

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LETÍCIA BARCALA GONÇALVES DA SILVA

**PROJETO E MANUFATURA DE UM PROTÓTIPO DE BRINQUEDO EDUCATIVO
COM USABILIDADE BASEADA NA ABORDAGEM STEAM**

LONDRINA

2022

LETÍCIA BARCALA GONÇALVES DA SILVA

**PROJETO E MANUFATURA DE UM PROTÓTIPO DE BRINQUEDO EDUCATIVO
COM USABILIDADE BASEADA NA ABORDAGEM STEAM**

**Design and Manufacture of an Educational Toy Prototype with Usability Based
on STEAM Approach**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Janaina Fracaro de Souza Gonçalves.

LONDRINA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LETÍCIA BARCALA GONÇALVES DA SILVA

**PROJETO E MANUFATURA DE UM PROTÓTIPO DE BRINQUEDO EDUCATIVO
COM USABILIDADE BASEADA NA ABORDAGEM STEAM**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

29/Novembro/2022

Janaina Fracaro de Souza Gonçalves
Doutorado em Engenharia Mecânica Aeronáutica
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Roger Nabeyama Michels
Doutorado em Agronomia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcos Massaki Imamura
Mestrado em Engenharia Industrial
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LONDRINA

2022

Dedico este trabalho às nossas crianças interiores. Como um pequeno amigo uma vez me disse: não podemos deixar as nossas crianças imaginadoras para trás, mesmo quando crescemos por fora.

AGRADECIMENTOS

Ao projeto de extensão Laboratório Móvel de Ensino de Engenharia e Metodologias Ativas de Ensino, que abriu portas para a realização deste trabalho e proporcionou conhecimentos base para que ele fosse realizado.

Ao PistoBusão, por ter me proporcionado muitos aprendizados e a oportunidade de aplicar a STEAM na prática e conhecer crianças, jovens e educadores do Brasil todo, que inspiraram o presente trabalho e colaboraram com as etapas de pesquisa de mercado e de público alvo.

À minha orientadora, professora Dra. Janaina Fracaro de Souza Gonçalves, por ter fundado e orientado o projeto de extensão, bem como prestado apoio para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu namorado, Marco, por ter fundado conosco o PistoBusão e por todo o apoio durante o processo de desenvolvimento deste trabalho, bem como à minha família, especialmente aos meus pais, Viviane e Gabriel, também pelo apoio, incentivo e aconselhamento, durante toda a minha graduação.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Londrina, especialmente ao Departamento Acadêmico de Engenharia Mecânica, pela minha formação, e à Diretoria de Relações Empresariais e Comunitárias (DIREC), bem como à Diretoria de Graduação e Educação Profissional (DIRGRAD) da UTFPR Campus Londrina, por terem fornecido apoio financeiro para a realização do trabalho.

E, por fim, a todos que fizeram parte, diretamente ou indiretamente, da minha graduação e do desenvolvimento do protótipo do brinquedo. Não caberia meus agradecimentos específicos, mas deixo registrada a minha gratidão a todos que acreditaram na concretização da minha graduação e colaboraram com essa reta final do curso.

O brincar é atividade fundamental para
crianças pequenas, é brincando que
elas descobrem o mundo, se
comunicam e se inserem em um
contexto social.
(NAVARRO, 2009).

RESUMO

O presente trabalho consiste na utilização do modelo unificado de processo de desenvolvimento de produto para projetar e na impressão 3D para fabricar um protótipo de brinquedo educativo com uma trilha de aprendizagem que tenha como objetivo aplicar a Abordagem STEAM de maneira eficaz, possibilitando a crianças de 6 a 12 anos a aprendizagem concreta, ativa, investigativa, transdisciplinar, colaborativa e reflexiva de conceitos de ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática em conjunto com o desenvolvimento integral das crianças em questão, sendo uma opção de brinquedo comercializável, seguro e divertido a elas. Essa iniciativa foi motivada pela falta de recursos disponíveis no mercado que realmente utilizem a Abordagem STEAM de maneira correta, aprofundada e significativa, brinquedos que estimulem a criatividade, a imaginação e a autonomia da criança, e também pela demanda educacional por formas ativas e interessantes de aprender e ensinar, ambos verificados durante a participação da autora no projeto de extensão Laboratório Móvel de Ensino de Engenharia e Metodologias Ativas de Ensino. Após o desenvolvimento e a fabricação do primeiro protótipo, um grupo de crianças foi responsável por testá-lo, momento no qual avaliações foram feitas, para possibilitar otimizações no protótipo e outro teste, digital, até que se chegasse nas conclusões de que o protótipo foi aprovado, o seu processo de desenvolvimento foi realizado com sucesso, tanto por parte do desenvolvimento do produto, quanto em questão de aplicação de conceitos da graduação de Engenharia Mecânica, e, por fim, na conclusão de que é, sim, possível aprender brincando.

Palavras-chave: educação; produto; pedagógico.

ABSTRACT

The present work consists of using the unified model of product development process to design and 3D printing to manufacture an educational toy prototype with a learning path that aims to apply the STEAM Approach effectively, enabling children aged 6 to 12 years concrete, active, investigative, transdisciplinary, collaborative and reflective learning of concepts of science, technology, engineering, arts and mathematics together with the integral development of the children in question, being a marketable, safe and fun toy option to them. This initiative was motivated by the lack of resources available in the market that actually use the STEAM Approach in a correct, in-depth and meaningful way, toys that stimulate the child's creativity, imagination and autonomy, and also by the educational demand for active and interesting ways of learn and teach, both verified during the author's participation in the extension project Mobile Laboratory for Teaching Engineering and Active Teaching Methodologies. After the development and manufacture of the first prototype, a group of children was responsible for testing it, at which time evaluations were made, to enable optimizations in the prototype and another test, digital, until the conclusion was reached that the prototype was approved, its development process was carried out successfully, both in terms of product development and in terms of applying concepts from the Mechanical Engineering graduation, and, finally, in the conclusion that it is, indeed, possible to learn by playing.

Keywords: education; product; pedagogical.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Primeira Pirâmide da STEAM	18
Figura 2 – Pirâmide da STEAM atual	19
Figura 3 – Faturamento das indústrias de brinquedos	27
Figura 4 – Modelo Unificado de PDP	30
Figura 5 – Projeto informacional.....	31
Figura 6 – Projeto conceitual	32
Figura 7 – Fluxograma com etapas do desenvolvimento	34
Figura 8 – Faixa etária dos educadores	41
Figura 9 – Tempo de trabalho na educação.....	41
Figura 10 – Componentes curriculares dos educadores.....	42
Figura 11 – Gráfico relativo ao uso de brinquedos na educação.....	43
Figura 12 – Características essenciais em brinquedos, para os educadores....	44
Figura 13 – Idades das crianças	45
Figura 14 – Características essenciais em brinquedos, para os pais	48
Figura 15 – Brinquedos preferidos das crianças	49
Figura 16 – Características preferidas nos brinquedos, para as crianças	49
Figura 17 – Função global do brinquedo	57
Figura 18 – Impressora 3D Ender 3	62
Figura 19 – Impressora 3D GTMax H4	62
Figura 20 – Modelos em 3D das peças	63
Figura 21 – Peças sendo impressas em 3D	63
Figura 22 – Frente do modelo de carta desafio	67
Figura 23 – Verso do modelo de carta desafio	67
Figura 24 – Modelo de caixa para as cartas	68
Figura 25 – Modelo de caixa do brinquedo	69
Figura 26 – Peças prototipadas em 3D.....	69
Figura 27 – Primeiro teste com crianças.....	70
Figura 28 – Crianças brincando com as peças.....	70
Figura 29 – Montagem do palhaço equilibrista.....	70
Figura 30 – Montagem da cobra de três cabeças.....	71
Figura 31 – Modelagem das novas peças	73
Figura 32 – Teste digital com as peças otimizadas.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Análise dos produtos semelhantes	39
Quadro 2 - Cronograma.....	51
Quadro 3 – Necessidades dos clientes e especificações do produto	55
Quadro 4 – Matriz de seleção de conceito dos desafios	59
Quadro 5 – Matriz de seleção de conceito das peças.....	60
APÊNDICE A – Peças do primeiro protótipo	84
APÊNDICE B – Parâmetros utilizados na impressão.....	87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABP	Aprendizagem Baseada em Projetos
ABRINQ	Associação Brasileira dos Fabricantes de Brinquedos
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAD	Computer Aided Design
CEO	Chief Executive Officer
DWG	DraWinG format
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NBR	Norma Brasileira
NM	Norma Mercosul
NSF	National Science Foundation
ONU	Organização das Nações Unidas
PDCA	Plan, Do, Check, Act
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
RPG	Role-Playing Game
SMET	Science, Mathematics, Engineering, Technology
STEAM	Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics
STEM	Science, Technology, Engineering, Mathematics
TDAH	Transtorno de Déficit de Atenção com Hiperatividade
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	PRÉ-PROJETO	15
2.1	Revisão Bibliográfica	15
2.1.1	Abordagem STEAM.....	15
2.1.2	Brinquedos.....	24
2.1.3	Processo de Desenvolvimento de Produtos – PDP	28
2.2	Objetivos	33
2.2.1	Objetivo geral.....	33
2.2.2	Objetivos específicos	33
2.3	Metodologia	34
3.	PRÉ-DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO	37
3.1	Planejamento Estratégico	37
3.2	Planejamento do Projeto	50
4.	DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO	53
4.1	Projeto Informacional	53
4.2	Projeto Conceitual	56
4.3	Projeto Detalhado	61
5	RESULTADOS	66
6.	DISCUSSÃO	76
7.	CONCLUSÃO	78
8.	TRABALHOS FUTUROS	79
	REFERÊNCIAS	80
	APÊNDICE A - Relação das peças do primeiro protótipo	83
	APÊNDICE B - Parâmetros da prototipagem em 3D	86

1 INTRODUÇÃO

Logo no início do século XXI, concretizou-se uma abordagem chamada STEAM, em um cenário onde o fato do educador somente transferir conhecimento aos alunos não era mais uma possibilidade viável, de acordo com a literatura “STEAM em Sala de Aula”, de Bacich e Holanda (2020).

Rápidos avanços culturais, sociais e tecnológicos nos possibilitam concluir que o futuro das crianças de hoje ainda é incerto. Portanto, como prepará-las para ele?

É preciso mais do que conhecimento teórico e domínio de conceitos da grade curricular: a capacidade de aplicá-los em situações reais e habilidades pessoais bem desenvolvidas, como comunicação, liderança, responsabilidade, paciência, pensamento crítico e, a qual acredito ser a habilidade mais promissora, a criatividade.

Até porque, atualmente, o acesso a informações é muito mais fácil, por meio da internet, nos fazendo refletir acerca da real necessidade de conteúdos da educação básica serem decorados, como acontecia, não muitos anos atrás.

Pensando nisso, a educação básica brasileira está mudando, a exemplo do que já vem sendo feito em outros países, principalmente nos Estados Unidos. Alunos vêm sendo colocados no papel de protagonistas do próprio processo de aprendizagem, nas chamadas Metodologias Ativas de Ensino, ganhando mais autonomia, liberdade e responsabilidade, sendo instigados a construir conhecimento e resolverem problemas, deixando de lado a simples replicação de conhecimentos vindos do educador, tão característica do ensino tradicional.

A própria Base Nacional Comum Curricular já cobra que os estudantes não apenas tenham saberes, mas também saibam aplicá-los em situações reais, “considerando a mobilização desses conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho” (Brasil, 2018, p.13).

E essa transformação fez surgir uma demanda por recursos didáticos, como brinquedos educativos, capazes de incentivar a aprendizagem prática de conceitos da grade curricular e promover o desenvolvimento de habilidades e competências sociais, emocionais, culturais, motoras e cognitivas, bem como auxiliar os professores em sala de aula a abordarem seus conteúdos de maneira

ativa e envolvente, resgatando o interesse e a motivação de crianças e adolescentes pela educação básica.

Dados, assim como os indicados abaixo, também mostram que a procura por novos brinquedos, educativos, de apelo pedagógico, está aumentando de forma geral, não somente por vendas a escolas e educadores, mas também a pais e responsáveis que buscam por opções no mercado que possibilitem o desenvolvimento integral de suas crianças, um maior tempo de entretenimento a elas e a diminuição do tempo de tela, já que a tecnologia, jogos e videogames, também crescem cada vez mais.

Em entrevista para o site “Isto é Dinheiro”, em dezembro de 2018, Pedro Luiz Sani, psicanalista e professor da ESPM afirmou que “Dar brinquedos caros é muitas vezes uma tentativa de reparar a culpa de trabalhar demais, de deixar a criança muito tempo na escola. Temos uma geração de pais que, quando eram filhos, receberam essa reparação. Agora, eles querem fazer diferente.”

Já em uma entrevista para a Folha de São Paulo, Rosaria Pilia, fundadora do PlayLab, fabricante e revendedora de brinquedos criativos e educativos, afirmou que "Assim que a pandemia começou, os pais perceberam que teriam mais tempo em casa com os filhos e buscaram novas formas de entretê-los.”

De acordo com pesquisas realizadas pelo Euromonitor International, o mercado de brinquedos educativos vem crescendo desde 2016. No ano seguinte, os STEM Toys (brinquedos STEM), acrônimo esse precursor do STEAM, aumentaram suas vendas em 7%. E, inclusive com a pandemia, esse mercado de brinquedos tradicionais, com âmbito educativo, continuou a crescer, até mais do que o esperado de 1%: 3,16% em 2020, sendo que as duas subcategorias de maior impacto nesse crescimento foram as de brinquedos de construção (23,68%) e brinquedos de quebra-cabeças, puzzles (17,82%).

2 PRÉ-PROJETO

Para o presente trabalho, estudos sobre a abordagem STEAM, brinquedos e processo de desenvolvimento de produto foram essenciais.

2.1 Revisão Bibliográfica

Nesta seção, serão apresentados aprofundamentos teóricos sobre os 3 tópicos deste trabalho: a abordagem STEAM, brinquedos didáticos e o processo de desenvolvimento de produtos, que direcionaram o desenvolvimento em questão.

2.1.1 Abordagem STEAM

De acordo com a obra literária de Lilian Bacich e Leandro Holanda (2020), “STEAM em Sala de Aula”, durante o período da Guerra Fria, em meio a tensões geopolíticas e grandes avanços científicos e tecnológicos ao redor do mundo, mas, principalmente, nos Estados Unidos, verificou-se uma necessidade política e econômica de desenvolvimento científico e tecnológico, uma vez que ele passou a ser símbolo, senão caminho, para o poder de uma nação, em uma corrida por desenvolvimento que, ao passo em que demandou profissionais qualificados nessas áreas, expôs a falta deles, e ainda de incentivo para a formação deles, para que as crianças e adolescentes pudessem se interessar por carreiras nessas áreas.

A partir desse período, ainda de acordo com a mesma obra, ciência, tecnologia, engenharia e matemática passaram a ser bastante enfatizadas, recebendo investimentos e incentivos. Até que, na década de 1990, surgiu o termo SMET, um primeiro acrônimo, significando Science, Mathematics, Engineering, Technology (Ciências, Matemática, Engenharia, Tecnologia), utilizado pela National Science Foundation (NSF), o qual, no início da década de 2000, passou a ser tratado como STEM, mantendo-se o significado das letras, porém, com uma mudança de ordenação.

A proposta dessa abordagem era a de unir, integrar, e valorizar as 4 áreas, usando-as em conjunto para gerar soluções eficientes, criativas e

inovadoras para problemas e desafios do mundo real. Ela surgiu com uma visão construtivista e construcionista, entendendo que o conhecimento real deveria ser construído, já que informações em si eram cada vez mais fáceis de serem encontradas. Então, a grande questão era saber utilizá-las de forma a resolver problemas, e isso deveria ser feito por meio de ações concretas, tendo como objetivo desenvolver produtos palpáveis, projetos, na visão da abordagem.

Desde então, o acrônimo passou a ser amplamente utilizado, na política, no setor industrial, na economia, no mercado de trabalho, na educação, incentivando uma aceleração da produção e acreditando que isso levaria ao poder da nação. Aqui, ainda se entende, como nação principal, os Estados Unidos, já que a abordagem tinha o país como seu foco de investimento, e não era muito difundida em outras regiões do globo.

Entretanto, Bacich e Holanda (2020) explicam que, quase que ao mesmo tempo em que ocorreu a mudança no acrônimo, o movimento também sofreu grande alteração, norteadas pela reflexão de que, se a proposta da STEM era a de abordar temáticas reais de maneira integrada e transdisciplinar, como elas são, no mundo real, e como ela era, já nessa época, por que as humanidades, as ciências sociais, as artes, estavam sendo completamente excluídas do movimento?

E a resposta para esse questionamento foi que a área humana era tão importante quanto as demais, e, portanto, deveria ser incluída na abordagem, para possibilitar a aprendizagem holística, ou seja, a formação integral dos alunos, intencionada desde o princípio.

Até porque, ao falar-se em século XXI, vêm em mente as tão comentadas habilidades do século XXI, por alguns chamadas de Soft Skills, como a criatividade, o trabalho em equipe, a organização, a responsabilidade, a comunicação, a proatividade, que entraram em foco com as mudanças socioculturais e o avanço tecnológico desenfreado da passagem de séculos e fizeram-se essenciais para qualquer um que, em sua vida profissional e pessoal, lidasse com outras pessoas: grande maioria da população, senão todas as pessoas em si.

Além disso, olhares voltaram-se para as pessoas por trás da ciência, da tecnologia, da engenharia e da matemática, que, por mais que sejam áreas ditas como exatas, são feitas por humanos e, por isso, sofrem grande influência

deles. Então, concluiu-se que não faria sentido ignorar toda essa área.

Diante desse contexto de valorização do humano e da facilidade de acesso a informações que a tecnologia proporcionou, somente o intelectual, o conhecimento técnico, definitivamente não era suficiente.

Então, de acordo com Quigley e Herro (2019), na literatura “An Educator’s Guide to STEAM: Engaging Students Using Real-World Problems”, de título traduzido “Um Guia de STEAM para Educadores: Engajando Estudantes com Problemas de Mundo Real”, foi adicionada ao acrônimo mais uma área, as Artes, trazendo consigo ciências sociais e o lado humano, artístico, filosófico, para completar a Abordagem e formar o que hoje conhecemos por STEAM: uma postura que busca solucionar temáticas reais de maneira integrada, transdisciplinar, colaborativa, investigativa e reflexiva, que não mais valoriza somente as exatas como geradoras de poder e riquezas, mas sim reconhece todas as áreas e disciplinas como hierarquicamente iguais, onde conhecimento é o mais importante, independentemente de qual área ele seja.

Na Educação, ainda no início do século XXI, a STEAM ganhou forças com a ascensão do movimento Maker (Faça Você Mesmo) e das Metodologias Ativas. Embora a sua aplicação ainda tenha muitas variações, está em seu cerne a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), que é uma Metodologia Ativa de Ensino que surgiu no início do século XX, no âmbito das graduações de medicina, e consiste em incentivar a protagonização dos estudantes em sala de aula mediante a proposta de problemas significativos do mundo real, a serem abordados e solucionados por meio de projetos colaborativos, de acordo com o livro “Aprendizagem Baseada em Projetos: Educação Diferenciada para o Século XXI”, de Willian N. Bender.

Um dos mais importantes marcos da STEAM foi a sua estruturação como abordagem educacional, em 2006, por meio do primeiro modelo teórico proposto, idealizado pela pesquisadora e educadora norte-americana Georgette Yakman, CEO da STEAM Education.

