



**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus
Urutaí**

Programa de Pós-Graduação em Ensino para a Educação Básica

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE
GEOMETRIA EM NÍVEL FUNDAMENTAL DA
EDUCAÇÃO BÁSICA: contribuições e perspectivas**

CLAUDIANY CALAÇA DE SOUSA

Orientador: Prof. Dr. Marcos Fernandes Sobrinho

Coorientador: Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva

Urutaí
2023

CLAUDIANY CALAÇA DE SOUSA

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE
GEOMETRIA EM NÍVEL FUNDAMENTAL DA
EDUCAÇÃO BÁSICA: contribuições e perspectivas**

Orientador

Prof. Dr. Marcos Fernandes Sobrinho

Coorientador

Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano
– Campus Urutaí, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Ensino para a
Educação Básica para obtenção do título de Mestre.

Urutaí
2023

Os direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

CS0725 Calaça de Sousa, Claudiany
i INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE GEOMETRIA EM
 NÍVEL FUNDAMENTAL DA EDUCAÇÃO BÁSICA: contribuições e
 perspectivas / Claudiany Calaça de Sousa; orientador
 Marcos Fernandes Sobrinho; co-orientador Anderson
 Rodrigo da Silva. -- Urutaí, 2023.
 80 p.

Dissertação (Mestrado em Mestrado Profissional em
Ensino para Educação Básica) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Urutaí, 2023.

1. Ensino Básico. 2. Redes Neurais. 3. Jogo
Educativo. I. Fernandes Sobrinho, Marcos, orient.
II. Rodrigo da Silva, Anderson, co-orient. III.
Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /


O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
 CLAUDIANY CALACA DE SOUSA
Data: 11/04/2023 14:31:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local

/ /
Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente



MARCOS FERNANDES SOBRINHO
Data: 11/04/2023 17:25:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 25/2023 - CREPG-UR/DPGPI-UR/CMPURT/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos dezessete dias do mês de março do ano de dois mil e vinte e três, às treze horas e trinta minutos, reuniram-se os componentes da banca examinadora, em sessão pública realizada *on line*, para procederem à avaliação da apresentação e defesa de dissertação em nível de mestrado, de autoria de **Claudiany Calaça de Sousa**, discente do **Programa de Pós-Graduação em Ensino para a Educação Básica do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí**, com o trabalho intitulado "**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE GEOMETRIA EM NÍVEL FUNDAMENTAL DA EDUCAÇÃO BÁSICA: contribuições e perspectivas.**" A sessão foi aberta pelo presidente da banca examinadora, **Prof. Dr. Marcos Fernandes Sobrinho**, que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida à autora da dissertação para, em até 40 minutos, proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu a examinanda, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Ensino para a Educação Básica, a dissertação foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRA EM ENSINO PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA**, na área de concentração em **Ensino para a Educação Básica**, pelo Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí. A conclusão do curso dar-se-á após o depósito da versão definitiva da dissertação, mediante incorporação dos apontamentos realizados pelos membros da Banca, ao texto desta versão, no Repositório Institucional do IF Goiano e cumprimento dos demais requisitos dispostos no Regulamento do PPGEnEB/IFGoiano. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A banca examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa dissertação em periódicos e o depósito do produto educacional em repositório de domínio público. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da banca examinadora.

Membros da Banca Examinadora:

Nome

Instituição

**Situação no
Programa**

Prof. Dr. Marcos Fernandes Sobrinho	IF Goiano - Campus Urutaí	Presidente
Prof. Dr. Júlio César Ferreira	IF Goiano - Campus Urutaí	Membro interno
Prof. Dr. Paulo Alexandre de Castro	UFCAT	Membro externo

Documento assinado eletronicamente por:

- Paulo Alexandre de Castro, Paulo Alexandre de Castro - 234205 - Professor de física (ensino superior) - Universidade Federal de Catalão (35834377000120), em 21/03/2023 12:20:32.
- Julio Cesar Ferreira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/03/2023 19:38:16.
- Marcos Fernandes Sobrinho, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 17/03/2023 16:45:50.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 17/03/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 478182
Código de Autenticação: 357943027c



