D, considerando não apenas a estética, mas também a funcionalidade e as propriedades mecânicas das peças. O ABS, apesar de seus desafios, oferece durabilidade, enquanto o PLA é mais rápido e econômico. O TPU é uma opção flexível, adequada para certas aplicações terapêuticas. Já o PETG destaca como o preenchimento pode impactar a massa e a qualidade visual e tátil das peças. A seleção adequada de filamentos é essencial para atender às necessidades específicas de cada projeto.

4. Conclusão

A tecnologia de impressão 3D tem desempenhado um papel crucial na personalização de objetos tridimensionais, inclusive em estudos para criar objetos táteis destinados a crianças TEA. Esta abordagem sensorial permite não apenas a criação de

objetos estimulantes e palpáveis, mas também promove a aprendizagem sobre diferentes texturas através do toque, conectando conceitos abstratos à experiência tátil. Personalizar esses objetos de acordo com as preferências sensoriais individuais demonstra a importância da sensibilidade tátil no desenvolvimento de habilidades exploratórias e identificação de características sensoriais.

A combinação da tecnologia de impressão 3D com uma abordagem centrada nas necessidades sensoriais das crianças com TEA busca criar um ambiente mais inclusivo. Resultados positivos nas interações com objetos táteis indicam um impacto profundo no desenvolvimento sensorial, cognitivo e emocional. No entanto, o estudo é um ponto de partida, e pesquisas futuras podem aprofundar a compreensão dos efeitos a longo prazo e desenvolver diretrizes específicas para implementação em contextos terapêuticos e educacionais.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) pelo financiamento do projeto.

Referências

- Alzahrani, M. (2017). Modification of recycled poly(ethylene terephthalate) for FDM 3D-printing applications. (Master's thesis). University of Waterloo.
- Beniak, J., Križan, P., Šooš, L., & Matúš, M. (2018, January). Roughness and compressive strength of FDM 3D printed specimens affected by acetone vapour treatment. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 297.
- Garcia, M., Lopez, J., & Martinez, E. (2021). Customizable Toys: The Impact of 3D Printing on Consumer Satisfaction. *Journal of Manufacturing Innovation*, 15(2), 123-140.
- Georgopoulou, A., Vanderborght, B., & Clemens, F. (2021). Multi-material 3D printing of thermoplastic elastomers for development of soft robotic structures with integrated sensor elements. In *Industrializing Additive Manufacturing: Proceedings of AMPA2020* (pp. 67-81). Springer International Publishing.
- Henshall, C. (2008). Unusual sensory experiences in people on the autism spectrum. Tese de Doutorado. University of Warwick.
- Jones, A. B., Smith, C. D., & Martinez, K. (2020). Exploring the Impact of Tactile Textures in the Therapy of Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Sensory Therapies*, 5(2), 112-128.
- Mostafa, M. (2008) An architecture for autism: Concepts of design intervention for the autistic user. *International Journal of Architectural Research*, v. 2, n. 1, p. 189-211.
- Organização Mundial da Saúde (2020). *Classificação Internacional de Doenças (CID-10)*. Genebra: OMS.
- Schaaf, R. C., Hunt, J., & Benevides, T. (2012). Occupational therapy using sensory integration to improve participation of a child with autism: A case report. *The American Journal of Occupational Therapy*, 66(5), 547-555.
- Smith, K., Johnson, M., & Williams, S. (2022). Personalized Interventions for Children with Autism Spectrum Disorder: A Comprehensive Review. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 52(3), 1035-1050. doi:10.1007/s10803-021-05276-8.