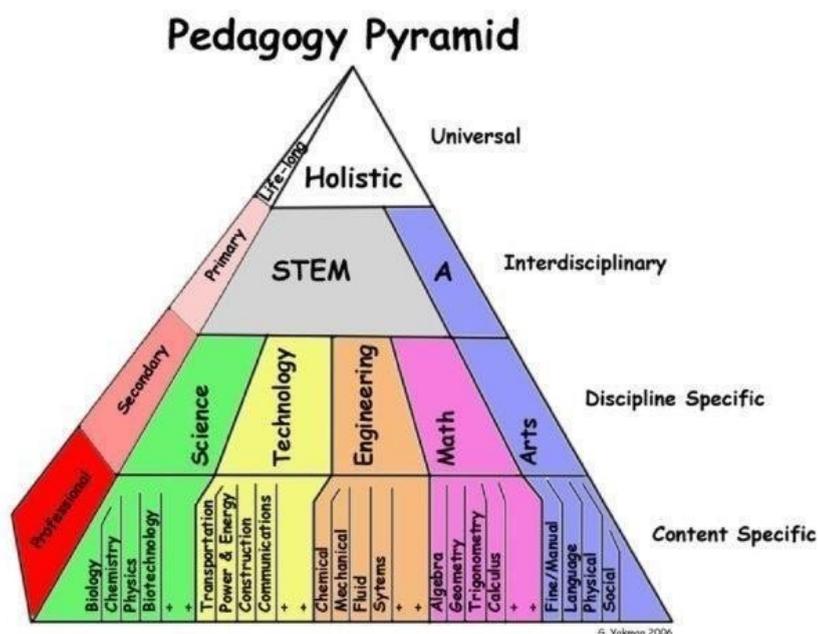
Essa estrutura, a qual dá-se o nome de Pirâmide da Educação STEAM, sofreu várias evoluções ao longo do ano, sendo que a primeira e a última versões estão representadas pelas figuras 1 e 2, respectivamente, já considerando como base metodológica a Aprendizagem Baseada em Projetos.

A figura 1, em inglês, compreende, ao lado esquerdo, os 4 níveis

educacionais, profissional, secundário, primário e vitalício. Já ao lado direito, estão classificadas as modalidades de conhecimento: conteúdos específicos, disciplinas específicas, interdisciplinar e universal. No centro, da pirâmide, as 5 áreas STEAM são expostas. Na base, de forma destrinchada, estão os aspectos envolvidos em cada área: biologia, química, física e biotecnologia em ciências; transporte, energia, construção e comunicação em tecnologia; química, mecânica, fluidos e sistemas na engenharia; álgebra, geometria, trigonometria e cálculo na matemática; e arte fina ou manual, linguagem, arte motora e questões sociais em artes.

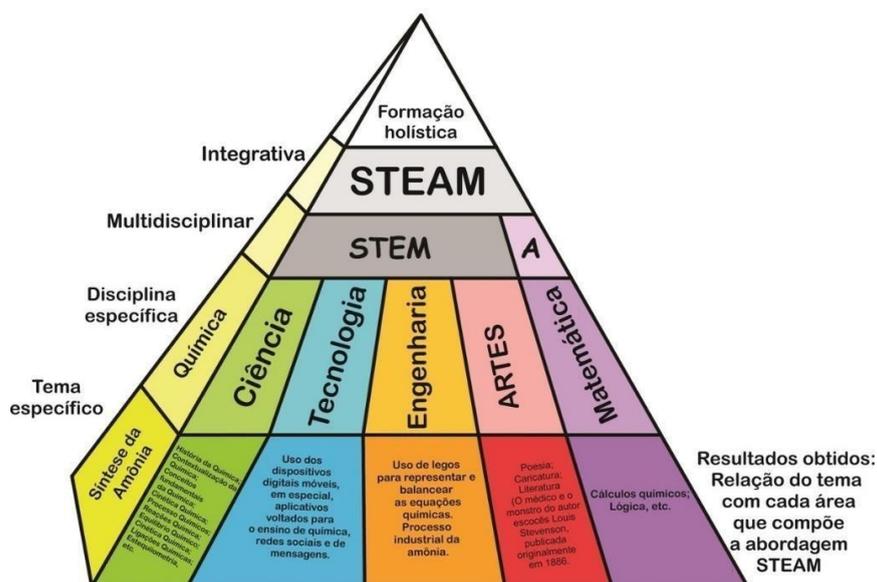
No andar imediatamente superior da pirâmide, os nomes das 5 áreas: ciências, tecnologia, engenharia, matemática e artes. No outro, as 4 primeiras áreas são unidas para formar a STEM, e o “A” de artes fica anexado ao lado. No topo da pirâmide, o último andar, a palavra holística, como objetivo da abordagem.

Figura 1 – Primeira versão da pirâmide pedagógica da STEAM.



O modelo atual da pirâmide compreende uma evolução do primeiro, compartilhando mesma visão e proposta, entretanto, considerando aspectos mais abrangentes para cada uma das áreas e apresentando vínculo mais direto com a educação em si, como pode ser verificado por meio da figura 2.

Figura 2 - Versão atual da pirâmide pedagógica da STEAM.



Fonte: Adaptado de STEAM Education (2018).

O modelo, de acordo com o site oficial da STEAM Education e também com análises dele feitas por Bacich e Holanda (2020), elabora as abrangências de cada área, exemplificando alguns conteúdos específicos envolvidos em cada uma delas, e propõe a ultrapassagem da multidisciplinaridade do trabalho conjunto das disciplinas em torno do mesmo tema, e até mesmo a integração total delas, objetivando a transdisciplinaridade, para que se chegue à abordagem STEAM, que é a educação holística no topo da pirâmide, ou seja, uma forma de ensino-aprendizagem que estimula os alunos não somente em aspectos intelectuais, integrando conhecimentos para resolver problemas, mas também de forma social, cultural, emocional e motora, proporcionando experiências sensoriais, significativas, olhando para o ser-humano como um todo, com diferentes aspectos a serem explorados.

Na versão mais atual da Pirâmide, o “S” de ciências envolve a ciência da vida (biologia), da natureza (física), da matéria (química) e da Terra (geografia), bem como todas as suas ramificações, a exemplo da arqueologia, da farmacêutica, da mecânica quântica e da astronomia. Já a tecnologia é uma das áreas mais abrangentes, por ter seu foco na evolução, na inovação, e, ao mesmo tempo, ela própria estar sempre em evolução.

Um erro comum é considerar no “T” somente robótica, computação, informática e similares. Entretanto, Bacich e Holanda (2006) explicam que é

necessário entender que tudo que é novo e/ou sofreu alguma otimização é tecnologia, seja isso em qual área for. Portanto, desde a tecnologia dos novos trajes esportivos, equipamentos de ponta na indústria alimentícia, até novos materiais de construção civil, são considerados nessa área também, mesmo que eles não tenham uma linha de código de programação em sua concepção.

Já o “E” da engenharia envolve, claro, todas as engenharias e o que as compreende, e a matemática está completa no “M” da abordagem, incluindo álgebra, geometria, trigonometria, probabilidade, estatística etc.

Possivelmente, a área que mais engana quem não conhece a fundo a STEAM é a mais recém incluída, o “A”. Isso porque, por artes, pensamos logo em pinturas, desenhos, esculturas, fotografias, música, teatro. E, claro, todos esses exemplos estão inclusos, afinal, são eles artes visuais e/ou performáticas.

Todavia, existem outras duas categorias de artes que não podem ser deixadas de lado: as literárias, como contos, poesias, mitos, lendas, poemas, formas de comunicação e expressão em geral, e as sociais, que representam a arte como maneira de humanização e envolvem as ciências sociais, a filosofia, a história e tudo o que relaciona o ser-humano e o seu meio. Todos esses conhecimentos envolvidos nas áreas estão bem descritos no site STEAM Edu, de Georgette Yakman, de onde foram retiradas as imagens das pirâmides.

É interessante pontuar também que os esportes, que, normalmente são incluídos nas ciências, também têm aspectos artísticos, ao serem formas de entretenimento, e expressão, e que é possível que uma manifestação artística seja pertencente a mais de uma categoria, a exemplo das histórias em quadrinhos, que são visuais pelos desenhos e literárias pelos textos, e o próprio cinema ou o teatro que compartilham as artes performáticas, visuais e literárias.

É importante salientar que cada área agrega à abordagem não somente conteúdos, mas também visões, perspectivas. Assim como a ciência incentiva a experimentação, a criação de hipóteses e a investigação, a engenharia estimula a resolução de problemas, a análise, a otimização e a gestão, a matemática exige cálculo, determinação, comparação, representação, a tecnologia visa a inovação, a criatividade, a eficiência e as artes a expressão, a significância, a imaginação, a representatividade.

Com relação à funcionalidade da abordagem na prática, Quigley e Herro (2019) definem que uma proposta STEAM não pode deixar de ter uma

situação-problema relacionada de alguma forma com o mundo real, que desafie os alunos a criarem e testarem protótipos capazes de solucioná-la. A proposta principal, de acordo com essa literatura, é tornar os alunos mais reflexivos e capazes de resolver problemas de forma criativa e interligada, considerando vários aspectos de um mesmo tema, que é onde se destaca a integração das áreas STEAM.

De acordo com o PistoBusão, em publicação realizada em seu site, a Abordagem STEAM conta com 3 pilares que são essenciais e devem estar presentes em toda aplicação dela: investigação, desenvolvimento (de projeto) e integração (de pessoas, de conhecimentos e de habilidades).

Desde a sua mudança de STEM para STEAM, ela vem sendo explorada em instituições de todo o mundo, incluindo algumas das mais renomadas da história, como o Massachusetts Institute of Technology (MIT), a Universidade Yale, a Universidade Cambridge e a Fundação Siemens, como uma referência brasileira, que investem em STEAM anualmente.

Hoje, ela é utilizada também no ensino básico e em outras áreas do superior, sendo um método eficaz na busca por aprendizagens significativas, envolventes e aprofundadas, corroborando também para o desenvolvimento integral (intelectual, social, cultural, emocional e motor) dos estudantes, e o modelo de Georgette ainda é o principal referenciado.

De acordo com Brouillette e Graham (2016), apenas 9 horas de convívio com a aprendizagem STEAM resultaram em melhorias no desempenho de alunos, ao que se tange à disciplina de ciências. Os autores do artigo “Using Arts Integration to Make Science Learning Memorable in the Upper Elementary Grades: A Quasi-Experimental Study” afirmam que a abordagem STEAM aplicada no período de alfabetização de crianças promove, além do desenvolvimento intelectual, a facilidade de aprendizagem em matemática e melhora as habilidades de alfabetização em si.

Com relação ao Brasil, referências em STEAM ainda são escassas, sendo o livro “STEAM em Sala de Aula”, organizado por Lilian Bacich e Leandro Holanda (2020) uma das únicas obras publicadas até então sobre a abordagem e a referência principal do presente trabalho, em conjunto com experiências e produções próprias da autora, vivenciadas em quase 3 anos de aplicação dela na educação, com mais de 400 alunos e educadores da educação básica

(educação infantil, ensino fundamental e ensino médio) de todo o Brasil, por meio do projeto Laboratório Móvel de Ensino de Engenharia e Metodologias Ativas de Ensino, que veio a dar origem ao PistoBusão.

Inclusive, o projeto de extensão Laboratório Móvel de Ensino de Engenharia e Metodologias Ativas de Ensino é outro exemplo que aplica a Abordagem STEAM. Desde 2019, o projeto vem estudando sobre ela e aplicando com turmas de educação infantil, ensino fundamental e médio e também com grupos de educadores, de diferentes disciplinas, oferecendo mentorias, acompanhamentos escolares e oficinas, on-line e presenciais, tendo já atuado em 15 estados brasileiros e atingido cerca de 400 alunos das redes pública e particular, incluindo casos de alunos no Espectro Autista, com TDAH, Altas Habilidades / Superdotação, deficiências físicas, visuais e auditivas.

Durante esses quase 3 anos de atuação do projeto, a STEAM vem sendo aplicada de maneira divertida, obtendo resultados como a verificação de melhoras comunicativas, emocionais e cognitivas de alunos, o aumento do engajamento de crianças e adolescentes nas aulas e da motivação deles na educação, conseguindo feedbacks positivos de educadores e responsáveis dos alunos, o que indica que a aplicação da abordagem é um processo vantajoso e que pode ser realizado com poucos recursos, já que grande parte dos materiais utilizados no desenvolvimento de projetos em propostas STEAM são recicláveis e/ou caseiros, facilmente encontrados.

O projeto de extensão pôde desenvolver seu próprio método de aplicação da abordagem, com base nas teorias já apresentadas e seguindo a metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos, porém, também alinhada com a estratégia de Storytelling, que consiste em técnicas para narrar fatos ou transmitir informações de maneira envolvente, e visões da engenharia, já que os membros participantes dele são graduandos de cursos superiores nessa área.

Propostas de ensino de ABP partem de uma âncora, uma questão norteadora, que pode ser uma pergunta, um desafio ou uma situação-problema. Sendo ela qualquer uma dessas opções, ela deve ser contextualizada, motivadora, desafiadora e subjetiva, permitindo aos alunos diversas possibilidades e exigindo um processo investigativo de aprendizagem para que se possa solucionar a questão inicial, a qual move todo o processo de

ensino-aprendizagem.

Uma das melhores maneiras de contextualizar a questão norteadora e torná-la interessante, desafiadora e motivadora para os alunos, isso de acordo com conclusões realizadas durante atuação da autora no projeto de extensão Laboratório Móvel de Ensino de Engenharia e Metodologias Ativas de Ensino, é utilizando a estratégia de Storytelling, por meio da utilização de histórias, reais ou fictícias, para criar narrativas divertidas, instigantes, que transpassam os alunos da sala de aula e fazem com que eles se engajem com as propostas apresentadas e aprendam brincando.

Muitas vezes, isso é feito pelo projeto de extensão usando como base histórias de filmes, séries, livros e jogos, do interesse dos alunos, e usando elementos audiovisuais (vídeos, imagens, áudios, músicas) como auxílio da narrativa, para torná-la mais real, mesmo que não seja de verdade.

Diante dessa questão norteadora, busca-se aprofundamentos conceituais teóricos e práticos, por meio de experimentos, oficinas, pesquisas, reflexões, debates, exploração de simuladores, para que seja possível formular e discutir hipóteses de soluções, a serem desenvolvidas, testadas, analisadas e otimizadas como projetos, sendo o compartilhamento de descobertas, resultados, conquistas, aprendizados e conclusões sempre incentivado, até que se possa encerrar a proposta com conclusões, reflexões e avaliações finais. Essa estrutura é clássica da ABP, que também é utilizada pela STEAM.

É sempre importante, no processo de aplicação dessa abordagem, envolver todas as áreas STEAM, ou seja, ciências, tecnologia, engenharia, artes e matemática, mesmo que em proporções e/ou etapas diferentes.

Por mais que isso possa soar difícil ou até impossível, é muito mais simples do que se imagina. É necessário ter a visão de que o mundo e as coisas não estão categorizados em disciplinas. Tudo sofre influências de aspectos de diferentes áreas e das próprias pessoas, além de poder ser entendido por várias perspectivas.

“Abrir os olhos” para como conhecimentos diferentes se relacionam, independentemente da área ao qual eles pertencem, e passar a considerar situações por visões diferentes é o que realmente significa aplicar a STEAM. Ela é uma postura, uma visão, uma filosofia de vida que se decide seguir, em prol de valorizar conhecimento, seja ele de qual área for, e formar cidadãos

amplos, respeitosos, críticos e profissionalmente eficientes.

Além disso, também é preciso renunciar ao papel do educador como detentor de todo o conhecimento, oferecendo oportunidades de participação ativa dos alunos e liberdade criativa e crítica para que eles pensem, pesquisem, reflitam, discutam, e dinâmicas de aula diversificadas, que possibilitem o desenvolvimento de habilidades distintas e o trabalho com situações reais, pertinentes à realidade e ao futuro dos alunos.

A proposta é formar criadores, e não replicadores. Oferecer menos respostas prontas e mais questionamentos. Os alunos devem construir conhecimento, ao invés de somente consumi-lo. Não é questão de ter muitos recursos caros, ou de dominar todas as disciplinas, muito menos de renunciar à grade curricular para abordar somente temas extras, até porque essa Abordagem é alinhada também com a própria Base Nacional Curricular Comum e suas habilidades e competências. É questão de mudar a maneira com a qual conteúdos são vistos, ensinados e aprendidos. É mudança de visão, de postura. É trabalhar a disciplina em questão, dominante do educador, porém, transcendendo os limites dela. Isso é STEAM!

2.1.2 Brinquedos

A definição do que é um brinquedo é um tanto quanto complicada, pois, por mais que ela exista para o significado da palavra em questão, algo se faz um brinquedo, realmente, pelo contexto em que é utilizado pela criança, sob influências sociais, históricas, culturais, econômicas e psíquicas, sendo cúmplices de suas memórias, interesses e personalidades e submetidos a suas imaginações e possibilidades.

Há quem diz que qualquer coisa pode ser um brinquedo, se quem brinca o fizer assim. E, por muito tempo, brinquedos não passavam de rejeitos dos adultos para entreter as crianças.

Entretanto, esse conceito mudou bastante, ao longo da história, e continua em evolução, sendo bastante influenciado pelo avanço tecnológico, que vem possibilitando opções de brinquedos bastante diferentes do que gerações anteriores sequer imaginariam, e, em muitos casos, com aspectos digitais, que fazem parte da tendência da infância atual e futura.

Atualmente, a indústria dos brinquedos é uma das maiores e mais rentáveis do mercado, e a utilização deles em âmbitos pedagógicos, ligando a aprendizagem a esse tipo de produto, com a proposta de que ele pode ser mais do que mero entretenimento infantil, está cada vez mais crescente.

Com relação ao histórico dos brinquedos em geral, entre os mais antigos que se tem registros históricos, é possível citar o pião, a bola e o balanço, presentes nas infâncias cerca de 3 mil anos a.C., e a boneca de pano, utilizada desde a pré-história e em civilizações antigas, como a egípcia e a romana, de acordo com Laís Reis e Danley Carvalho no artigo “História dos Brinquedos: Cultura e Poder” (2019).

Embora os brinquedos sempre tenham estado presentes, mesmo que em formas de ingênuos objetos, em todas as sociedades, a importância deles na história foi ignorada por muito tempo, devido ao papel das crianças na sociedade, que, antes, era utilitarista, e os filhos eram responsáveis por trabalhar e colaborar com a renda da família desde cedo.

Brinquedos de épocas anteriores ao século XVIII, muitas vezes, eram objetos cotidianos, enfeites ou até mesmo rejeitos, objetos descartados, que eram ressignificados pela imaginação das crianças, artefatos produzidos artesanalmente de madeira, muitas vezes.

Também se sabe que, durante o período de guerras, brinquedos sofreram uma ascensão, principalmente com o surgimento de miniaturas de soldados, cavalos, canhões, tanques, inicialmente com o objetivo de serem utilizadas por estrategistas de combate em tabuleiros simulando a área de conflito, mas que também acabavam cúmplices da imaginação infantil.

Fato esse é mostrado no artigo “Crianças e Brinquedos: uma Relação Inquestionável?”, ao escrever que “é a partir do sujeito infantil e da sua relação com o brinquedo que este ganha sentido e configura-se como tal.”

“Na paulatina passagem de um modelo artesanal de produção para um modelo industrial, o brinquedo deixou de ser um produto de “restos”, cuja pluralidade de formas e materiais dava vazão ao subjetivo conteúdo imaginário da criança, para adquirir, então, um status de fabricação especializada, cuja representação poderia vir a predefinir ou sugerir a natureza da brincadeira.” (ALMEIDA, 2006).

Foi somente com o início da Revolução Industrial, no século XVIII, nas

primeiras indústrias especializadas em brinquedos, que eles passaram a ser produzidos em maior escala, maiores em dimensão também, de plástico, principalmente, e com teor infantil, perdendo a funcionalidade de enfeite e passando a ser direcionados para as crianças pela primeira vez.

Com a crescente do capitalismo, a mídia passou a difundir cada vez mais os brinquedos e a se aproveitar de elementos lúdicos, sensoriais ou significativos para chamar a atenção das crianças com relação a eles, gerar desejo e vender mais. Eles ganharam um grande peso consumista e passaram a seguir tendências, muitas vezes, norteadas pela própria mídia, que levaram a indústria dos brinquedos a limitar o estímulo à criatividade, à imaginação e à autonomia das crianças, ao contrário do teor clássico, atemporal e livre verificado antigamente, em que qualquer coisa poderia ser um brinquedo, se uma criança assim desejasse.