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Urutaí
Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, Zona Rural, None, None, URUTAÍ / GO, CEP 75790-000
(64) 3465-1900



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Reitor

Prof. Dr. Elias de Pádua Monteiro

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. Alan Carlos da Costa

Campus Urutaí

Diretor Geral

Prof. Dr. Paulo César Ribeiro Cunha

Diretor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva

Programa de Pós-Graduação em Ensino para a Educação Básica

Coordenadora

Prof. Dra. Aline Sueli de Lima Rodrigues

*“A tarefa do educador moderno
não é derrubar florestas, mas
irrigar desertos.”*

(C. S. Lewis)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me ajudar a ser perseverante em meus objetivos e a realizar meus sonhos.

Aos meus pais, Rosa Costa Calaça e Claudio Ferreira de Sousa, e aos demais familiares por sempre me apoiarem durante a minha jornada acadêmica.

Aos meus amigos Daniel Rosa e Erlan Moreira por sempre contribuírem com ideias e conselhos. Aos meus amigos e colegas de turma por compartilharem suas experiências e por sempre estarem dispostos a ajudar uns aos outros. Agradecimentos também a Andreson Viana.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino para a Educação Básica pelos saberes compartilhados, em especial, ao professor orientador Dr. Marcos Sobrinho Fernandes e ao professor coorientador Dr. Anderson Rodrigo da Silva, pela compreensão, disposição e dedicação em toda a pesquisa.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí por me oferecer um ensino sólido e de qualidade, oportunizando a minha qualificação profissional.

No mais, este trabalho é a concretização de um sonho, a conclusão de mais uma etapa de minha formação docente, repleta de aprendizados e reflexões. Obrigada a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para meu crescimento!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS E TABELAS	8
RESUMO.....	9
ABSTRACT	10
INTRODUÇÃO	12
1. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
1.1 Aprendizagem significativa e as TDIC.....	13
1.2 Inteligência Artificial: conceito, aplicações e implicações na educação	18
1.3 O <i>Machine Learning</i> e as suas aplicações no ensino de matemática.....	23
2. OBJETIVOS	26
2.1 Objetivo geral	26
2.2 Objetivos específicos	26
3. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO TRABALHO	26
4. PRODUTO EDUCACIONAL.....	27
4.1 Ferramentas utilizadas	29
4.2 Treinamento da Rede Neural Artificial (RNA)	31
4.3 Conteúdo do jogo.....	33
4.4 Armazenamento e acesso ao Produto Educacional.....	35
4.5 Propostas de aplicação em sala de aula.....	35
5. PERCURSO METODOLÓGICO	36
5.1 Delineamento do estudo.....	36
5.2 <i>Locus</i> da pesquisa, população e amostra.....	37
5.3 Recrutamento	37
5.4 Coleta e análise de dados	38
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
6.1 Dimensão “Pedagógica”	39
6.2 Dimensão “Experiência do usuário”	43
6.3 Dimensão “Interface”.....	46
CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS	48
ANEXO 1 -TERMO DE COMPROMISSO.....	54
ANEXO 2 - TERMO DE CONSENTIMENTO E LIVRE ESCLARECIMENTO DO PROFESSOR.....	55

ANEXO 3 – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA (PLATAFORMA BRASIL).....	58
APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS PARA AVALIAÇÃO DO JOGO GEOMETRIA (PROFESSORES PARTICIPANTES DA PESQUISA).....	60
APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL	63

LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS E TABELAS

Figura 1 - Esquema representacional da assimilação de conceitos.	15
Figura 2 - Esquema representacional da assimilação de conceitos ilustrado.	15
Figura 3 - Paralelo entre as capacidades humanas e as áreas computacionais.	20
Figura 4 – Tela inicial e tela de jogo do GeometrIA.	29
Figura 5 - Treinamento de um modelo com a câmera do computador.	30
Figura 6 – Telas do GeometrIA com conteúdo.	33
Figura 7 - Curiosidades regionais e locais.	34
Figura 8 - Desenho metodológico do desenvolvimento da pesquisa.	37
Gráfico 1 - Acurácia por época.	32
Gráfico 2 - Dimensão pedagógica A.	40
Gráfico 3 - Dimensão pedagógica B.	42
Gráfico 4 - Dimensão experiência do usuário A.	44
Gráfico 5 - Dimensão experiência do usuário B.	45
Gráfico 6 - Dimensão interface.	46
Tabela 1 - Acurácia por classe.	32
Tabela 2 - Detalhes técnicos do aplicativo.	63