“Se a industrialização imprimiu ao brinquedo novos formatos, cores e potencialidades, também relegou o brincar à atividade de apertar um botão, com impactos na formação da criança.”, como afirmam os autores do artigo “Crianças e Brinquedos: uma Relação Inquestionável?” (2019).

Atualmente, o avanço tecnológico e a grande presença do digital no cenário, possibilitaram à mídia um maior tempo de divulgação, levando virtualmente fortes publicidades e aumentando o poder de difusão e dissuasão. Além disso, a indústria de brinquedos tem se articulado com a tecnologia para gerar recursos digitais como aplicativos como complementos a brinquedos, a exemplo de produtos que utilizam a realidade aumentada e virtual, ou até mesmo substitutos deles, seguindo a tendência digital da geração e tornando brinquedos físicos, palpáveis, menos presentes.

Além disso, brinquedos que estimulam a mera montagem, replicação de algo pronto, seguindo manuais e com pouca necessidade de ação, reflexão e criação da criança, são frequentes. O pensar já não é mais tão necessário e o brincar tornou-se algo mais repetitivo, engessado e vazio, sem tanto estímulo social, cultural e cognitivo.

Diante desse contexto, tablets, jogos virtuais, de computador e videogames, e aplicativos ganham espaço no mercado, em detrimento de brinquedos tradicionais, e o reflexo disso é uma instabilidade na indústria de brinquedos, que recorrem à mídia e buscam incorporar personagens e temas

em alta e acessórios tecnológicos aos seus produtos para atender essas novas demandas das crianças contemporâneas.

Mesmo com essas transformações, de acordo com as estatísticas de 2022 da figura 3, fornecidas pela ABRINQ (Associação Brasileira dos Fabricantes de Brinquedos), a indústria de brinquedos ainda continua com faturamento crescente, ultrapassando, no ano anterior, os 8 bilhões de reais.

Figura 3 - Faturamento das indústrias de brinquedos ao longo da última década.



Fonte: ABRINQ, Estatísticas de 2022.

Ainda, em declaração oficial, o presidente da ABRINQ, Synésio Batista da Costa, afirmou que, em 2021, “contratamos mais 2.100 pessoas e contabilizamos crescimento de 11% em cima de R\$ 7,7 bilhões, de 2020”. A Associação demonstra claras expectativas de ascensão do ramo para os próximos anos e reconhece as transformações causadas pela geração digital, o que significa que novos brinquedos serão demandados, porém eles entrarão em uma concorrência não somente com outros brinquedos, mas também com a tecnologia.

Falando-se, agora, em brinquedos no âmbito pedagógico, eles estão cada vez mais aceitos como recursos educativos, defendendo que o aprender brincando é possível e benéfico. "Aprender e brincar são realidades que fazem parte do reino da liberdade" (Bousquet 1986, p.S02).

A própria BNCC reconhece o brincar como um dos 6 direitos básicos de toda criança, sendo ele uma oportunidade de expressão, desenvolvimento e aperfeiçoamento, um caminho para a identidade, a autonomia e a vivência em sociedade e parte da natureza da infância. A Base incentiva brincadeiras livres, mas também, e principalmente, as mediadas por educadores, embasadas em metodologias e propósitos educacionais para que seja possível atingir os

objetivos de aprendizagem descritos nela.

Algumas metodologias, como a Aprendizagem Baseada em Jogos e a Gamificação, ganham espaço nas tendências educacionais utilizando jogos e elementos de jogos e do brincar, essencialmente, como estratégias de ensino-aprendizagem, focadas também em resgatar o interesse e a motivação dos alunos pela educação.

Tudo isso indica que a indústria dos brinquedos e, indo além, dos brinquedos educativos, tem tudo para crescer ainda mais, sendo novos produtos alinhados com as visões atuais da educação e as tendências tecnológicas da infância acima descritas podem ser grandes inclusões ao mercado.

2.1.3 Processo de Desenvolvimento de Produtos – PDP

Durante o desenvolvimento de um novo produto, alguns elementos são necessários, dentre eles, as necessidades dos clientes e do mercado, as especificações e os conceitos do produto, que devem ser analisados para possibilitar o desenvolvimento de um produto inovador, interessante para o seu público alvo e comercializável, sendo compatível com o mercado e apresentando um diferencial com relação aos seus concorrentes.

Além disso, também é necessário considerar como o produto será fabricado, para garantir que ele seja financeiramente e logisticamente viável, e atentar-se a proteções patentárias e normas vigentes, ao realizar o projeto de um produto. Diante disso, um projeto informacional, um conceitual e um detalhado fazem-se necessários, visando estudar possíveis matrizes morfológicas para concluir o projeto do produto com sucesso.

Porém, definir as especificações de um produto a ser desenvolvido nem sempre é fácil, o que deriva da dificuldade também em se coletar e compreender as necessidades do mercado e dos clientes e de acompanhar as variações de tantos parâmetros. Em um desenvolvimento de um novo produto, não existe certo, ou errado, mas tudo é arriscado, porque, no mercado, muitos fatores influenciam o sucesso ou não desse novo produto, desde flutuações na economia, concorrentes, questões logísticas e de matéria prima, ou até mesmo sanitárias, como a pandemia que recém vivenciamos e mudou completamente o cenário mundial.

Mike Baxter descreve muito bem esse processo difícil e arriscado, ao escrever: “Há diversos pontos possíveis de partida, muitas oportunidades e restrições a serem consideradas, e muitos caminhos a explorar. Muitos designers descrevem frequentemente esse período como sendo de “queda livre”. Você é lançado no espaço, onde existem muitas ideias flutuando, e deve agarrá-las, antes que elas fiquem fora do alcance. Se, durante a queda livre, você for capaz de agarrar uma boa ideia, transformando-a em especificação de projeto, seu paraquedas se abrirá, e você aterrissará suavemente no solo, com autoconfiança e pronto para começar o projeto do produto. Se você falhar, a queda pode ser feia. Mesmo que você consiga sobreviver, o produto pode falecer durante o desenvolvimento.”

Com a globalização, o rápido avanço tecnológico e o fácil acesso a informações, a vida dos produtos no mercado diminuiu e a demanda por inovações e suprimento de necessidades dos consumidores cresceu também com a quantidade de ofertas que eles recebem. Criar um produto de sucesso resume-se a inovação e estratégia de diferenciação.

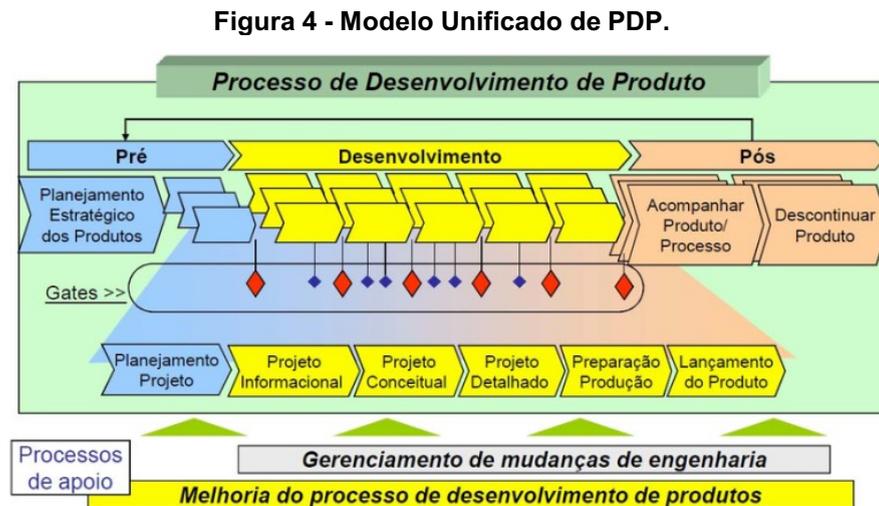
E esse processo de projeto, também entendido por design, de um novo produto deve envolver mais do que questões econômicas e necessidades do mercado e dos clientes, atentando-se também a viabilidades técnicas, como disponibilidade de materiais e modos de fabricação.

Inclusive, quando se fala em design, um grande erro é valorizar somente aspectos estéticos. Isso porque ele envolve também a funcionalidade do produto, ou seja, a sua capacidade de solucionar o problema em questão.

A identificação desse problema pode ser entendida como passo inicial do processo. É necessário que o projetista esclareça a ele mesmo como o produto vai solucionar uma “dor” ou suprir um “desejo” do cliente, como se diz muito no ramo do marketing, e qual é essa “dor” ou esse “desejo” em questão, porque é isso que indicará o caminho do projeto do produto.

Como já dizia Lewis Carrol, por meio das palavras do Gato Cheshire à personagem principal, em sua famosa obra Alice, no País das Maravilhas: “se você não sabe para onde ir, qualquer caminho serve.” E, já ficou claro que, no ramo do projeto de produtos, há riscos e variações demais para escolher cegamente a opção “qualquer caminho”.

Dito isso, é comum, em processos de desenvolvimento de novos produtos, seguir o Modelo Unificado de Processo de Desenvolvimento de Produto proposto por Rozenfeld et al. (2006), o qual é baseado no modelo de Stage-Gate Process de Cooper (2001). O Modelo Unificado de PDP está ilustrado na figura 4.



Fonte: Rozenfeld, et al., 2006.

Explicando melhor, o modelo Stage-Gate process, também denominado Phase-Gate process, é uma metodologia de gerenciamento e lançamento de projetos de produtos que compreende, basicamente, 6 etapas, organizadas em ordem crescente de complexidade: criação da ideia inicial do produto, definição do escopo, construção do Business Case, que é um caso de negócio, muitas vezes, realizado no formato Canvas, desenvolvimento do produto, testes, validações e otimizações e, por fim, lançamento do produto no mercado.

Nesse modelo, um conjunto de atividades concluídas, chamadas deliverables, determinam uma fase, chamada stage. Entre uma fase e outra, análises dos resultados obtidos e da viabilidade da continuação do desenvolvimento do produto são necessárias, e elas compreendem os gates.

O Modelo Unificado de PDP utiliza esse modelo Stage-Gate, e consiste em uma divisão do processo em 3 macrofases, pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós- desenvolvimento as quais são divididas em etapas e buscam englobar todo o processo de desenvolvimento de um produto, desde as ideias iniciais, até o fim do ciclo de vida dele no mercado.

O pré-desenvolvimento envolve duas fases, o planejamento estratégico

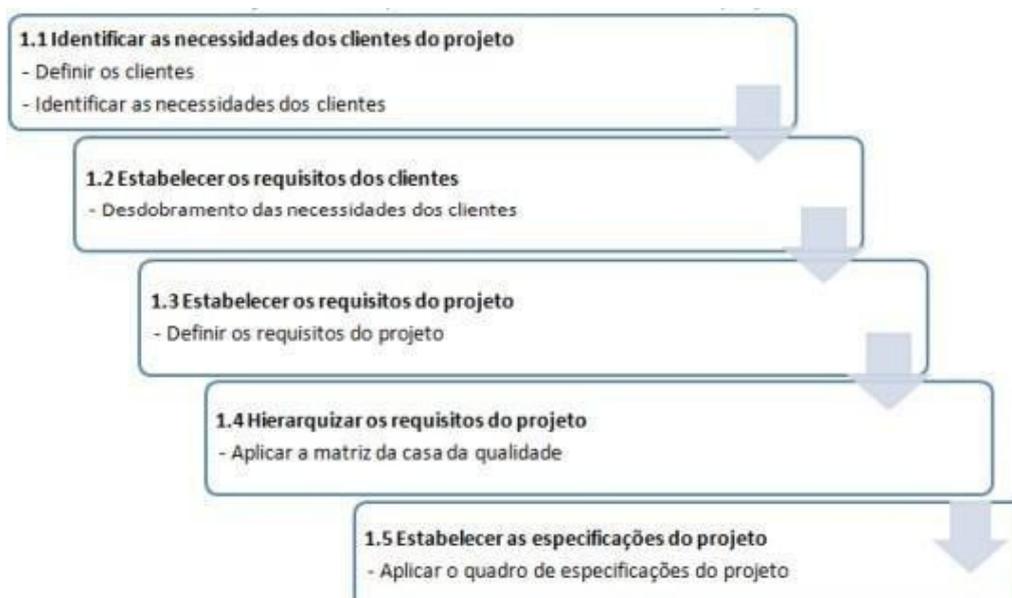
de produtos e o de projeto, e tem o objetivo de verificar se a ideia inicial do produto é viável e como ela pode ser desenvolvida, traçando uma estratégia, o plano, para o seu desenvolvimento.

Já a segunda fase, de desenvolvimento, é a mais complexa e extensa do Modelo. Ela compreende cinco fases: projeto informacional, conceitual e detalhado, preparação da produção e lançamento do produto. É nessa etapa em que o mercado e os clientes são analisados, buscando desenvolver o produto de maneira a atender as demandas, agradar o público alvo e garantir um diferencial com relação aos seus concorrentes.

Os estudos de Cesar Antônio Mantovani, em sua apostila Metodologia de Projeto de Produto, descrevem bem as atividades das três primeiras etapas dessa fase, como demonstrado logo abaixo.

O projeto informacional é a primeira etapa após a definição do problema a ser resolvido com o projeto e as ideias primordiais dele. Ela, como representado na figura 5, consiste na definição dos possíveis clientes e das necessidades deles, a serem desdobradas em requisitos, os quais serão selecionados e hierarquizados para que se possa montar o quadro de especificações do produto.

Figura 5 - Atividades do projeto informacional.

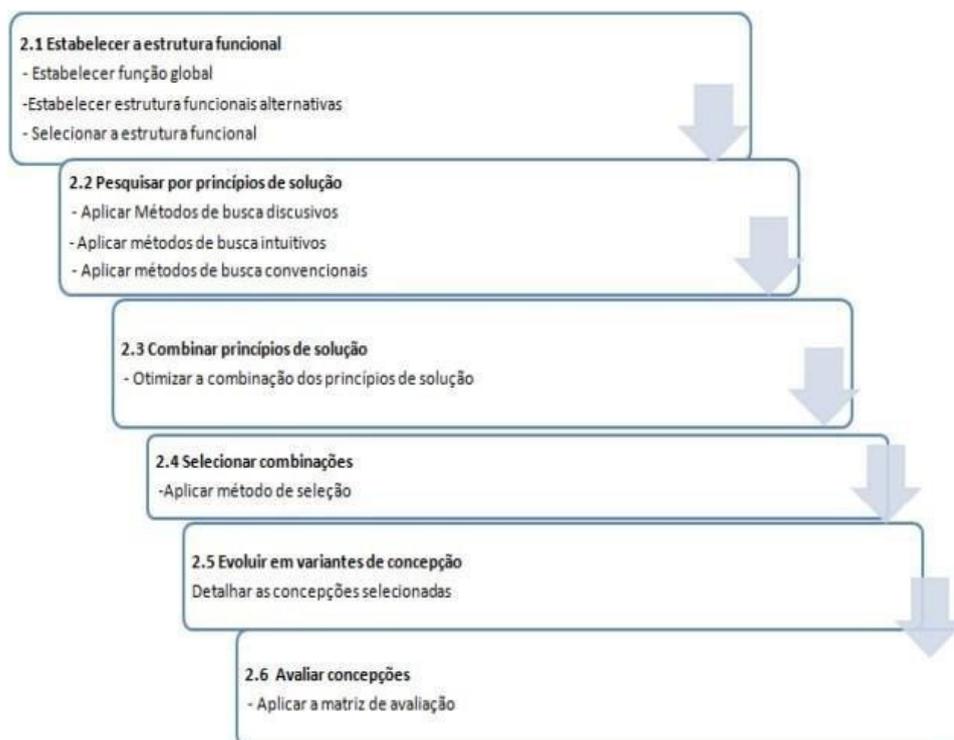


Fonte: Mantovani, 2011.

Em seguida, o projeto conceitual, envolve a definição da estrutura do

produto. Ele busca analisar possibilidades de funcionamento dele, maneiras de resolução do problema em questão, analisando tecnologias e métodos que podem ser utilizados até que seja possível definir a morfologia, a arquitetura do produto e o seu modo de aplicação e uso.

Figura 6 - Atividades do projeto conceitual



Fonte: Mantovani, 2011.

Por fim, o projeto detalhado consiste no dimensionamento preciso do produto, especificando todos os materiais, as especificações, os requisitos, a estrutura do produto em si e seu funcionamento final, para que os modos de fabricação possam ser definidos na etapa de preparação para produção. A última etapa dessa fase é a de lançamento do produto, na qual os parâmetros de venda, divulgação, distribuição e assistência ao cliente são definidos.

A última fase do Modelo, a de pós-desenvolvimento, engloba o acompanhamento do produto avaliando o seu desempenho, tanto de produção, quanto de venda, após a sua inserção no mercado, e análises com relação à descontinuação do produto, objetivando a redução de impactos ambientais e prejuízos à empresa e aos clientes.

2.2 OBJETIVOS

Com base nas informações previamente apresentadas, alguns objetivos foram estabelecidos para o presente trabalho, os quais serão apresentados nesta seção.

2.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral projetar, fabricar, testar e otimizar um protótipo de brinquedo educativo capaz de aplicar a Abordagem STEAM de maneira correta e incentivar, nas crianças testadas, aprendizados de conceitos da BNCC e também o desenvolvimento integral delas, ou seja, não somente acadêmico, mas também cultural, social, emocional e motor.

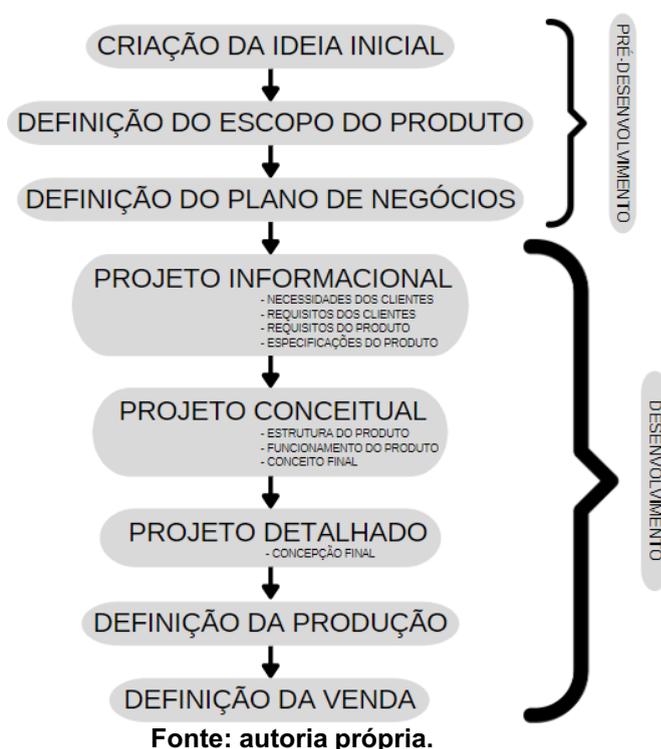
2.1.2 Objetivos específicos

Com relação aos objetivos específicos, o trabalho em questão buscou aplicar conceitos de disciplinas abordadas durante a graduação da autora em Engenharia Mecânica, bem como resultar em um protótipo compatível com o mercado atual, adequando-o caso decida-se comercializá-lo por meio do PistoBusão em um futuro.

2.3 METODOLOGIA

Para a realização do projeto do brinquedo, foi seguido o Modelo Universal de PDP explorado anteriormente, entretanto, sem pretensão de realizar a etapa de pós-desenvolvimento, visto que, no atual contexto, não existiu a intenção de que o produto em questão fosse realmente lançado no mercado e vendido. O fluxograma da figura 7 mostra as fases, etapas e atividades a serem realizadas.

Figura 7 - Fluxograma das fases, etapas e atividades gerais a serem realizadas.



Algumas ideias iniciais acerca do produto e o plano de negócios, pertencentes à fase de pré-projeto, já foram pré-definidas e serão exploradas abaixo. Entretanto, é necessário salientar que essas pretensões podem ser alteradas, mediante análises do mercado, dos clientes e da fabricação.

Objetiva-se aplicar um processo de análise de produtos similares, avaliando com detalhes opções de brinquedos didáticos já presentes no mercado, e uma análise do público alvo, com crianças de 4 a 12 anos, buscando realizar um questionário que possa verificar necessidades de possíveis usuários do brinquedo, para que seja possível definir os requisitos e,

consequentemente, as especificações do produto. Após esse momento, será realizado um projeto conceitual, estabelecendo a estrutura funcional e o conceito do produto.

A ideia inicial é que o brinquedo seja composto por diversas peças diferentes de montar, com a proposta de que elas compreendam pequenas engrenagens, polias, eixos, vigas, juntas, rodas e demais componentes mecânicos que podem ser utilizados de inúmeras maneiras, para construir projetos variados.

Pretende-se também elaborar um material auxiliar para o brinquedo, em forma de manual, roleta ou cartas, confeccionados digitalmente no software Figma, para acompanhar o brinquedo e guiar as crianças por uma trilha de aprendizagem STEAM formada por desafios, agregando conteúdos da grade curricular ao produto e uma usabilidade investigativa, baseada em resoluções de problemas propostos, instigando as crianças a usarem o raciocínio lógico e o pensamento crítico para buscarem diferentes soluções e aprenderem e se desenvolverem brincando.

Esse material auxiliar será construído utilizando a estratégia de Storytelling, com inspiração em jogos de Role-Playing Game (RPG), criando uma narrativa principal com vários conflitos, para levar as crianças até uma realidade virtual da história em que elas terão as peças do brinquedo para realizarem missões e cumprirem com seus objetivos.

Dentre os desafios e problemas a serem propostos, pretende-se abordar temáticas reais, como o meio ambiente, meios de transporte, robótica, fontes de energia, esportes, música, dentre outros.

Após a definição do conceito do brinquedo, a proposta inicial é que as peças sejam desenhadas por meio do software de Computer Aided Design (CAD) Solidworks, explorando possibilidades de montagem delas, para que seja realizado o projeto detalhado. Então, após a finalização da geometria dessas peças, pretende-se que os desenhos delas sejam convertidos em DraWinG format (DWG) para a leitura no software RD8Works, utilizado pela máquina de corte à laser do campus, um modelo MF6040 da marca Mafran, para fabricar as peças em questão. Para que isso possa ser realizado, pretende-se que o brinquedo seja fabricado em madeira balsa, que é o melhor material para corte da máquina, porém, pretende-se estudar a viabilidade da prototipagem em

impressão 3D das peças também.

Para eventuais peças do brinquedo, de geometria cilíndricas, esféricas e cônicas, pretende-se também utilizar os tornos e as fresadoras de bancada, também presentes no laboratório de fabricação do campus, para que seja possível incluir no brinquedo ao menos 10 tipos diferentes de peças, que se encaixem entre si por meio de fendas e furos.

O intuito do projeto é recorrer ao Ciclo PDCA, que significa “plan, do, check and action”, traduzindo, planejar, fazer, checar e agir, é um método iterativo utilizado para gerir processos e será utilizado para garantir a otimização do desenvolvimento do brinquedo, o que, inclusive, também é um método alinhado com a abordagem STEAM e a metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos, que incentivam esse processo de melhorias constantes.

Para que essa iteração possa ser realizada, pretende-se realizar testes com crianças da faixa etária indicativa do brinquedo, ou seja, de 4 a 12 anos, alunos do projeto de extensão Laboratório Móvel de Ensino de Engenharia e Metodologias Ativas de Ensino, para verificar como elas brincam com o produto e validar quesitos dele, como segurança, resistência, usabilidade e clareza da proposta, bem como verificar possíveis melhorias a serem realizadas no primeiro protótipo fabricado.

Com relação às normas para o produto em questão, o projeto seguirá as resoluções da Portaria Inmetro nº 563/2006, que é a norma vigente que estabelece requisitos técnicos de qualidade, segurança e conformidade legal para brinquedos, e da ABNT NBR NM 300-1/2004, relativa à segurança de brinquedos.

3 PRÉ-DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Por meio desta seção, será apresentado o desenvolvimento do brinquedo em si, seguindo como base metodológica o Modelo Unificado de Processo de Desenvolvimento de Produtos proposto por Rozenfeld (2006), sendo que a primeira macro fase é o pré-desenvolvimento. Ele é dividido em dois estágios, explanados a seguir.

3.1 PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

De acordo com o modelo unificado de Rozenfeld et. Al. (2006), a macro etapa de pré-desenvolvimento de projeto inicia-se com a definição do produto a ser desenvolvido, compreendendo uma primeira descrição das características dele e das metas e estratégias que ele pretende seguir.

Portanto, reiterando o que já foi escrito no presente texto, o produto que pretendeu-se desenvolver foi um brinquedo educativo do tipo construção, compreendido por peças de montar inspiradas em componentes mecânicos familiares no contexto da Engenharia Mecânica, que pudessem encaixar entre si para formar projetos diversos e possibilitar movimentações de alguns dos seus componentes, a exemplo de conjuntos de engrenagens.

A proposta inicial também incluía um material auxiliar com desafios que pudessem criar uma trilha de aprendizagem baseada na abordagem de ensino STEAM, com a meta de possibilitar uma jogabilidade rica em aprendizagem, além de diversão, pensando estrategicamente em diferenciar o brinquedo por meio da imersão dele nessa abordagem, que, como verificado também anteriormente, compreende uma tendência educacional, entretanto, muitas vezes, é mal explorada pelo mercado dos brinquedos, com foco em atingir ambientes escolares como uma opção de recurso pedagógico.

Além disso, também foi uma meta utilizar conhecimentos específicos da Engenharia Mecânica para desenvolver peças similares a componentes mecânicos presentes em máquinas e contextos industriais como outra estratégia de diferenciação no mercado e de incentivo às crianças por essa área profissional.

Ainda de acordo com Rozenfeld et. Al. (2006), é necessário consolidar

informações sobre tecnologia e mercado, por meio de pesquisas de mercado, explorando as oportunidades e tendências tecnológicas e mercadológicas, e uma das maneiras de fazer isso, de acordo com Baxter (2011), é analisando os produtos similares dos concorrentes. Para essa etapa, parâmetros foram estipulados, a serem analisados nos brinquedos educativos já existentes no mercado, que se assemelham à ideia inicial do protótipo em questão, dando enfoque aos rotulados como STEAM ou STEM:

- Componentes inclusos;
- Presença ou não de componentes eletrônicos e/ou vínculo digital;
- Rotulado ou não como STEAM ou STEM;
- Ligação direta com cada uma das áreas STEAM ou STEM;
- Ligação direta com a grade curricular, componentes e competências da BNCC;
- Jogabilidade investigativa, que incentive papel ativo e reflexivo para as crianças;
- Restrição de montagem em detrimento da liberdade de criação;
- Inclusão de trilha de aprendizagem, material de apoio pedagógico ou semelhante, indicando ligação direta com a grade curricular;
- Faixa etária a qual o brinquedo é indicado;
- Preço médio;
- Material do qual o brinquedo é composto;
- Facilidade de uso, considerando possibilidade de uma criança ou educador poder utilizar sem formação prévia qualquer.

O quadro 1, mostra como esses parâmetros foram analisados em 5 diferentes produtos disponíveis atualmente no mercado, o qual terão suas marcas e nomes resguardados pelo fato do presente trabalho não possuir autorização para divulgá-los.

Quadro 1 – Análise dos produtos semelhantes.

ITEM	1	2	3	4	5
COMPONENTES INCLUSOS	4 pilhas, 1 bateria recarregáveis, 1 carregador, 1 régua, 1 trena, 1 soquete, 2 protoboards, 1 Arduino UNO com cabo, 1 base de acrílico, 1 caixa plástica grande, 1 caixa plástica pequena com divisórias, 2 rodas emborrachadas e 1 roda giratória, 2 motores DC com redução, 1 servo motor, parafusos, pinos, massinha de modelar, 30 resistores, 1 potenciômetro, 1 buzzer, 2 <i>push button</i> , 1 chave liga / desliga, 2 duplas de LEDs infravermelhos, 20 LEDs, 1 sensor de luz, 1 sensor de distância, 1 sensor de som, 1 suporte, 1 chave tipo Allen, 1 chave tipo Philips, 1 kit jumper macho-macho, 1 kit jumper e 1 placa eletrônica auxiliar.	Copos, canudos, tampinhas, palitos de picolé e de espeto, bexigas, elásticos de escritório, fita adesiva, cliques de escritório, barbante, pregadores de roupa, cartas auxiliares e caixa do kit.	Dois bases do planetário, referentes às estações e aos meses do ano e aos dias do mês, um modelo de Terra, um Modelo de Sol, um modelo de Lua, acessórios de fixação para montagem do planetário, 8 cartas de constelações, uma caixa para projetor, um foguete de papel, barbante, um modelo de relógio de sol, revista com informações e tutoriais de experimentos e projetos e uma caixa para abrigar o kit.	Um modelo de pessoa, com os órgãos e ossos separadamente, uma máscara de papelão, uma bola, 5 bexigas, um tubo de silicone, 3 canudos um anel de papelão duas tampinhas, um pedaço de plástico prateado revista com informações tutoriais de experimentos e projetos e uma caixa para abrigar o kit.	237 peças (80 parafusos, 1 parafusadeira com 2 ponteiros, 1 chave de boca, 1 chave philips, 16 peças circulares, 16 peças quadradas, 16 peças triangulares, 16 peças em forma de palitos, 20 porcas, 60 pinos, 8 cantoneiras) e umamaleta que serve para guardar as peças e como base para montagem.
ELETRÔNICOS / DIGITAL	Sim.	Não.	Não.	Não.	Não.
RÓTULO STEAM / STEM	Sim (STEAM).	Sim (STEAM).	Sim (STEM).	Sim (STEM).	Sim (STEM).
LIGAÇÃO C/ AS ÁREAS STEAM	Predominantemente tecnologia.	Predominantemente ciências.	Predominantemente ciências.	Predominantemente e ciências.	Não diretamente.
LIGAÇÃO C/ GRADE /BNCC	Robótica educacional. Porém, nenhum conceito é explicado pelo próprio material do kit.	Pouca. Alguns conceitos científicos são envolvidos (máquinas simples, aerodinâmica, centro de gravidade) mas não explicados ou explorados.	Ciências, principalmente astronomia.	Ciências, principalmente partes do corpo humano.	Não diretamente.
JOGABILIDADE INVESTIGATIVA	Sim.	Pouca.	Pouca.	Pouca.	Pouca.
LIBERDADE DE CRIAÇÃO	Mediana. O kit permite montagem de um único robô, mas ele pode ser programado de diferentes formas.	Sim. O kit incentiva a construção de projetos específicos, mas não fornece tutoriais específicos de como construí-los, permitindo várias possibilidades.	Não. Há apenas uma maneira de montar as peças do kit. Instruções específicas permitem apenas que a criança monte projetos específicos e movimente-os.	Não. Há apenas uma maneira de montar as peças do kit. Instruções específicas permitem apenas que a criança monte projetos específicos e movimente-os.	Sim. As peças genéricas e que se encaixam entre si podem construir qualquer coisa que a criança quiser.
TRILHA DE APRENDIZAGEM	Não acompanha.	Sim, 32 cartas com desafios para nortear a brincadeira.	Sim, bem completa. Com explicações e tutoriais específicos.	Sim, completa. explicações tutoriais específicos. bem Com e	Não. O kit acompanha manual de instruções, mas somente com informações sobre como usar as peças.
FAIXA ETÁRIA INDICATIVA	Não especificada.	De 4 a 12 anos.	A partir de 8 anos.	A partir de 8 anos.	De 3 a 12 anos.
PREÇO MÉDIO	R\$1.000,00	R\$100,00	R\$150,00	R\$180,00	R\$250,00
MATERIAL BRINQUEDO DO	Variado	Variado	Variado	Variado	Plástico.
FACILIDADE DE USO	Não, é necessário um curso intermediário de robótica e Arduino.	Sim. Materiais e desafios simples.	Sim. O material auxiliar é bem completo e os projetos são simples.	Sim. Material auxiliar é completo e os projetos são simples.	Sim. As peças e a usabilidade são bem simples.

Fonte: autoria própria.

Além dessa análise mais profunda de alguns brinquedos, foram realizadas pesquisas mais genéricas, compreendendo brinquedos de montar e construir em geral, com o objetivo de averiguar formas de encaixe entre as peças já existentes no mercado. Foram encontradas algumas alternativas diferenciadas, como peças magnéticas, com ventosas, com fendas, além dos clássicos blocos sem encaixe, que são apenas posicionados uns sobre os outros para criar construções, e os com encaixe por pino. Também foram encontradas diversas opções de geometrias de peças, desde blocos quadrados, cilíndricos e piramidais, a esferas, tubos e estrelas.

Porém, “[...] pesquisar um mercado é mais do que realizar um levantamento de dados específico. Trata-se de coletar e organizar informações de diferentes fontes de dados, isto é, dados obtidos de periódicos especializados do setor, relatórios de agências de serviço de marketing, dados dos sistemas de vendas da empresa, entre outros.” (DA AMARAL, 2006).

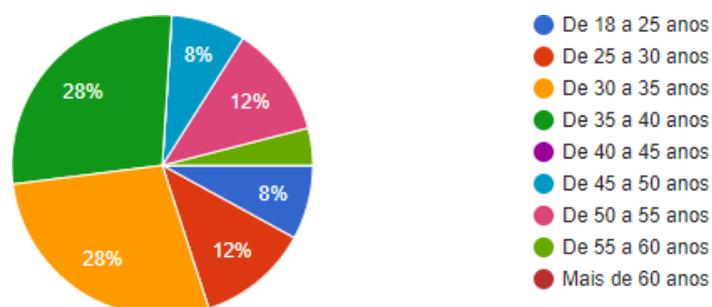
Pensando nisso, foram realizadas também pesquisas de campo e breves entrevistas individuais, em duas grandes lojas de varejo no setor de brinquedos da cidade de Londrina - PR, que foram visitadas com a intenção de coletar alguns outros dados sobre os clientes e o mercado em questão. Foi verificado com funcionários que, nas duas, brinquedos de montar e construir representam grande parte das vendas das lojas.

Além disso, produtos com rótulos “STEM” ou “STEAM”, inclusive alguns dos analisados no quadro 2, foram encontrados nas prateleiras, e, em um dos dois locais, estava disponível um espaço com um kit de construção para que crianças pudessem brincar na própria loja, o qual, segundo um dos funcionários, estava movimentado desde que a iniciativa havia começado, há dois dias. Notou-se que a faixa etária das três crianças que estavam lá no momento da visita era de aproximadamente oito anos.

Como adição a essa etapa de análise mercadológica, foram desenvolvidos também dois formulários digitais, um voltado para profissionais da educação e outro para pais e/ou responsáveis por crianças, buscando alcançar mais dados sobre possíveis clientes e o mercado. Os dois formulários foram anônimos, divulgados publicamente por meio de redes sociais pelo período de um mês.

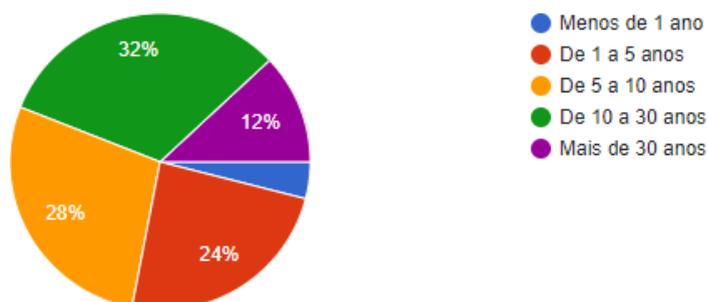
Com relação à pesquisa realizada com profissionais da educação, foi possível atingir uma amostragem de 25 pessoas, de 22 cidades e 12 estados diferentes do Brasil, sendo que 84% classificaram-se como professores, 8% como psicopedagogos e 2% como coordenadores, de faixas etárias e tempos de trabalho na educação variados, como mostram as figuras 8 e 9, respectivamente.

Figura 8 - Gráfico relativo à faixa etária dos profissionais que preencheram o formulário.



Fonte: retirado do formulário de autoria própria.

Figura 9 - Gráfico relativo ao tempo de trabalho na educação dos profissionais que preencheram o formulário.



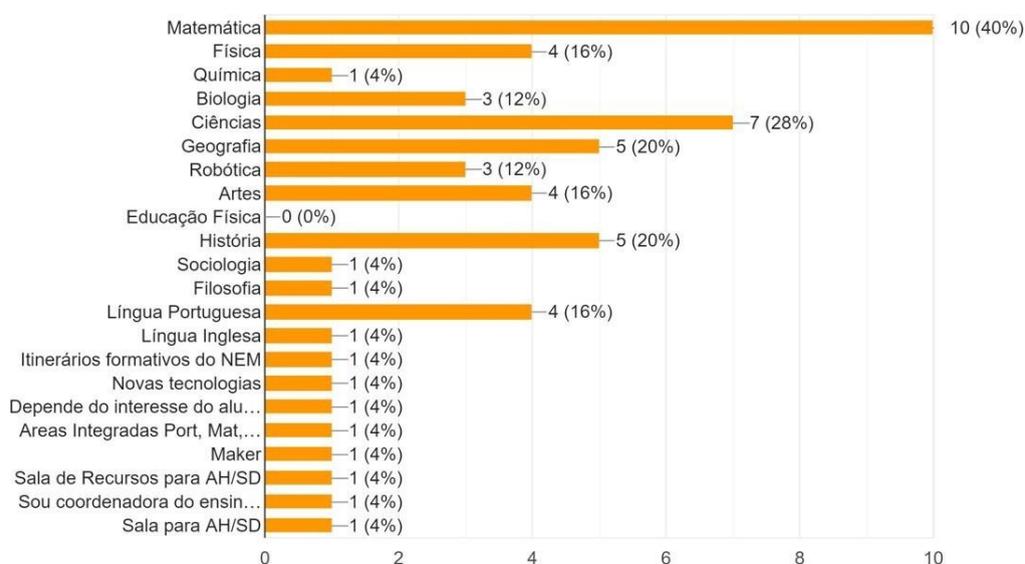
Fonte: retirado do formulário de autoria própria.

Dos preenchimentos, a maior parte, 65%, foi de pessoas que trabalham com o ensino fundamental 2, seguida por 45% com ensino fundamental 1, 33% com ensino médio, 8% com ensino superior e 4% com educação infantil. Faz-se necessário acrescentar a observação de que esses dados ultrapassaram os 100% porque era possível que uma pessoa selecionasse mais de um nível educacional, se fosse o caso dela trabalhar em mais de um deles simultaneamente, como aconteceu em 14 dos 25 preenchimentos.

Ainda foi obtido como resultado dessa pesquisa que 56% do público atingido trabalha em instituições de ensino públicas, 36% em particulares e 8%

nas duas. Além disso, mais da metade da amostra, 52%, alegou trabalhar diretamente com mais de 100 alunos, sendo que 48% desses profissionais trabalham com alunos com deficiência, 32% com TEA, 40% com TDAH e 16% com AH/SD. Apenas 4% alegou não trabalhar com aluno algum da educação especial. Também foram analisados os componentes curriculares com os quais os profissionais trabalham, e os resultados dessa pergunta estão apresentados na figura 10.

Figura 10 - Resultados da pergunta acerca dos componentes curriculares.



Fonte: retirado do formulário de autoria própria.