Inteligência Artificial no ensino de geometria em nível fundamental da educação básica: contribuições e perspectivas

RESUMO

O ensino necessita adaptar-se às tecnologias que permitam que estudantes aprendam de maneira mais ativa e significativa ao desenvolvimento de competências e habilidades. A Inteligência Artificial (IA), por sua vez, apesar de não ser uma área de estudo recente, vem há algum tempo auxiliando o homem a melhorar a sua qualidade de vida, sua aprendizagem e seu status quo. No contexto educacional as possibilidades, os efeitos e as implicações éticas da aplicação da IA no ensino são temas que vêm ganhando espaço em debates na área de tecnologia educacional em todo o mundo. O presente trabalho norteia-se pela seguinte questão de pesquisa: De que forma a tecnologia digital, desenvolvida com Inteligência Artificial (IA), contribui com o ensino de geometria espacial, em anos iniciais e finais do ensino fundamental, de uma escola pública municipal? A pesquisa tem como objetivo principal identificar eventuais possibilidades e contribuições no processo ensino de geometria espacial no ensino fundamental, mediante o desenvolvimento e aplicação de um produto educacional, especificamente, um jogo educacional articulado à IA. Justifica-se pela relevância temática atual uso de tecnologias no ensino. Para tanto, a pesquisa seguiu uma abordagem quali-quantitativa, com características de pesquisa-ação, com aplicação de questionários e observação da prática pedagógica. A pesquisa tem como locus uma escola pública municipal do ensino fundamental Região Norte do Brasil. A amostra foi constituída por dois professores anos iniciais e dois dos anos finais dessa escola. A análise dos dados foi realizada com base nos aspectos fundamentais que envolvem o papel do professor na facilitação da aprendizagem significativa segundo a perspectiva ausubeliana. Os resultados permitiram compreender que não há mais desculpas para não se adaptar e adequar as tendências tecnológicas na educação como a IA. Também foi possível compreender que o jogo apresentado atende as condições necessárias para uma aprendizagem significativa em virtude de seu potencial significativo para despertar o interesse e motivação do aluno, sendo ainda um recurso útil para auxiliar o professor no processo a facilitação do conhecimento em construção por meio de conteúdos visuais que se relacionam com o cotidiano do aluno.

Palavras-chave: Ensino Básico, Redes Neurais, Jogo Educacional.

Artificial Intelligence in the teaching of geometry at fundamental level of basic education: contributions and perspectives.

ABSTRACT

Teaching needs to adapt to technologies that have made students learn in a more active and meaningful way to develop skills and abilities. Artificial Intelligence (AI), in turn, despite not being a recent area of study, has been helping man to improve his quality of life, his learning and his status quo for some time. In the educational context, the possibilities, effects and ethical motivations of applying AI in teaching are topics that have been gaining ground in debates in the area of educational technology around the world. The present work is guided by the following research question: How does digital technology, developed with Artificial Intelligence (AI), contribute to the teaching of spatial geometry, in the early and final years of elementary school, in a municipal public school? The main objective of the research is to identify possibilities and contributions in the teaching process of spatial geometry in elementary school, through the development and application of an educational product, specifically, an educational game articulated to AI. It is justified by the thematic mix of the current use of technologies in teaching. Therefore, the research followed a quali-quantitative approach, with action-research characteristics, with the application of classes and observation of pedagogical practice. The research has as its locus a municipal public elementary school in the North of Brazil. The sample consisted of two early and two final year teachers from that school. Data analysis was carried out based on the fundamental aspects that the teacher's role in facilitating learning is significant according to the ausubelian perspective. The results made it possible to understand that there are no more excuses for not adapting and adapting to technological trends in education such as AI. It was also possible to understand that the game presented as necessary conditions for a meaningful learning due to its significant potential to arouse the interest and motivation of the student, being still a useful resource to assist the teacher in the process of facilitating knowledge under construction through visual contents that relate to the student's daily life.