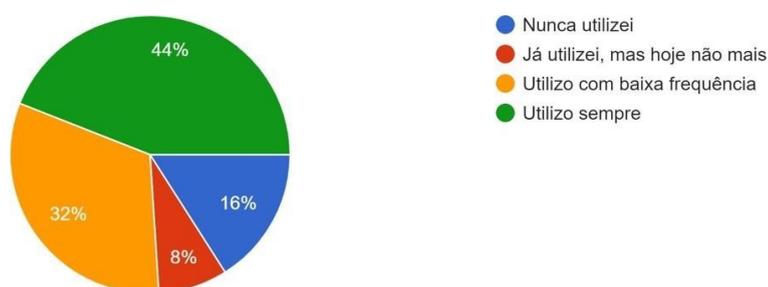
Ainda nesse formulário, quando perguntados acerca da Abordagem de Ensino STEAM, 48% do total respondeu que conhece e está começando a aplicar, 20% que conhece, mas nunca tentou aplicar, 16% que conhece e já aplica de maneira constante e 16% que não conhece. Em uma questão aberta, foi dada a oportunidade dos profissionais que já utilizaram a STEAM comentarem sobre sua experiência, e as 12 respostas obtidas para essa pergunta foram positivas, demonstrando na prática que os resultados obtidos por meio da aplicação da Abordagem são proveitosos.

Já com relação ao uso de brinquedos educativos pelos profissionais que preencheram o formulário, pode-se perceber pela figura 11 que a maioria, 76%, utiliza ou já utilizou esse tipo de recurso em sua sala de aula. Dentre os depoimentos em questões subjetivas apresentadas em sequência a eles pelo formulário, declarações relacionadas ao envolvimento, ao engajamento, ao

interesse, à atração dos alunos diante da utilização de brinquedos como recurso de ensino-aprendizagem foram frequentes.

Alguns ainda acrescentaram que eles dinamizam as aulas e tornam o trabalho educacional lúdico e contextualizado, relacionando a teoria com a prática. Por outro lado, alguns impedimentos ou inviabilidades foram elencados, principalmente, o alto custo, que foi mencionado por 12 das 25 pessoas. Ainda com relação a esse custo, em uma pergunta posterior, quando questionados sobre a média de preço dos brinquedos educativos que os profissionais já haviam adquirido, o menor valor respondido foi R\$15,00, o maior foi R\$5.000,00 e a média ponderada dos valores respondidos foi de R\$586,48.

Figura 11 - Gráfico que demonstra a percentagem dos profissionais da educação que utiliza ou já utilizou brinquedos como recurso de ensino-aprendizagem.



Fonte: retirado do formulário de autoria própria.

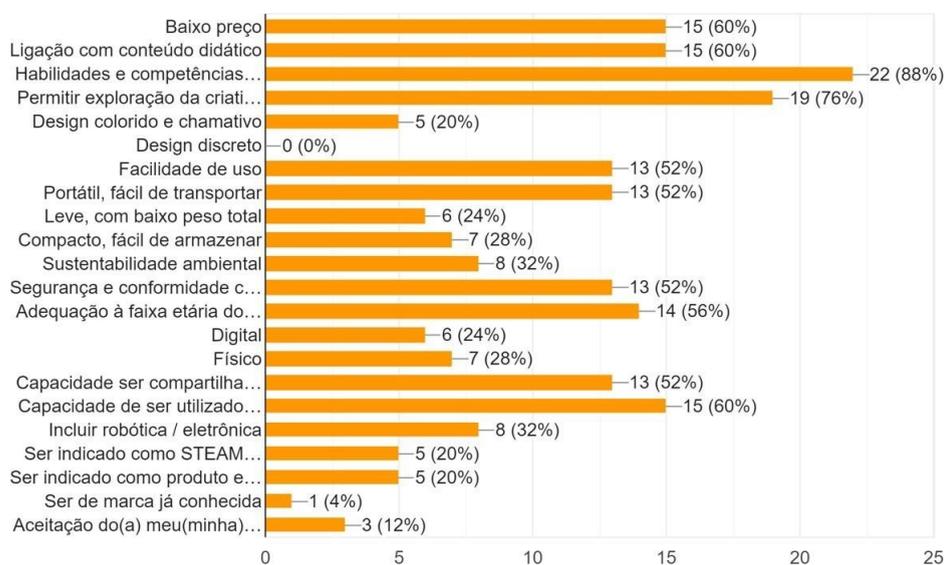
Uma resposta específica chamou atenção, relativa à pergunta “o que você não gosta sobre as opções de brinquedos educativos disponíveis no mercado?”, de autor desconhecido, já que o formulário foi anônimo: “Como coloquei acima, não costumo usar brinquedos que já tem em si uma finalidade educativa explícita, por que os alunos logo já veem que aquele brinquedo não é igual aos que eles realmente usam para brincar. Talvez esse seja um problema dos brinquedos educativos: serem explicitamente educativos. Seria mais legal se eles se assemelhassem mais aos brinquedos normais, de forma que as crianças queressem brincar com eles, mesmo sem ser na escola ou para aprender alguma coisa.”.

Esse comentário, aliado com algumas respostas do outro formulário, preenchido por pais e/ou responsáveis, norteou a decisão de tornar o brinquedo o mais divertido possível, a qual será comentada mais à frente do trabalho.

Continuando a análise das respostas do formulário para profissionais da

educação, diante da pergunta sobre os pontos mais importantes no momento de adquirir um brinquedo educativo ou a ser utilizado como recurso educacional, alguns quesitos como permitir a exploração da criatividade e de demais habilidades e competências se destacaram, como pode ser verificado pelo gráfico da figura 12.

Figura 12: gráfico com o resultado da votação dos pontos mais importantes ao adquirir-se um novo brinquedo educativo.



Fonte: retirado do formulário de autoria própria.

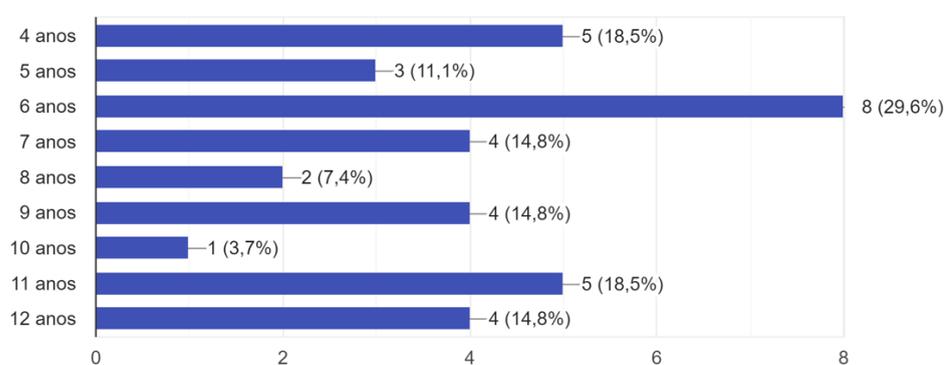
Já com relação ao formulário destinado a pais e/ou responsáveis por crianças, foi possível atingir uma amostra de 27 pessoas, de 10 cidades e 4 estados diferentes do Brasil, sendo que 81,5% dos preenchimentos foram identificados como preenchidos por mães e 18,5% por pais, em sua maioria, na faixa etária de 35 a 40 anos (40,7%), sendo que 63% das pessoas declarou ser responsável por apenas 1 criança, 33,3% por 2 e 3,7% por 3. Com relação às idades das crianças em questão, a figura 13 indica esses resultados, sendo que foi pedido que o (a) responsável assinalasse as idades de todas as crianças das quais ele (a) é responsável. Dessas, 29,6% são crianças com necessidades especiais, de acordo com o (a) responsável que preencheu o formulário, sendo 5 crianças superdotadas, uma com TDAH e uma com diagnóstico ainda não fechado, mas com probabilidade de dislexia. Outra resposta também foi registrada para essa pergunta, porém, o transtorno ou a deficiência relatada,

“ADAH”, não pôde ser identificada.

Diante desses 29,6%, os responsáveis em questão foram questionados acerca das maiores dificuldades vindas dessas necessidades educacionais especiais das suas crianças. Falta de foco / concentração e autocrítica / perfeccionismo foram relatados em dois desses oito casos, cada um.

Outros problemas foram dificuldade em leitura e escrita, falta de paciência e didática (imagina-se que seja referente aos educadores), falta de interesse durante as aulas, busca por conhecimento (imagina-se que seja referente à crescente busca de conhecimento além de seu tempo característica dos superdotados) e exclusão, o qual foi o problema que mais chamou atenção, pela declaração do (a) responsável: “A maior dificuldade na escola municipal é não entenderem a necessidade das crianças com AH/SD, acharem apenas que são inteligentes. E, no meu caso, como minha filha sempre relata, é a exclusão. Exemplo: só “vc” não responde “pq” “vc” já, sabe. Outra coisa é a dificuldade de socialização dela com as outras crianças, devido à diferença entre a mentalidade com as outras crianças.” (de autoria desconhecida, devido ao fato do formulário ter sido anônimo).

Figura 13 - Idades das crianças sob responsabilidade das pessoas que preencheram o formulário.



Fonte: retirado do formulário de autoria própria.

Quando perguntados sobre a utilização de brinquedos educativos como recurso de ensino-aprendizagem com sua(s) criança(s), 88,9% dos responsáveis declarou utilizar, sendo que, desses, 29,6% assinalaram a opção “utilizo sempre (toda semana)”. Em questão posterior, quando uma justificativa foi solicitada, grande parte das respostas incluiu o estímulo à aprendizagem e ao desenvolvimento que esse tipo de produto possibilita, e a questão do custo,

novamente, veio à tona, ao passo que duas pessoas mencionaram não utilizarem brinquedos educativos devido ao custo alto deles.

Posteriormente, em outra pergunta sobre o que os responsáveis não gostam nas opções de brinquedos disponíveis no mercado, nove dos 27 responderam preços elevados. Outros problemas identificados foram fragilidade ou material ruim, brinquedos “prontos”, em que a criança só monta e “olha”, que não permitem que a criança crie, desenvolva, poucas opções, difícil usabilidade, jogos digitais sem conteúdo educacional, tamanho pequeno, opções que subestimam a capacidade das crianças, opções que envolvem armas, dificuldade de acesso e produtos para uma idade específica ou faixa etária pequena. Cinco pessoas não souberam responder ou não tinham um problema a ser elencado nessa questão.

Entretanto, quando perguntados sobre a experiência desses responsáveis e de suas crianças com brinquedos educativos, caso já tenham existido, 100% das 21 respostas foram positivas. Também foi notável que, dentre as 27 pessoas que preencheram o formulário, todas elas afirmaram, quando questionadas se é possível aprender brincando, que sim.

Dentre elas, uma destacou-se por evidenciar por meio de um relato os benefícios dos brinquedos educativos (de autoria desconhecida, devido ao fato do formulário ter sido anônimo, considerando que o nome do filho foi alterado no texto por proteção da própria criança e identidade do (a) responsável em questão. Onde havia escrito o nome da criança, substituiu-se por “criança”):

“Como é uma rotina que vem desde quando ele era recém-nascido, o uso desse tipo de brinquedos e recursos que incentivam o [“criança”] sempre. Sentimos que ele cada dia mais busca conhecer e experimentar e independência no dia a dia e tomada de decisões. Ele tem consciência que é uma pessoa com opinião e consegue se expressar bem. Além da confiança e do tempo de qualidade que tem conosco. Ele está tanto em maturidade emocional, quanto em nível escolar mais avançado que a turma (ele não tem superdotação e nem nada do tipo, ele tem acompanhamento psicológico). Ao mesmo tempo em que percebemos tudo isso, sentimos que ele acaba tendo dificuldades em se relacionar com a idade dele e traz

algumas inseguranças (por isso o acompanhamento com a “psico” infantil) pois ele tem estímulos e vivências bem diferentes dos demais. Isso afetou de forma que tivemos que trocá-lo de escola, encontrando uma que seguisse esse mesmo padrão de ensino e aprendizagem. A frase “brincadeira é coisa séria” define muito o meu pensamento. O brincar ensina sobre a vida, o cotidiano e a como o [“criança”] se relaciona com o mundo, como ele vê lá fora. A brincadeira estimula e traz a possibilidade de experimentar em um ambiente seguro, onde a criança pode construir sua identidade e aprender. Além do aprendizado em si, a durabilidade e versatilidade que esses brinquedos tem. Eles são pensados de forma que podemos usar de formas e até em períodos diferentes. O [“criança”] tem brinquedos educativos que ele ama e que compramos há anos. Já os brinquedos comuns, de modinha - como costume chamar, ele enoja rápido, estraga e não tem muita versatilidade. Principalmente aqueles que se mexem sozinhos.”

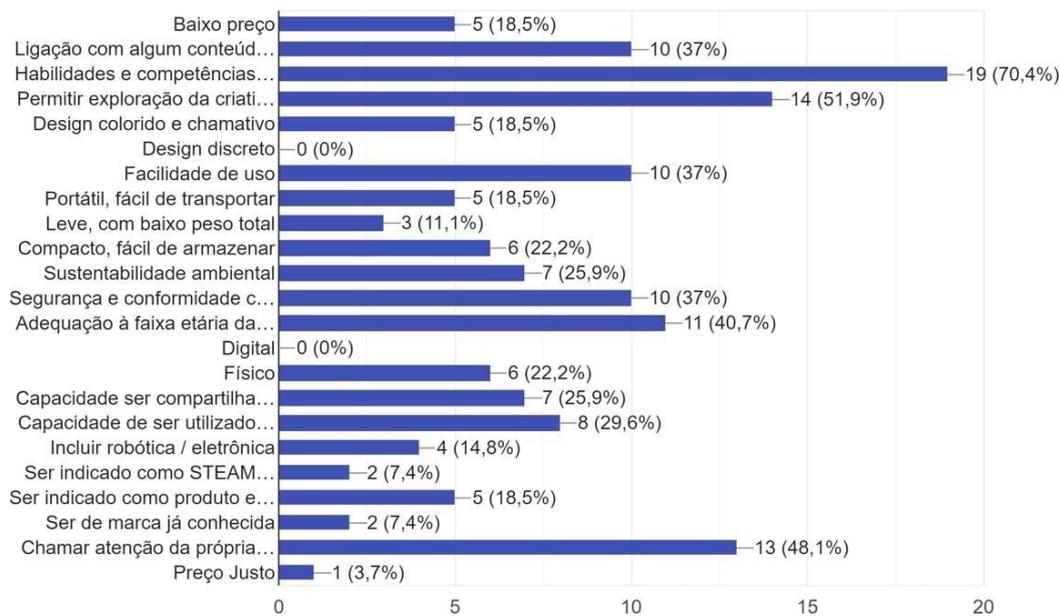
Os pais e/ou responsáveis também foram questionados, ainda nesse formulário, sobre os principais pontos que os levam a tomar a decisão de comprar ou não um brinquedo educativo. Foi interessante notar que o resultado desse formulário foi compatível com o anterior, já que as duas opções mais votadas foram as mesmas queas mais votadas pelos profissionais da educação: permitir a exploração da criatividade e de demais habilidades e competências, como pode ser verificado na figura 14.

Neste caso, o preço teve menos peso decisivo, se comparado com o resultado da figura 12, com relação ao formulário para profissionais da educação, em que 60% dos preenchimentos selecionaram a opção “baixo preço” como um dos pontos mais decisivos.

Os pais e/ou responsáveis também indicaram que as próprias crianças têm papel decisivo na aquisição de brinquedos educativos, já que a opção “chamar a atenção da própria criança” foi a terceira mais escolhida (48,1%). Ainda com relação a isso, 66,7% das pessoas que preencheram indicaram que o peso da criança e do responsável no momento de adquirir um novo brinquedo é igual, 18,5% selecionaram a opção “da criança, de acordo com os gostos dela”,

11,1% declarou que o peso maior é dele(a), como responsável, e 3,7% que seguem recomendações de um terceiro (psicólogo, psicopedagogo, professor...).

Figura 14: gráfico com o resultado da votação dos pontos mais importantes ao adquirir-se um novo brinquedo educativo.

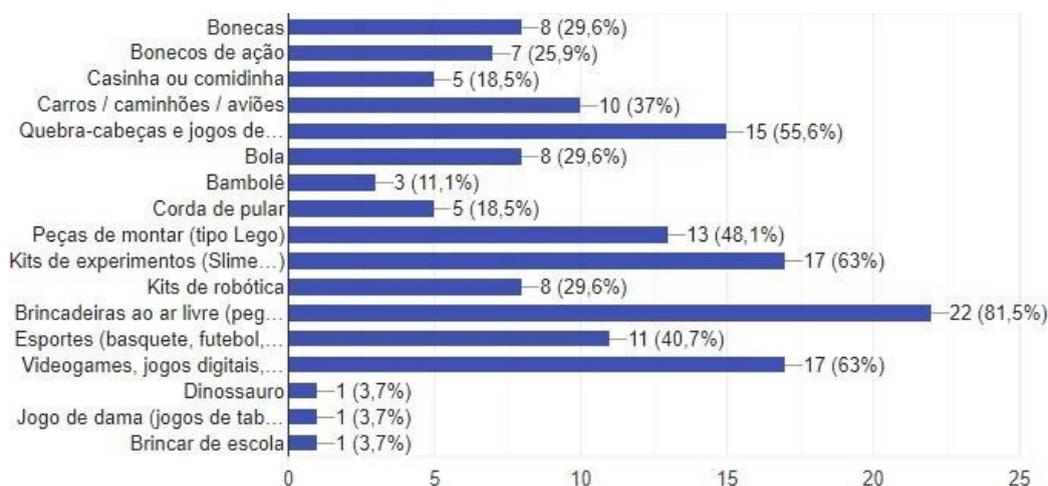


Fonte: retirado do formulário de autoria própria.

Quando questionados sobre o preço que os pais e/ou responsáveis gastam ou já gastaram, em média, por brinquedos educativos, o menor valor colocado foi de R\$40,00 e o maior foi de R\$400,00. Novamente, foi feita uma média ponderada com o objetivo de ter-se um valor base, e o resultado para o formulário em questão foi de R\$140,38.

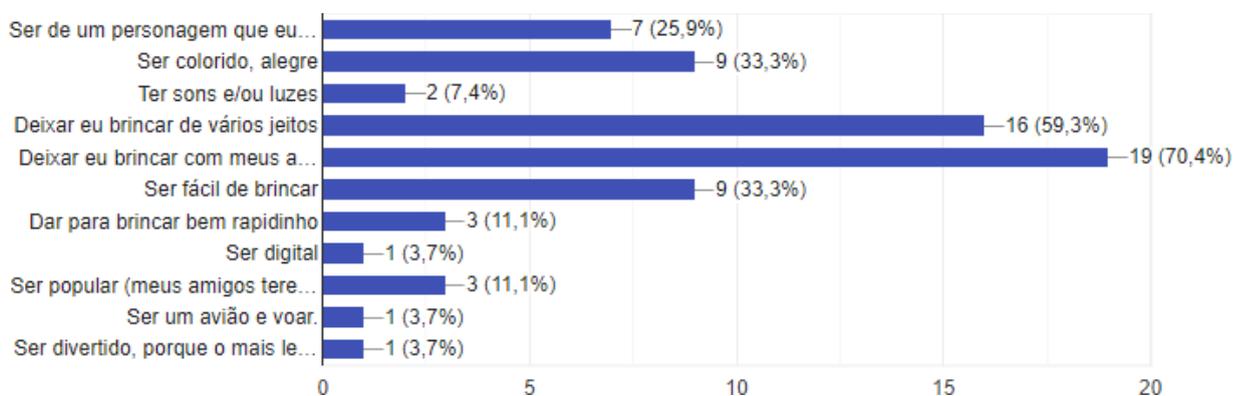
Para finalizar o segundo formulário, foram feitas algumas perguntas voltadas para as crianças. Foi solicitado que o(a) responsável fizesse os questionamentos para a(s) sua(s) criança(s) e registrasse as respostas da maneira como ela(s) falasse(m). Elas foram questionadas com relação aos seus brinquedos preferidos e o que elas mais gostam neles, e os resultados são mostrados nas figuras 15 e 16.

Figura 15: brinquedos preferidos das crianças.



Fonte: retirado do formulário de autoria própria.

Figura 16: características que as crianças mais gostam em seus brinquedos.



Fonte: retirado do formulário de autoria própria.

3.2 PLANEJAMENTO DO PROJETO

“O plano do projeto é um documento que agrupará informações relevantes para a execução do projeto [...] escopo do projeto, escopo do produto (conceito do produto), previsões das atividades e sua duração, prazos, orçamento, definição do pessoal responsável, recursos necessários para realizar o projeto, especificação dos critérios e procedimentos para avaliação da qualidade (assim como possíveis normas que precisam ser atendidas), análise de riscos e indicadores de desempenho selecionados para o projeto e produto (com seus valores-alvo).” (DA AMARAL, 2006).

Sendo assim, tem-se que o presente projeto apresenta como escopo desenvolver e fabricar um primeiro protótipo de um brinquedo educativo composto por peças inspiradas em componentes mecânicos (eixos, polias, engrenagens, vigas...) que encaixam entre si por meio de furos e pinos, para formar projetos diversos, norteados por cartas desafios que formam uma trilha de aprendizagem baseada em conceitos da grade curricular e com usabilidade baseada na Abordagem de Ensino STEAM, pretendendo desenvolver um produto divertido e interessante para as crianças que possa ser acessível para pais e responsáveis e para educadores utilizarem como recurso de ensino-aprendizagem.

Foi esperado que o encaixe das peças fosse fácil, para que crianças não tivessem dificuldade em brincar, resistente para que as peças pudessem ser utilizadas muitas vezes e precisos o suficiente para que elas não se desencaixassem sozinhas.

Com relação à previsão de atividades e suas durações, mantém-se o demonstrado na figura 7, incluindo o cronograma apresentado pelo quadro 2. Já em questão de orçamento, o presente projeto contou com uma meta de ser desenvolvido dentro da disponibilidade de R\$1.000,00, fornecidos como apoio da Diretoria de Relações Empresariais e Comunitárias (DIREC) e pela Diretoria de Graduação e Educação Profissional (DIRGRAD) da UTFPR Campus Londrina.

Quadro 2 – Cronograma do desenvolvimento.

ATIVIDADE	FEV /2022	MAR / 2022	MAI / 2022	JUN / 2022	JUL / 2022	AGO / 2022	SET / 2022	OUT / 2022	NOV / 2022
Estudos primordiais e problematização	X								
Criação da ideia inicial		X	X						
Definição do escopo			X	X					
Plano de negócios				X					
Projeto informacional					X				
Projeto conceitual					X				
Projeto detalhado						X			
Preparação para a produção						X			
Lançamento						X			
Fabricação do protótipo							X	X	
Rodadas de testes e otimizações								X	X
Conclusões									X

Fonte: autoria própria.

Com relação a recursos humanos, o desenvolvimento foi realizado pela aluna responsável pelo presente trabalho, contando com apoio de sua orientadora e com o serviço de terceirização de impressão 3D mais à frente comentado. Outros recursos utilizados foram Notebook com os programas Solidworks original versão educacional e Figma original em versão gratuita instalados. Nota-se que, em caso de o produto ser, futuramente, comercializado, o Solidworks educacional não poderá ser utilizado.

A avaliação da qualidade para o produto em questão necessitou de um teor mais qualitativo, considerando o interesse e a adaptabilidade de crianças e educadores com o protótipo, sendo que a pretensão foi de testá-lo com ao menos 15 crianças e 3 educadores.

Também foi uma pretensão incluir conteúdos e competências da BNCC e obedecer às resoluções da Portaria Inmetro nº 302/2021, que é a norma vigente que estabelece requisitos técnicos de qualidade, segurança e

conformidade legal para brinquedos, e da ABNT NBR NM 300-1/2011, norma relativa à segurança de brinquedos.

Dentre os riscos aos quais o desenvolvimento do produto está submetido, podem ser citados a falta de tempo e de recursos financeiros e a falta de organização por parte da aluna responsável. Já com relação aos riscos aos quais o protótipo está submetido estão custo final incompatível com o mercado, não aceitação de crianças e/ou educadores, erros, problemas ou más escolhas de dimensionamento e/ou fabricação.

As observações do planejamento estratégico e do planejamento de produto, em conjunto com dados publicados já abordados no início do presente trabalho, corroboraram com a identificação da demanda por produtos do tipo do qual se pretendeu desenvolver. De acordo com o Método Unificado de PDP utilizado como base no presente trabalho, toda etapa deve passar por uma revisão antes da próxima. Diante da análise das várias formas de pesquisa realizadas e das literaturas utilizadas como referência, decidiu-se manter as metas e estratégias inicialmente propostas, já que elas eram condizentes com os resultados até então obtidos.

No caso desse brinquedo ser efetivamente comercializado, ele deve passar por uma avaliação de conformidade, de acordo com a Portaria Inmetro nº 302/2021.

4 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

A segunda macro fase do Modelo de PDP, a de desenvolvimento do produto, efetivamente falando, engloba cinco estágios: projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado, preparação do produto e lançamento do produto. A realização dos três primeiros será abordada nesta seção. Já os outros dois estágios serão brevemente comentados, pois, como não se pretende que o produto seja lançado no momento, a realização delas não foi pertinente para o presente trabalho.

4.1 PROJETO INFORMACIONAL

Uma das principais dificuldades encontradas para definir as especificações de um produto é a definição dos requisitos dos clientes. Isso porque, como explica Amaral (2006), linguagem do consumidor é bruta, subjetiva. É necessário traduzí-la em especificações técnicas que possam ser mensuradas e levadas adiante no desenvolvimento do produto. Como base para esses requisitos dos clientes, foram utilizadas as pesquisas já feitas no pré-desenvolvimento. A partir delas, uma lista de necessidades do brinquedo foi desenvolvida:

- Fácil usabilidade;
- Flexibilidade de uso;
- Adaptável a diferentes idades;
- Estímulo ao desenvolvimento de criatividade e outras habilidades pessoais;
- Design lúdico e chamativo;
- Ligação direta com conteúdos didáticos;
- Portátil, fácil de transportar e guardar;
- Seguro e adequado para as crianças;
- Custo acessível;
- Ser divertido.

Para facilitar o processo de análise dessas necessidades, elas foram

categorizadas em três grupos:

- a. Relacionadas ao custo: custo acessível;
- b. Relacionadas ao uso: fácil usabilidade, adaptável a diferentes idades, estímulo ao desenvolvimento de criatividade e outras habilidades pessoais, ser divertido;
- c. Ou relacionadas à construção: design lúdico e chamativo, ligação direta a conteúdos didáticos, portátil, fácil de transportar e guardar, seguro e adequado para as crianças.

Com base nos formulários, foi possível estabelecer hierarquias entre as necessidades. Então, foi preciso transformar as necessidades brutas, subjetivas, das linguagens dos clientes, em especificações mensuráveis que possam ser controladas e testadas ao longo do processo. Isso foi feito com base em literaturas, pesquisas de mercado e de campo e Benchmarking competitivo, e o quadro 3 apresenta tanto as hierarquias, classificadas de 1 a 5, da necessidade mais até a menos importante, quanto as especificações traduzidas.

Quadro 3: necessidades e suas hierarquias e especificações.

NECESSIDADES	HIERARQUIAS	ESPECIFICAÇÕES
FÁCIL USABILIDADE	3	5 minutos para aprender a usar
FLEXIBILIDADE DE USO	2	Ao menos 10 criações possíveis com as peças
ADAPTÁVEL A DIFERENTES IDADES	4	Ao menos 30 peças diferentes
		Faixa etária indicativa: de 4 a 12 anos
ESTÍMULO AO DESENVOLVIMENTO DE CRIATIVIDADE E OUTRAS HABILIDADES PESSOAIS	1	De 1 a 4 jogadores
DESIGN LÚDICO E CHAMATIVO	5	Ao menos 10 criações possíveis com as peças
		Sem tutorial que especifique como fazer as construções
		Material auxiliar com ao menos 1 personagem e 3 cores diferentes
		Peças com ao menos 3 cores diferentes
LIGAÇÃO DIRETA COM CONTEÚDOS DIDÁTICOS	4	Um personagem envolvido
		Uma história envolvida
		Ao menos 5 conteúdos da BNCC envolvidos
PORTÁTIL, FÁCIL DE TRANSPORTAR E GUARDAR	5	Massa total do kit: 3Kg
SEGURO E ADEQUADO PARA CRIANÇAS	2	Dimensão máxima do kit: 40 cm
		Adequado às normas vigentes
CUSTO ACESSÍVEL	3	Preço final inferior a R\$150,00
SER DIVERTIDO	1	Nota média 8, dada pelas crianças que testarem o kit

Fonte: autoria própria.

Essas especificações foram adotadas como metas para o produto final, já que, se elas forem atingidas, é provável que elas supram as principais necessidades dos clientes. Em uma revisão do projeto informacional, foi possível concluir que as especificações definidas foram claras, mensuráveis e compatíveis com as até então metas e estratégias do produto, portanto, foi possível seguir para a próxima etapa.

4.2 PROJETO CONCEITUAL

“Diferentemente da fase de Projeto Informacional que trata, basicamente, da aquisição e transformação de informações, na fase de Projeto Conceitual, as atividades da equipe de projeto relacionam-se com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto.” (DA AMARAL, 2006).

Na etapa do projeto conceitual, é importante, de acordo ainda com Amaral (2006), identificar a função global do produto, que é a principal, mais importante, funcionalidade que se deve esperar dele. No caso do brinquedo em questão, a função global é construir projetos diversos por meio do encaixe entre as peças.

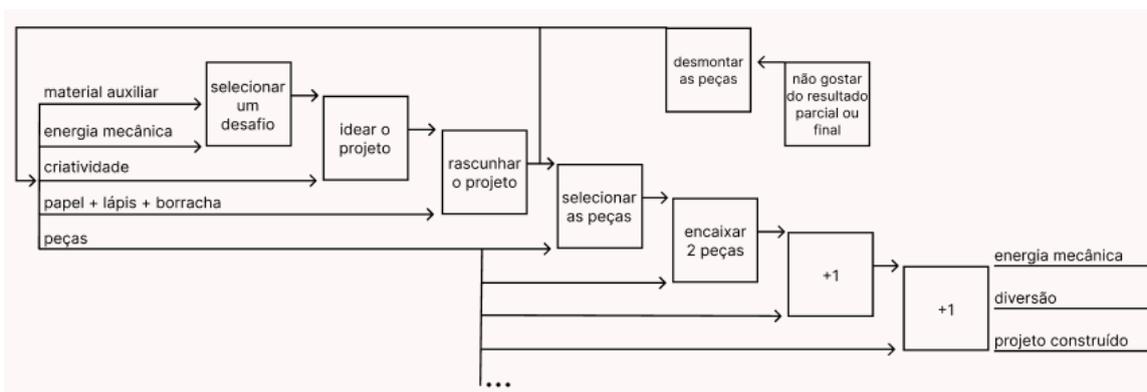
Essa função global é entendida como problema, de modo que estruturas funcionais do produto são estudadas para melhor atendê-la, ou seja, deve-se analisar diferentes formas de solucionar o problema, já que é claro que não existe somente uma maneira de desenvolver um brinquedo capaz de cumprir essa função.

Para facilitar a solução da função global, ela pode ser dividida em etapas menores, como: ter a ideia do projeto a ser construído, fazer um rascunho do projeto, selecionar as peças necessárias, encaixar as peças, uma por vez, até que se tenha o conjunto desejado.

É comum representar a função global esquematicamente, como mostrado na figura 17, deixando claras as entradas e saídas do processo de solução dela, questão divididas em três categorias: energia, material e sinal.

Entender esses fluxos e simplificar ao máximo a estrutura de funções é o caminho ideal, de acordo com Amaral (2006), para chegar a soluções simples e econômicas. O autor também destaca que não existe somente uma decomposição possível da função global, tampouco uma só estrutura funcional possível, como já havia sido concluído, por isso, devem ser analisados cenários diferentes.

Figura 17: representação esquemática da função global desconstruída.



Fonte: autoria própria.

No caso do encaixe das peças, a função global pôde ser desmembrada em 5 etapas fixas e quantas mais o usuário do brinquedo desejar, até que se acabem as peças, já que não existe uma única quantidade de peças a ser obrigatoriamente encaixada para qualquer projeto construído.

Também é necessário notar que foi incluída uma função não esperada, que é a possibilidade da construção não satisfazer o usuário, em qualquer momento do processo, o que fará retornar do zero ou do início da construção.

Com relação às entradas e saídas do processo, indicadas também pela figura 17, tem-se como forma de energia a mecânica a movimentação do usuário, que é a única forma de energia necessária para a solução da função global; como sinal, o biológico, ao passo que o cérebro enfrenta um processo de criação; por fim, como material, tem-se os recursos para o rascunho, as peças e o material auxiliar do brinquedo. Já como saída, tem-se o projeto construído.

Uma vez desconstruída, a proposta é buscar princípios de solução, realizados sistemas e/ou componentes. No presente caso, como o usuário desempenha papel ativo na usabilidade do próprio brinquedo e deseja-se que ele tenha autonomiasuficiente para criar, conforme as necessidades dos clientes verificadas, surgem dois problemas a serem solucionados: como apresentar os desafios e como promover o encaixe entre as peças.

O primeiro poderia ser solucionado por meio de uma roleta ou um dado que acompanha o brinquedo, podendo ser física ou digital e contendo os desafios a serem sorteados, ou por meio de um aplicativo digital do brinquedo, que contenha todas as informações escritas necessárias, inclusive os desafios, ou com uma simples lista de desafios a serem solucionados, ou com um deck

de cartas, como era a ideia inicial.

Já para o problema do encaixe das peças, foram verificadas algumas possíveis soluções existentes no mercado: peças magnéticas, com ventosas, com fendas, além dos clássicos blocos sem encaixe, que são apenas posicionados uns sobre os outros para criar construções, e os com encaixe por pino. Nessa etapa, também foi realizada uma busca virtual na extensão Patentes do Google para verificar soluções patenteadas.

Nessas pesquisas, foram analisados também encaixes tipo cunha em blocos de montar similares a pequenos tijolos, união de peças de montar por sistema adicional de cliques, grampos ou presilhas, ou por ressaltos e rebaixos nas peças de um carro de brinquedo que deformam plasticamente para encaixarem e possibilitarem a construção do veículo, blocos hexaédricos, componentes encaixados por pinos de fixação.

Além de soluções existentes no mercado de brinquedos, soluções de outros setores podem ser utilizadas como inspiração. Sendo assim, foram encontradas tecnologias de encaixe por disposição construtiva (intertravamento) de blocos de concreto para construção civil, encaixe por velcro em sapatos e bolsas, junções adesivas em materiais de papelaria.

Os princípios de solução foram analisados por meio de uma matriz de seleção, apresentada pelos quadros 4 e 5, em que um sinal de mais foi fornecido quando uma solução era vantajosa com relação a determinado critério, de menos quando era desfavorável a ele ou um sinal nulo, se a solução era neutra.

Foram utilizadas como base para os critérios de seleção as especificações do produto definidas de acordo com as necessidades dos clientes e questões de viabilidade financeira e de tempo. Foi necessário tratar o brinquedo como um possível produto comercial, portanto, várias opções que poderiam ser mais vantajosas foram desclassificadas por inviabilidade.

Por exemplo, existem ferramentas digitais que desenvolvem roletas on-line de forma gratuita e em segundos. Porém, ferramentas terceiras não poderiam estar inclusas em um produto comercial sem os devidos direitos resguardados. Sem essa opção, desenvolver do zero uma roleta digital original do jogo tornou-se caro e difícil. Outro exemplo é o caso de peças magnéticas, que foi inviabilizado pela quantidade de testes e especificações requeridos por norma, que tornariam o produto mais caro e de difícil fabricação.

Quadro 4 - Matriz de seleção para o conceito dos desafios.

CRITÉRIO DE SELEÇÃO	CONCEITOS PARA OS DESAFIOS						
	ROLETA DIGITAL	ROLETA FÍSICA	DADO VIRTUAL	DADO FÍSICO	APLICATIVO DIGITAL	LISTA	CARTAS
CUSTO DE PRODUÇÃO	-	-	-	-	-	+	+
FACILIDADE DE FABRICAÇÃO	-	-	-	-	-	+	+
DISPONIBILIDADE DE ESPAÇO PARA OS DESAFIOS E COMPLEMENTOS	0	0	-	-	+	+	+
VIABILIDADE DE TEMPO	-	-	-	-	-	+	+
FACILIDADE DE USO	0	-	+	+	-	-	+
LUDICIDADE	+	+	+	+	+	-	+
MASSA	+	0	+	+	+	+	+
DIMENSÕES	+	-	+	+	+	0	+
ACESSO AO BRINQUEDO	-	0	-	0	-	+	+
SOMA (+)	3	1	4	4	4	6	9
SOMA (0)	2	3	0	1	0	1	0
SOMA (-)	4	5	5	4	5	2	0
PONTUAÇÃO TOTAL	-1	-4	-1	0	-1	4	9
RESULTADO	X	X	X	X	X	X	OK

Fonte: autoria própria.

Quadro 5 – Matriz de seleção para o conceito das peças.

CRITÉRIO DE SELEÇÃO	CONCEITOS PARA O ENCAIXE DAS PEÇAS									
	VENTOSAS	PEÇAS MAGNÉTICAS	POR FENDA	SEM ENCAIXE	POR PINOS INDEPENDENTES E FUROS NAS PEÇAS	POR PINOS E FUROS INTEGRADOS ÀS PRÓPRIAS PEÇAS	TIPO CUNHA	CLIPS OU GRAMPOS INDEPENDENTES	RESSALTOS QUE DEFORMAM	COM VELCRO
CUSTO DE PRODUÇÃO	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
FACILIDADE DE FABRICAÇÃO	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
FLEXIBILIDADE DE USO DAS PEÇAS	0	-	-	-	+	+	-	-	-	-
VIABILIDADE DE TEMPO	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
FACILIDADE DE USO	-	-	+	-	-	+	+	-	-	0
LUDICIDADE	+	+	0	-	0	0	0	0	+	-
MASSA	+	-	+	0	0	0	+	0	+	+
DIMENSÕES	0	0	+	0	0	0	0	0	+	-
SEGURANÇA PARA AS CRIANÇAS	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-
PATENTES EXISTENTES	0	0	0	+	0	0	-	0	-	0
SOMA (+)	3	1	3	5	3	6	2	0	3	1
SOMA (0)	3	2	2	2	4	4	2	4	0	2
SOMA (-)	4	7	5	3	3	0	6	6	7	7
PONTUAÇÃO TOTAL	-1	-6	-2	2	0	6	-4	-6	-4	-5
RESULTADO	X	X	X	X	X	OK	X	X	X	X

Fonte: autoria própria.

4.3 PROJETO DETALHADO

Com os conceitos do produto definidos, foi preciso estruturar a arquitetura dele, fazendo com que, pela primeira vez no processo, o brinquedo se tornasse menos abstrato. Esse processo foi feito com auxílio do software Solidworks, em que cada uma das 49 peças foi inicialmente projetada e desenhada, inspiradas em vivências da Engenharia Mecânica, no estágio e em projetos de extensão.

Optou-se por adicionar à variedade de componentes um elástico de escritório para ser usado em conjunto com as peças polias, porém optou-se por um já pronto, devido ao custo de aquisição e da dificuldade serem menores do que se fosse adotada a fabricação própria do elástico.

Outra opção foi fabricar essas primeiras peças por meio de impressão 3D, que era uma alternativa rápida, apesar do maior custo de produção, para prototipar o brinquedo, testá-lo e analisá-lo, buscando futuras otimizações, e considerando curto prazo disponível para a fabricação. Para essa decisão, também foi considerada a falta de disponibilidade, no momento da fabricação, da máquina de corte à laser, que, inicialmente, pretendia-se utilizar.