Keywords: Basic Education, Neural Networks, Educational Game.

INTRODUÇÃO

A matemática é um componente curricular fundamental na jornada escolar de crianças e adolescentes. A sua importância se justifica em sua aplicação no mundo do trabalho, no seu uso como base para outras áreas de conhecimento e de modo geral na construção da cidadania, na medida em que a sociedade busca, cada vez mais, aprimorar e alcançar novos conhecimentos científicos e recursos tecnológicos.

Contudo, no que tange ao ensino deste componente curricular, nota-se que este provoca sensações adversas tanto para quem ensina quanto para quem estuda. Em conformidade com os Parâmetros Curriculares Nacionais de Matemática, de um lado está a constatação de que se trata de uma área de conhecimento importante; de outro, a insatisfação diante dos resultados negativos obtidos em relação à sua aprendizagem (SANTOS, 2014).

Estas adversidades revelam que há problemas a serem enfrentados no processo de ensino e aprendizado. É preciso reverter o ensino centrado em uma aprendizagem mecânica sem significado para o aluno, além de rever e reformular conteúdos e metodologias que sejam compatíveis com o atual perfil dos alunos, em uma era tecnológica, e que promovam melhorias no processo de ensino-aprendizagem.

Para Orange *et al.* (2018) há muitas discussões acerca de melhorias e alternativas de ensino que proporcionem uma aprendizagem significativa, porém ainda é notório o receio na aplicação de novas soluções para o ensino, como também a carência de recursos para se trabalhar com novas práticas.

Um fator importante que influencia o aprendizado é aquilo que o indivíduo já conhece, ou seja, aprender significativamente necessita ampliar e formar ideias já existentes na estrutura mental de modo que ele seja capaz de relacionar e acessar novos conteúdos (AUSUBEL, 2003).

Segundo Moran *et al.* (2013), com as tecnologias a escola pode transformar-se em um espaço rico em aprendizagens significativas que motivem os alunos a aprenderem ativamente, a pesquisarem o tempo todo, a serem proativos, a interagirem e a saberem tomar iniciativa.

As tecnologias digitais têm ajudado na busca de soluções que melhoram o processo de ensino-aprendizado. Atualmente há uma gama de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) voltadas para as mais diversas áreas de ensino como jogos, aplicativos e ambientes virtuais de aprendizagem, realidade virtual, bem como também as possibilidades de novas metodologias baseadas em produtos/recursos do pensamento computacional, da robótica e da inteligência artificial.

As TDIC, na perspectiva de Da Costa e Prado (2015), proporcionam diversos conhecimentos os quais são fundamentais para que o professor de matemática possa “raciocinar com”, “criar com” e “ensinar com” tecnologia. Entretanto, o Ensinar não se limita apenas na inserção das TDIC na sala de aula, mas na integração e exploração do que elas podem potencializar para o ensino e a aprendizagem em Matemática.

Neste sentido, sobre as tecnologias presentes, encontram-se hoje várias técnicas e algoritmos da Inteligência Artificial (IA), como por exemplo as Redes Neurais Artificiais (RNA), no desenvolvimento de jogos e aplicações capazes de reconhecer, aprender e adaptar-se. Essas aplicações e a própria área de estudo da IA vem ganhando espaço na educação, em forma de auxílio das matérias, conteúdos, aulas da educação a distância em plataformas especializadas com conteúdo alimentados por professores de Matemática (BADIN *et al.*, 2017).

Para a educação, a IA tem se mostrado relevante nos últimos anos no estudo de diversas áreas do conhecimento permitindo o desenvolvimento de estudos, *softwares*, jogos dentre outras aplicações voltados para o ensino e para a resolução de problemas.

Diante destas reflexões, surge o problema desta pesquisa a partir do seguinte questionamento: De que forma a tecnologia digital, desenvolvida com Inteligência Artificial (IA), contribui com o ensino de geometria espacial, em anos iniciais e finais do ensino fundamental, de uma escola pública municipal?