Além disso, a impressão 3D foi capaz de atingir algumas especificações que se pretende manter no produto final: peças leves, pequenas e coloridas. Foram utilizadas 5 cores: vermelho, azul, branco, preto e cinza. Considerando a falta de disponibilidade de máquina impressora 3D por parte da desenvolvedora do produto, optou-se por terceirizar a fabricação das peças, por um custo de R\$400,00 no total da fabricação.

O material adotado para a impressão foi o filamento PLA (ácido polilático), devido à compatibilidade dele com as máquinas impressoras do fabricante, no caso, dos modelos Ender 3 e GTMax H4, ilustradas pelas figuras 18 e 19.

Figura 18: impressora 3D modelo Ender 3.



Fonte: Loja 3D.

Figura 19: impressora 3D modelo GTMax H4.



Fonte: GTMax 3D.

Outras justificativas para a seleção desse tipo de filamento foram o fato dele ser biodegradável, adicionando ao brinquedo um diferencial de mercado com relação à sustentabilidade ambiental, além de uma segurança às crianças por não ser um material tóxico, um dos requisitos das normas de segurança vigentes, possibilitar elevada dureza, colaborando com a resistência das peças, qualidade e brilho, oportunizando peças com um bom acabamento, em prol de um design chamativo, como era uma das necessidades dos clientes.

Após uma primeira revisão, os pinos integrados às peças, inicialmente, com 5 mm de comprimento e 0,5mm de folga com relação aos furos das peças foram alterados para comprimento 10 mm e com 0,1mm de folga, após alguns primeiros testes de impressão verificarem que as peças estavam se desencaixando sozinhas. Também se decidiu adicionar um pequeno chanfro nas quinas das peças para evitar cantos vivos, obedecendo às normas vigentes.

O Apêndice A, é uma relação de todas as peças após essa primeira revisão, com suas dimensões totais, partes para encaixe e quantidades iniciais para impressão indicadas. Optou-se por imprimir, inicialmente, uma unidade de cada uma das peças, para avaliar o projeto e a impressão de cada uma delas, além da usabilidade, em conjunto com crianças, para definir quais peças deveriam ser inseridas em maiores quantidades, no brinquedo final. Com relação a esse encaixe, as peças foram classificadas por macho se tinham pinos integrados, fêmea se tinham furos para encaixe dos pinos e macho / fêmea se tinham tanto pinos, quanto furos.

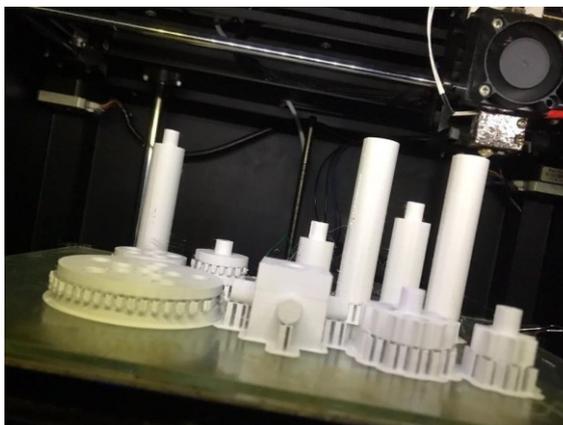
A figura 20 ilustra os modelos em 3D das 49 peças projetadas. As imagens foram retiradas diretamente do software Solidworks. Já a figura 21 ilustra o processo de fabricação das peças, depois de feitas as revisões e os ajustes.

Figura 20 - Modelos em 3D das peças.



Fonte: autoria própria.

Figura 21 - Peças sendo impressas em 3D.



Fonte: Maeda Impressões 3D.

Os parâmetros utilizados para a prototipagem 3D das peças estão apresentados no Apêndice B.

Já com relação ao desenvolvimento do material de apoio e dos desafios, foi construída uma breve narrativa que coloca as crianças no papel de engenheiros responsáveis por desenvolver projetos capazes de solucionar alguns problemas encontrados nas cartas desafio, os quais são relacionados a contextos reais. Foram desenvolvidos, inicialmente, 10 desafios, os quais foram previamente testados com uma turma de 40 crianças, utilizando materiais recicláveis e alternativos ao invés das peças impressas:

- “Uma nova, melhor, casa”: o nosso planeta está à beira de um colapso, porque a humanidade não soube cuidar bem dele. A Organização das Nações Unidas (ONU) toma a decisão de levar a humanidade para outro planeta ou satélite. Você é responsável por estruturar essa mudança! Para onde você nos levaria e como construiria uma sociedade melhor lá?
- “Afunda ou flutua”: o Brasil está investindo em sua frota naval e contratou você para desenvolver um novo navio cargueiro, em busca de uma solução segura e diferente, você precisa construir um barco capaz de flutuar em uma bacia cheia de água, mesmo se for adicionada certa carga a ele!
- “Transporte do futuro”: imagine que você, de repente, acordou 50, 100 ou até mesmo 200 anos no futuro, dentro de um transporte, à caminho de casa. Como você imagina que seja esse transporte? Que tal construí-lo?
- “Socorro!”: um brinquedo seu caiu de certa altura e precisa de resgate! Que tipo de dispositivo você pode construir para pegá-lo sem usar as suas mãos?
- “Espécie desconhecida”: zoólogos descobriram um novo animal, diferente de tudo o que conhecemos hoje. Como você imagina que ele seja? Como ele vive? Que tal dar vida para ele através das peças, para apresentá-lo ao mundo?
- “Minha história ganhou vida!”: o seu livro preferido começou a

chacoalhar na prateleira e, de repente, com um salto e um estralo, palavras começaram a sair dele. Para reconstruir a história, você tem uma missão: construir a parte que você mais gosta desse livro e contá-la a um (a) amigo (a), afinal, um bom livro deve ser compartilhado, não é mesmo?

- “Viagem na história”: a construção das pirâmides do Egito é um dos maiores mistérios da história da humanidade, extraterrestres, viajantes do tempo, feiticeiros, são algumas das inúmeras conspirações vinculadas a esse fato histórico. Você acorda no auge do império Egípcio e se torna o engenheiro de um inovador faraó que está em busca de um equipamento que facilite a construção da maior pirâmide do Império Egípcio. O que você pode construir para ajudá-lo nessa missão?
- “Estender a mão”: um amigo caiu de bicicleta e fraturou o braço. Com isso, muitas coisas do dia a dia dele ficaram mais difíceis. Você consegue pensar em algumas? Qual objeto do dia a dia pode ser construído para facilitar a vida dele com o braço quebrado?
- “Máquina maluca”: o cartunista e inventor alemão Rube Goldberg adorava criar as mais doidas engenhocas para fazer coisas simples, como almoçar. Que tal você entrar nessa ideia e criar uma máquina maluca também, capaz de fazer algo simples do seu dia a dia como ligar uma luz?
- “Desastre à caminho”: sua cidade está sob risco de ser atingida por um terremoto e você precisa construir uma edificação capaz de abrigar as pessoas. Mas, cuidado, quando o terremoto chegar, ela não pode desabar!

5 RESULTADOS

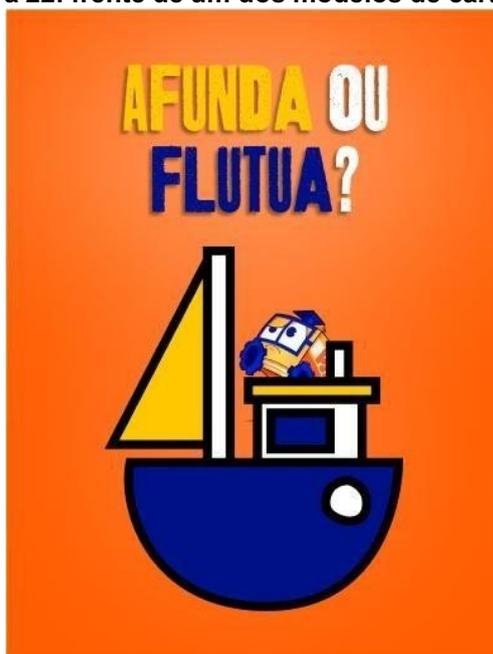
Como já foi especificado no projeto conceitual, decidiu-se que os desafios seriam apresentados por meio de cartas. As figuras 22 e 23 ilustram, respectivamente, a frente e o verso de um dos modelos de cartas, disponíveis em 3 cores, novamente, visando atingir as necessidades dos clientes por um produto chamativo e lúdico. A identidade visual do brinquedo compreendeu o personagem PistoBusão, startup a ser desenvolvida do produto em questão, bem como suas cores e tipografias de marca. Todos os designs envolvidos no brinquedo foram desenvolvidos no software Figma.

Fez-se necessário acrescentar às cartas algumas questões secundárias para auxiliar a questão norteadora principal e guiar as crianças por uma trilha de aprendizagem investigativa, reflexiva e integradora, com relação às 5 áreas STEAM, para que elas pudessem pensar em algumas questões específicas a cada desafio e pesquisar e buscar outras respostas.

O intuito foi fazer com que as crianças não somente construíssem uma solução para o desafio, mas também despertassem a curiosidade com relação aos conceitos os quais o cercam, sem deixar explícito que o intuito do jogo é ser algo meramente educacional, avaliando um dos comentários do formulário já apresentado no presente texto que dizia que talvez o que a pessoa menos gosta em brinquedos educativos fosse o fato de eles serem claramente educativos.

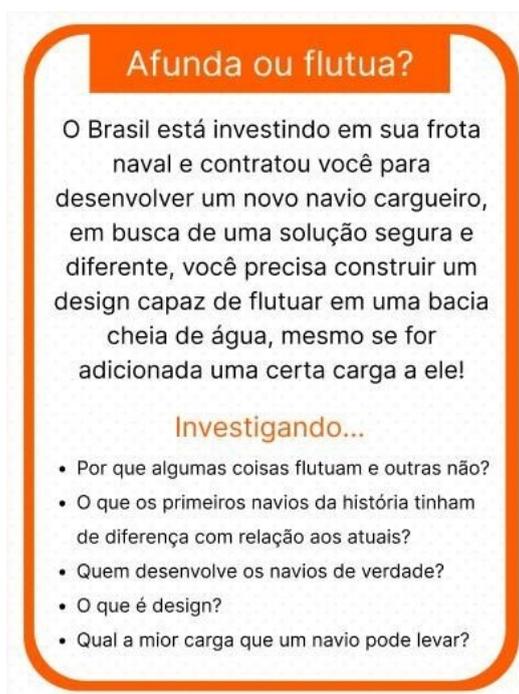
Afinal, como verificado nas necessidades dos clientes, tanto as crianças, quanto os pais e/ou responsáveis e os profissionais da educação prezavam por um produto que fosse visualmente atrativo.

Figura 22: frente de um dos modelos de carta desafio.



Fonte: autoria própria.

Figura 23: verso de um dos modelos de carta desafio.

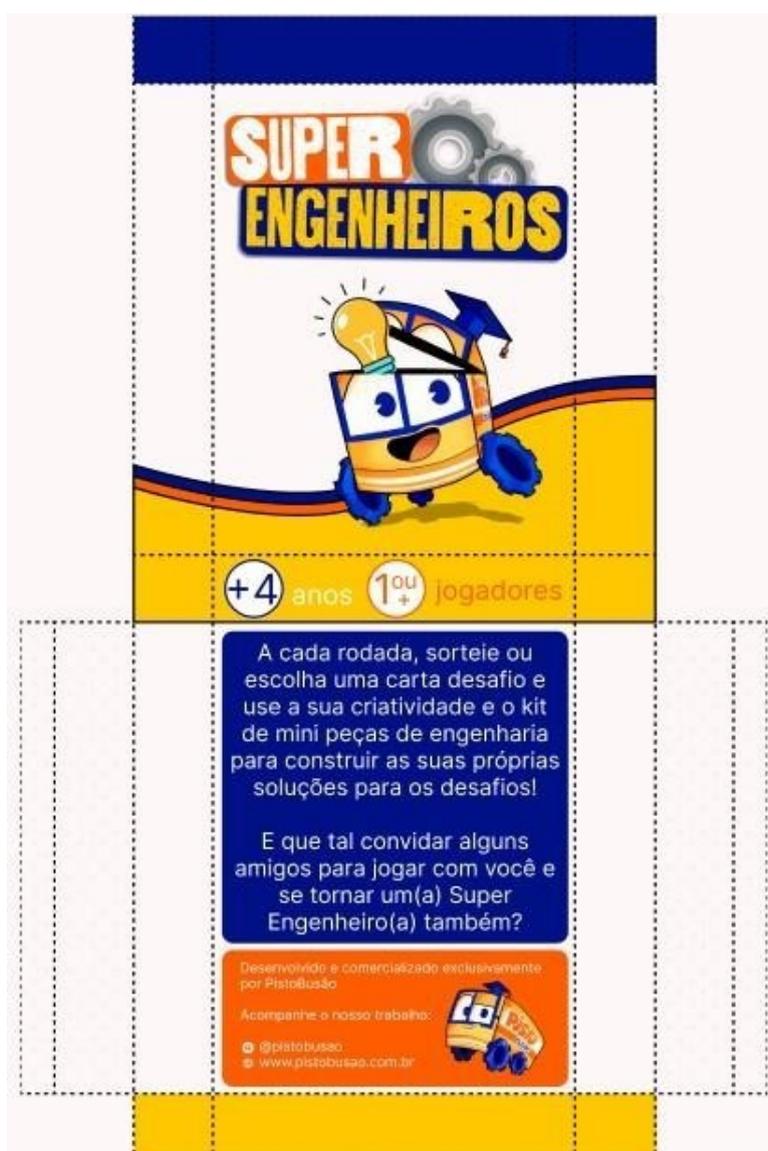


Fonte: autoria própria.

Também foi desenvolvido um modelo de caixa para abrigar as cartas desafio e um modelo de caixa para armazenar o brinquedo como um todo: as peças e a caixa com as cartas. Esses modelos estão ilustrados pelas figuras 24 e 25. Com relação ao nome do brinquedo, foram cogitadas as opções “Mini

Engenheiro” e “Super Engenheiro”. Foi constatado, em uma pesquisa realizada por meio do site do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), abordando a classificação 28, que é a pertinente a brinquedos, que as duas possibilidades de nomes, até o momento, estavam disponíveis comercialmente. Em votação com as crianças, os pais e as educadoras que participaram do teste das peças, a segunda opção foi a mais votada, com 75% das escolhas, portanto, foi adotada como nome do brinquedo.

Figura 24: modelo da caixa das cartas desafio.



Fonte: autoria própria.

Figura 25: modelo da caixa do brinquedo.



Fonte: autoria própria.

Com relação às peças, a impressão foi capaz de atingir o resultado esperado para o protótipo, o qual está apresentado por meio da figura 25. Devido a diferenças nas cores do filamento disponível na fabricante, a proporção de peças com cada uma das cores não ficou igual, e esse é um ponto que se pretende ajustar, caso o brinquedo seja efetivamente fabricado, por questões de padronização e acabamento.

Figura 25: peças prototipadas em 3D.



Fonte: autoria própria.

Com as peças já fabricadas, foi possível, como se era previsto, levar o brinquedo até um grupo de crianças. Até o presente momento, dez crianças tiveram contato com o primeiro protótipo, sendo que elas compreendem a faixa etária de 6 a 11 anos. As figuras 26, 27, 28 e 29 ilustram esse primeiro teste com as crianças. Inicialmente, optou-se por fornecer as peças às crianças sem

instrução alguma, nem mesmo as cartas desafios, para observar a reação delas e como elas lidariam intuitivamente com o brinquedo.

Figura 26: primeiro teste realizado com crianças.



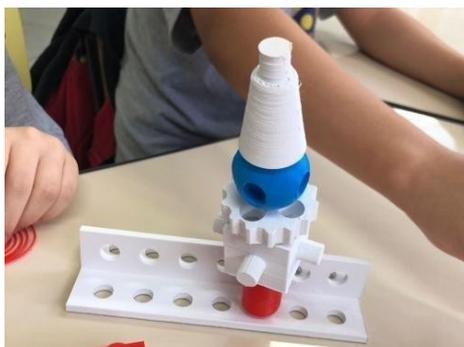
Fonte: autoria própria.

Figura 27: crianças brincando com as peças, ainda no primeiro teste.



Fonte: autoria própria.

Figura 28: montagem do palhaço equilibrista, realizada por uma das crianças.



Fonte: autoria própria.

Figura 29: montagem da cobra de três cabeças, realizada por uma das crianças.



Fonte: autoria própria.

Todas as crianças perceberam rapidamente que se tratava de peças de encaixar e que, para montar algo com elas, era necessário encaixar os pinos nos furos. O fato das peças serem impressas em 3D também chamou a atenção imediata dos analisados. Três deles já conheciam a prototipagem 3D, então, reconheceram facilmente a tecnologia, e os demais ficaram curiosos acerca da rugosidade das peças, que é característica das camadas de filamentos.

Imediatamente, o grupo começou a brincar e criar. Surgiram astronautas, guinchos, planetas, casas. Algumas peças específicas foram identificadas como as preferidas, as esferas de números 36 e 37, a mola de número 44 e as engrenagens de números 20, 21, 22 e 23. Também foi imediata a falta que fez a repetição de algumas peças, para criar projetos com simetria ou simplesmente para poder brincar com os amigos sem grande disputa pelas peças únicas.

Em um segundo momento, foram fornecidas às crianças as cartas desafio, e elas continuaram brincando sem muitas dificuldades, além da demanda por peças repetidas. Foi notável que os desafios fizeram com que as crianças passassem a refletir sobre suas construções ao invés de somente juntarem as peças “para ver no que ia dar”, como era o que estava acontecendo, no primeiro momento.

As cartas desafio também incentivaram conversas entre os analisados, e eles passaram a compartilhar seus conhecimentos já adquiridos e fazer novas perguntas, buscando entender melhor os conceitos oferecidos a eles por meio das cartas.

Em alguns momentos durante esse teste, peças caíram e foram

arremessadas no chão e pela mesa, e nenhuma delas quebrou, verificando-se, assim, a resistência do protótipo. Não foi verificado nenhum risco à saúde das crianças na prática, seja com pontas, cantos vivos, material tóxico, peças pequenas demais ou outros.

Ao final da brincadeira, que durou cerca de uma hora no total, as crianças foram questionadas acerca do que elas gostaram ou não do brinquedo. Entre respostas que exaltavam uma ou outra peça preferida, ou respostas relacionadas às cores e/ou ao material das peças, um comentário se destacou: “Eu gostei que nenhuma peça é uma coisa certa. Todas elas podem ser o que a gente quer que ela seja.”

E, realmente, isso foi percebido durante a brincadeira. Uma cremalheira, por momentos, era uma faca, bem como uma mola fez, por vezes, papel de cabelo maluco. Foi notável como a criatividade das crianças foi despertada por meio do brinquedo. Quando perguntadas acerca dos seus desafios preferidos, o “Afunda ou flutua” e o “Uma nova, melhor, casa” foram os mais lembrados.

Durante o primeiro dentre esses dois desafios, por exemplo, as crianças fizeram reflexões e descobertas sobre densidade e centro de gravidade sem auxílio de educador ou instrução, somente com os próprios itens do brinquedo. Foi interessante que, em um terceiro momento, as crianças foram avisadas que elas teriam um celular e um tablet que poderiam usar como entendessem. Os dois tinham jogos instalados, estrategicamente, para testar se isso seria capaz de divergir a atenção das crianças do brinquedo, e, na verdade, elas decidiram utilizar a tecnologia para realizar pesquisas virtuais relacionadas ao desafio em questão com que elas estavam lidando, o desafio “Espécie Desconhecida”, pesquisando por espécies malucas existentes e outras fictícias, inspiradas em filmes.

Ao final, as crianças receberam uma última solicitação, de darem uma nota para o brinquedo, de 0 a 10, e todas as crianças testadas deram 10. Também foi possível perceber alguns pais das crianças curiosos, principalmente com relação às geometrias das peças, observando de longe, significando que o brinquedo chamou atenção também deles, dentre os quais alguns ainda pediram para ver as peças, arriscaram algumas montagens, perguntaram a origem dos formatos e ficaram surpresos e interessados ao saberem que elas foram inspiradas em componentes mecânicos.