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Aprendizagem significativa e as TDIC

A aprendizagem é um processo complexo e único para cada ser humano. Moran (2018) destaca que pesquisas atuais no campo da neurociência que validam esta afirmação é que cada um aprende o que é mais relevante para si, de modo a gerar conexões cognitivas e emocionais com conhecimentos preexistentes em sua estrutura cognitiva, tornando sua aprendizagem significativa.

A psicologia cognitiva, área do conhecimento que apresenta as mais variadas teorias de aprendizagem que se preocupam com o processo da compreensão, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição, também mostra que cada indivíduo, seja adulto ou criança, aprende de forma ativa e significativa mediante o contexto que se encontra.

Rogers (2001) descreve a aprendizagem significativa como uma aprendizagem penetrante que vai além da aquisição de novos conhecimentos, visto que ela provoca uma modificação no comportamento ou nas atitudes e personalidade do indivíduo. Para Rogers o

fator “significante” não está centrado nos aspectos cognitivos e sim na significação pessoal do indivíduo.

Entretanto, as ideias centrais da aprendizagem significativa são apresentadas pelo pesquisador da área de psicologia educacional David Ausubel, um representante do cognitivismo que propõe uma explicação teórica sobre o processo da aprendizagem sem desconsiderar a importância da afetividade.

Para Ausubel (1963, p. 58) “a aprendizagem significativa é um mecanismo no qual ocorre a identificação e o armazenamento de novas ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento”. Conseqüentemente, para que este mecanismo seja acionado, torna-se necessário que o aluno já possua algum conhecimento prévio, ou seja, que já deve existir em sua estrutura cognitiva.

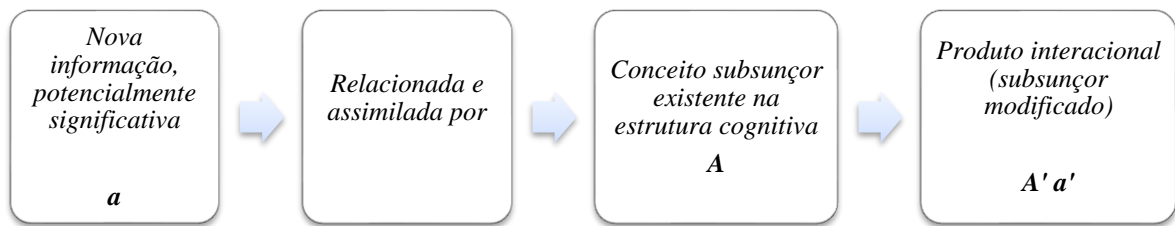
Em outras palavras, Moreira e Masine (2006) explicam que aprendizagem significativa é um processo em que uma nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica chamada de “subsunçor”. O subsunçor pode ser definido como um conceito facilitador para um novo assunto, ou seja, um conhecimento prévio que facilitará a inserção de uma nova informação.

Na perspectiva de Senna *et al.* (2018), para falar de aprendizagem significativa devemos pensar primeiramente na relação que se tem entre a informação transmitida e a informação que se pretende transmitir, além da assimilação desta informação pelo estudante, pois cotidianamente somos expostos a uma quantidade enorme de ideias e informações que só permanecerão na nossa estrutura cognitiva se forem relacionados a um subsunçor, ou seja, a uma informação já existente em nossa estrutura cognitiva ocorrendo assim, a assimilação de conceitos.

Do ponto de vista de Ausubel, a compreensão de um conceito requer a aquisição de significados claros, precisos, diferenciados introduzidos ao princípio de assimilação, o que ajuda a explicar como o conhecimento é organizado na estrutura cognitiva (MOREIRA; MASINI, 1982).

Logo, o processo de “subsunção” pode ser compreendido facilmente por meio do “princípio de assimilação”, o qual é representado simbolicamente na Figura 1:

Figura 1 - Esquema representacional da assimilação de conceitos.