Além disso, ao irem embora, as crianças saíram comentando sobre o brinquedo com seus pais, o que também foi um ponto positivo. Um ponto negativo é que algumas peças acabaram ficando um pouco grandes e desajeitadas para as mãos dos menores, e que, por mais que a impressão 3D possibilite um bom acabamento, qualquer rebarba que ainda se fazia presente nos pinos ou furos dificultava o encaixe.

Duas professoras também estavam presentes no momento do teste e mostraram-se curiosas e interessadas com o brinquedo e, principalmente, com a reação das crianças. Elas também quiseram avaliar as peças e testar algumas construções. Comentaram que os formatos das peças eram diferentes e sugeriram outros temas para futuros desafios, como energia, corpo humano e países e suas culturas, como uma inspiração da Copa do Mundo que iria iniciar em alguns dias e já ganhava o interesse dos alunos.

Após esse teste, também foi possível verificar também que seria útil se os eixos tivessem furos laterais, para diversificar a forma de uso deles, e surgiram algumas ideias de peças diferentes que poderiam ser adicionadas ao kit: meio cilindro, viga com perfil “H”, outros tipos de molas e espirais, cunha / plano inclinado. Outra ideia foi a de adicionar a algumas peças com oblongos, ranhuras, como forma de permitir movimentos lineares entre conexões de peças. Essas ideias foram desenvolvidas no software SolidWorks e a figura 30 ilustra a primeira modelagem dessas novas peças, a serem inclusas em uma próxima prototipagem, se for o caso.

Figura 30: modelagem das novas peças no Solidworks.

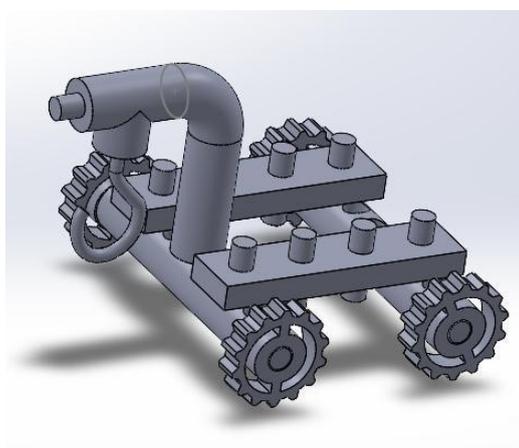


Fonte: autoria própria.

Montagens também foram realizadas pela autora do presente trabalho, de maneira virtual, utilizando o software Solidworks, com a intenção de explorar

as possibilidades do kit de peças sem a problemática da falta de peças repetidas, já que, no software, qualquer uma delas poderia ser replicada quantas vezes fossem necessárias, sem prejudicar a viabilidade financeira do trabalho. A figura 31 ilustra uma dessas montagens. Por meio dessa etapa, foi possível verificar alguns problemas relacionados a incoerências das distâncias entre pinos e furos nas peças, que inviabilizavam algumas montagens, portanto, foi possível realizar esse refinon as peças.

Figura 31: modelo de montagem utilizando as peças no software.



Fonte: autoria própria.

Como as últimas etapas do desenvolvimento do produto, a de preparação para produção e a de lançamento do produto, bem como a macro etapa de pós- desenvolvimento de produto não estão contidas no escopo deste trabalho, sendo que não se pretende que o brinquedo seja lançado ao mercado até o presente momento, muito menos há tempo para que ele seja vendido e descontinuado durante este período, elas não serão realizadas, e apenas um breve comentário será feito sobre comercialização nesta seção.

Com relação a isso, caso seja a intenção, em algum momento, o processo mais recomendado para fabricar as peças é o de injeção plástica, pois, além de manter a maioria das características obtidas por meio da impressão 3D, como pequena massa, possibilidade de pequenas dimensões e de diversas cores e geometrias mais complexas, não toxicidade, garantindo a segurança para as crianças, é capaz de produzir as peças de maneira seriada com custo unitário consideravelmente inferior ao da prototipagem, que é normalmente recomendada para projetos únicos, protótipos, testes, como foi o caso.

Ao se tratar de injeção plástica, o maior custo é dado à fabricação das matrizes. Depois, a injeção das peças de maneira seriada, em massa, poderia ser feita com um custo unitário do kit aproximado de R\$50,00, para a fabricação de 1.000 unidades do kit de peças, de acordo com cotações realizadas com fabricantes de produtos em injeção plástica. Para as cartas e as caixas, foram realizadas também cotações, porém, com gráficas, ainda para a quantidade de 1.000 unidades, e o preço encontrado foi de R\$15,00. Sendo assim, o custo bruto do produto seria de R\$65,00.

6 DISCUSSÃO

Diante dos resultados obtidos, foi possível verificar que o brinquedo desenvolvido foi capaz de apresentar usabilidade investigativa, baseada em problemas, envolvendo situações de mundo-real e conhecimentos diversos, incentivando a criação e o desenvolvimento de projetos únicos, imaginados pelas crianças, o que, com base nas literaturas analisadas, é suficiente para afirmar que o produto pode ser corretamente classificado como STEAM.

Com relação ao processo de desenvolvimento de produto, uma das maiores dificuldades, com certeza, foi a prevista pela maioria dos livros base de desenvolvimento de produtos: traduzir a necessidade dos clientes em especificações de produtos. Ainda mais neste caso, em que crianças estavam envolvidas, então, esse nível de dificuldade foi ainda maior, abordando três públicos diferentes (pais e responsáveis, educadores e crianças).

O Modelo Unificado, realmente, foi muito útil para o desenvolvimento do brinquedo com mais confiabilidade, embora se tenha enfrentado a dificuldade de desenvolver o produto sem uma equipe para que as decisões tomadas durante o processo pudessem ser mais neutras, sem tanta influência de opinião própria.

Também se verificou que, para que um produto seja efetivamente lançado no mercado, é ideal que um processo iterativo seja realizado, compreendendo mais testes e otimizações do que essa primeira fase que foi desenvolvida, para que se possa diminuir os riscos e lançar um produto com maior probabilidade de sucesso. Infelizmente, devido ao tempo e aos recursos financeiros disponíveis, isso não foi possível, entretanto, será um possível trabalho futuro.

Além disso, ainda pensando no possível lançamento do produto, é necessário considerar que, de acordo com as normas vigentes, o brinquedo precisaria passar por testes e inspeções para ser aprovado pelo Inmetro e poder ser comercializado legalmente. Isso agregaria custos ao produto, os quais não foi possível mensurar no presente trabalho, ou seja, deve-se concluir que o custo final do produto não pode ser apenas o da matéria-prima que foi estimado.

Apesar dessas observações, verificou-se que foi possível cumprir com os objetivos iniciais de desenvolver um brinquedo divertido e interessante para

as crianças, que possa ser utilizado como recurso de ensino-aprendizagem por meio da usabilidade baseada na Abordagem de Ensino STEAM e instigar a curiosidade de pessoas pela Engenharia Mecânica.

Observou-se também, principalmente por meio do teste com as crianças em duas etapas, que a presença das cartas desafio como trilha de aprendizagem foi essencial para que o brinquedo pudesse ser assertivo com relação a esses objetivos.

Com relação ao custo final obtido, considerando as ressalvas já feitas com relação a custos adicionais, também se pôde concluir que foi possível desenvolver um produto compatível com os preços atuais do mercado, inclusive, com preço mais competitivo do que muitas opções, proporcionando uma boa opção, mais acessível. Estipula-se que seria possível comercializar o brinquedo por cerca de R\$120,00, considerando demais custos de produção e regularização do brinquedo e uma margem de lucro, colocando-o em posição competitiva no mercado.

7 CONCLUSÃO

Com base nos testes e estudos realizados, é possível concluir que os objetivos do presente trabalho foram atingidos e o primeiro protótipo do brinquedo proposto, após as alterações realizadas, foi aprovado, tanto pela desenvolvedora e sua orientadora, quanto pelos possíveis compradores e usuários desse produto.

Conclui-se que aprender brincando é possível e existe espaço e demanda no mercado e no cenário educacional por produtos do tipo, especialmente se eles forem capazes de atingir aprendizagens mais concretas e forem mais acessíveis.

Por fim, conclui-se também que a realização deste trabalho foi muito proveitosa para encerrar a graduação da aluna responsável por ele, já que foi preciso aplicar conceitos diversos da Engenharia Mecânica, principalmente das áreas de engenharia de produtos, elementos de máquinas e fabricação mecânica.

8 TRABALHOS FUTUROS

A realização do presente trabalho pode ser uma inspiração para o desenvolvimento de novos produtos no mercado, não somente brinquedos, propriamente ditos, já que o Modelo Unificado de PDP utilizado como base pode ser aplicado para produtos de qualquer setor do mercado.

Com relação a trabalhos futuros da própria autora deste trabalho, uma possibilidade é aperfeiçoar ainda mais o protótipo desenvolvido e iniciar o processo de comercialização dele, realizando as inspeções do Inmetro, solicitando a patente do nome e do kit, desenvolvendo uma estratégia de lançamento e, após a inserção do produto no mercado, realizando a última macro fase do Modelo Unificado de PDP, a de pós-desenvolvimento. Também existe a possibilidade da autora utilizar o presente trabalho como base para desenvolver outros produtos.

Não exclusivo à autora em questão, também existe a possibilidade dos estudos referentes a este texto serem utilizados como referência para outros estudos relacionados à Abordagem STEAM, a desenvolvimento de produtos e/ou a brinquedos.

REFERÊNCIAS

STEAM EDUCATION. STEAM Education. 2015. **STEAM Pyramid Story**. Disponível em < [HTTPS://steamedu.com/pyramidhistory/](https://steamedu.com/pyramidhistory/) >. Acesso em 02 de maio de 2022.

BENDER, Willian N. **Aprendizagem Baseada em Projetos**, 2014.

BACICH, Lilian; HOLANDA, Leandro. **STEAM em Sala de Aula: A Aprendizagem Baseada em Projetos Integrando Conhecimentos na Educação Básica**, 2020.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. Editora Blucher, 2011.

THORMES, D. **Desenvolvimento do projeto de um carro para o transporte de peças manufaturadas**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Faculdade Horizontina. Curso Superior de Engenharia Mecânica, Horizontina, 2012.

LEITE, Carolina. **Consumo de Brinquedos para a Primeira Infância: Estudo Sobre os Fatores de Influência na Decisão de Compra**.

LIRA, A., DOMINICO, E. NUNES, M. **Crianças e Brinquedos: uma Relação Inquestionável?**, 2019.

MANTOVANI, C. A. **Metodologia de Projeto de Produto**, 2011.

ALMEIDA, D.B.L. **Sobre Brinquedos e Infância: Aspectos da Experiência e da Cultura do Brincar**, 2006

FERNANDES, R.W.K. **A Gestão do Design na Indústria de Brinquedos**, 2015.

ALBUQUERQUE, G., ALMEIDA, I., CARVALHO, V. **A Concepção do Brincar na Base Nacional Comum Curricular**, 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

ISTO É DINHEIRO. Isto É Dinheiro. **Em plena era digital, aumenta a procura por brinquedos pedagógicos**. Disponível em: <[HTTPS://www.istoedinheiro.com.br/em-plena-era-digital-aumenta-a-procura-por-brinquedos-pedagogicos/](https://www.istoedinheiro.com.br/em-plena-era-digital-aumenta-a-procura-por-brinquedos-pedagogicos/)>. Acesso em 20 de junho de 2022.

ROZENFELD, Henrique et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. 2006.

GRAHAM, Nicholas; BROUILLETTE, Liane. **Using Arts Integration to Make**

Science Learning Memorable in the Upper Elementary Grades: A Quasi-Experimental Study. 2016.

CUNNINGTON, Marisol et al. **Cultivating Common Ground: Integrating standards- based visual arts, math and literacy in high poverty urban classrooms.** 2014.

MARI, Fernando; SCHENATTO, Fernando. **Análise do Processo de Desenvolvimento de Produtos como Estratégia para Inovação em uma Empresa do Setor Eletrônico.** 2017.

REIS, Laís; CARVALHO, Danley. **História dos Brinquedos: Cultura e Poder.** 2019.

FOLHA DE S. PAULO. Folha de S. Paulo. **Procura por brinquedos educativos e jogos de tabuleiro cresce na pandemia.** Disponível em <<https://www1.folha.uol.com.br/mpme/2021/05/procura-por-brinquedos-educativos-e-jogos-de-tabuleiro-cresce-na-pandemia.shtml>>. Acesso em 20 de junho de 2022.

Erumonitor International. **Toys and Games in Brasil.** 2021.

AQUINO, Tiago, et al. **Brincar, Jogar e Aprender. Práticas que Inspiram o Educador e Facilitam a Aprendizagem.** 2020.

NAVARRO, M.S. **O Brincar na Educação Infantil. IX Congresso Nacional de Educação - Educere.** Curitiba, 2009.

DA AMARAL, Daniel C.; SILVA, Sérgio Luís; SCALICE, Regis K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma Referência Para Melhoria do Processo,** 1ª edição. Editora Saraiva, 2006. E-book. ISBN 9788502111868. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502111868/>. Acesso em: 20 set. 2022.

LOJA3D – A LOJA DO UNIVERSO 3D. **Impressora 3D - Ender 3 - V2 + Kit Upgrade - Creality 3D.** Disponível em < <https://www.loja3d.com.br/impressora-3d/impressora-3d-creality-3d-ender-3-v>>. Acesso em 10 de Novembro de 2022.

GTMAX 3D. **IMPRESSORA 3D PRO - GTMAX3D CORE H4 + SOFTWARE SIMPLIFY3D + 1 KG DE FILAMENTO ABS.** Disponível em <<https://www.gtmax3d.com.br/impressora-3d-pro/gtmax3d-core-h4-simplify3d>>. Acesso em 10 de Novembro de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Segurança de brinquedos.** 2011.

INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade e os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Brinquedos – Portaria 302 de 2021.**

QUIGLEY, Cassie F., HERRO, Danielle. **An Educator's Guide to STEAM: Engaging Students Using Real-World Problems.** New York, 2019.

APÊNDICE A -Quadro com a relação das peças do primeiro protótipo.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	DIMENSÕES [mm]	ENCAIXE	OBSERVAÇÃO
P001	EIXOS	70 x 20 x 20	MACHO	
P002		90 x 20 x 20	MACHO	
P003		110 x 20 x 20	MACHO	
P004		130 x 20 x 20	MACHO	
P005		50 x 20 x 20	MACHO	
P006	CHAPAS	150 x 100 x 30	MACHO / FÊMEA	
P007		100 x 100 x 30	MACHO / FÊMEA	
P008		100 x 50 x 30	MACHO / FÊMEA	
P009		100 x 25 x 30	FÊMEA	
P010		100 x 25 x 30	MACHO	
P011	JUNTAS	40 x 40 x 20	MACHO	2 CONEXÕES
P012		60 x 60 x 20	MACHO	2 CONEXÕES
P013		30 x 30 x 20	FÊMEA	2 CONEXÕES
P014		50 x 50 x 20	FÊMEA	2 CONEXÕES
P015		60 x 40 x 20	MACHO	3 CONEXÕES
P016		40 x 30 x 20	FÊMEA	3 CONEXÕES
P017		60 x 30 x 20	MACHO / FÊMEA	3 CONEXÕES
P18	CÔNICOS	50 x 25 x 25	MACHO	
P19		30 x 25 x 25	FÊMEA	
P20	ENGRENAGENS	25 x 25 x 10	FÊMEA	
P21		40 x 40 x 10	FÊMEA	
P22		25 x 25 x 30	MACHO	
P23		40 x 40 x 30	MACHO	
P24	CREMALHEIRA	25 x 120 x 10	FÊMEA	
P25	CANTONEIRA	30 x 30 x 150	FÊMEA	
P26		60 x 30 x 150	FÊMEA	
P27	POLIAS	40 x 40 x 15	FÊMEA	
P28		70 x 70 x 15	FÊMEA	
P29		30 x 30 x 35	MACHO	
P30	CHAPAS DOBRADAS	100 x 40 x 20	FÊMEA	PERFIL U
P31		100 x 40 x 40	FÊMEA	PERFIL Z
P32		100 x 35 x 30	FÊMEA	PERFIL V

P33	METALON	25 x 20 x 50	FÊMEA	EXTREMIDADES RETAS
P34		30 x 20 x 150	FÊMEA	EXTREMIDADES RETAS
P35		50 x 20 x 100	FÊMEA	EXTREMIDADE SEM MEIA ESQUADRIA
P36	ESFERAS	30 x 30 x 30	FÊMEA	
P37		50 x 50 x 50	FÊMEA	
P38	PINO	48 x 20 x 20	MACHO	
P39	CONEXÃO	35 x 35 x 10	FÊMEA	
P40	DISCOS	50 x 50 x 10	FÊMEA	
P41		40 x 10 x 20	FÊMEA	1/2
P42	ARRUELA	30 x 30 x 5	FÊMEA	FURO 20 mm
P43	CUBO	50 x 50 x 30	MACHO / FÊMEA	
P44	MOLA	50 x 50 x 20	MACHO	TORCIONAL
P45	EIXOS	20 x 20 x 30	FÊMEA	
P46		20 x 20 x 50	FÊMEA	
P47	CHAPA	50 x 50 x 30	MACHO	
P48	GANCHO	55 x 20 x 10	MACHO	
P49	ORELHA	35 x 25 x 10	MACHO	
P50	ELÁSTICO	-	-	NÃO IMPRESSO

Fonte: autoria própria.

APÊNDICE B - Parâmetros da prototipagem em 3D.

PARÂMETRO	VALOR UTILIZADO
Diâmetro do bico do extrusor	0,40 mm
Multiplicador de extrusão	1,00 mm
Largura de extrusão	0,48 mm
Distância de retração	5,00 mm
Comprimento extra de reinício	0,00 mm
Levantar ao retrain	1,00 mm
Velocidade de retração	30,00 mm
Distância de inatividade	0,20 mm
Altura de camada	0,20 mm
Superfícies superiores	4
Superfícies inferiores	4
Perímetros	3
Altura da primeira camada	105%
Largura da primeira camada	105%
Velocidade da primeira camada	40%
Pontos iniciais	(0,00;110,00)
Temperatura	200°C
Porcentagem de preenchimento	10%
Porcentagem de suporte	15%
Distância extra	1,00 mm
Camada na base do suporte	2
Combinar suporte a cada	1 camada
Camadas do suporte denso	0%
Preenchimento das camadas densas	70%
Redução dos pilares de suporte	4,00 mm
Máximo ângulo de inclinação	45°
Espaçamento horizontal da peça	0,30 mm
Camada de separação superior	1
Camada de separação inferior	1
Ângulo de preenchimento do suporte	45°
Camadas de saia	1
Separação entre saia e peça	5,00 mm

Contornos de saia	1
Velocidade do ventilador	60%
Volume de impressão	220,00 x 220,00 x 250,00
Velocidade padrão de impressão	60,00 mm/s
Velocidade de perímetro	50%
Velocidade nos preenchimentos	80%
Velocidade nos suportes	80%
Velocidade máxima X e Y	80 mm/s
Velocidade máxima em Z	16,7 mm/s
Mínima velocidade permitida	20%
Limite de área sem suporte	50
Distância extra	0,00 mm
Multiplicador de extrusão em pontes	100%
Multiplicador de velocidade em pontes	100%
Compensação horizontal	-0,10 mm
Diâmetro do filamento	1,75 mm
Preço por quilo	500
Densidade	1,25 g/cm ³
Retração na troca de ferramenta	12,00 mm
Comprimento extra de reinício	-0,50 mm
Velocidade de retração	10,00 mm/s
Permitir sobreposição de perímetros	10%
Mínimo comprimento de extrusão	1,00 mm
Mínima largura de extrusão	50%
Máxima largura de extrusão	200%
Esticar o fim do segmento	0,20 mm

Fonte: Maeda Impressões 3D.