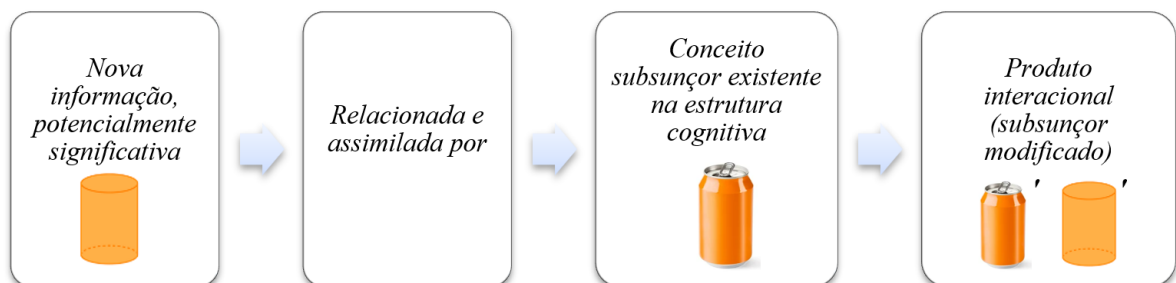


Fonte: Moreira e Masini (1982) adaptado pela autora (2023).

Portanto, a assimilação ocorre quando recebemos uma nova informação (a) e ela se liga a outras informações que já existentes na estrutura cognitiva (A), de modo a incrementar mais significados ($A' a'$).

Por exemplo, ao contextualizar com o ensino de geometria euclidiana espacial, quando é apresentado a um aluno um sólido geométrico como o “cilindro” ou a “esfera” (informação nova), certamente encontraram como subsunçor objetos já vistos em seu cotidiano como uma “bola de futebol” e uma “latinha de refrigerante” que são objetos que possuem a mesma forma dos sólidos apresentados. Subentende-se que houve o processo de assimilação do conceito ao objeto, como exemplifica a Figura 2.

Figura 2 - Esquema representacional da assimilação de conceitos ilustrado.



Fonte: Moreira e Masini (1982) ilustração adaptada pela autora (2023).

Desse modo, entende-se que os subsunçores são a base da aprendizagem significativa e que a estrutura cognitiva organização facilita a aprendizagem significativa, pois quanto mais conexões entre as informações recebidas e as já existentes forem estabelecidas dentro da mente humana, mais complexa será a estrutura cognitiva, melhorando as chances da aprendizagem ser significativa para o indivíduo.

Exemplificando, se o professor apresenta ao aluno de forma pronta que o volume de um cilindro pela expressão ($V = \pi \cdot r^2 \cdot h$), em que V representa o volume; r o raio; e h a altura do cilindro. A expressão por si só não trará uma significação ao aluno possibilitando apenas a memorização da expressão para fins de resoluções de exercícios, e essa memorização se

configura como aprendizagem mecânica por recepção, em que as informações obtidas são internalizadas sem uma organização lógica do conhecimento, o que conseqüentemente favorece o rápido esquecimento destas (FERNANDES, 2015).

Na visão de Senna *et al.* (2018) a aprendizagem mecânica, normalmente adotada nos sistemas tradicionais de ensino, se caracteriza pela fraca relação dos conteúdos com os esquemas de conhecimento presentes na estrutura cognitiva facilitando o esquecimento.

Deste modo, torna-se essencial que os professores preparem as suas aulas organizando conteúdos relacionando-os com conhecimentos prévios já existentes na estrutura cognitiva dos alunos, como o exemplo citado por Fernandes (2015, p. 26),

[...] em vez de o professor apresentar a expressão do volume do cilindro, diretamente ao aluno, faz-se então, que o discente descubra o verdadeiro significado do conceito “volume”, através da visualização de embalagens cilíndricas reais e suas respectivas capacidades volumétricas e que, por meio dessas análises e resultados encontrados, compreendam este significado.

Outros pontos importantes sobre a teoria de Ausubel é que há duas condições para que a aprendizagem significativa possa ocorrer, sendo a primeira o uso de um material que seja relacionável, ou seja, que tenha um potencial significativo para o aluno resgatando seus conhecimentos prévios.

A segunda condição é a disposição do aluno para aprender. É notório que uma condição implica a outra, visto que não importa quão disposto o aluno esteja para aprender, se o material não for potencialmente significativo, o processo e o produto da aprendizagem não serão significativos (MOREIRA, 1999).

Para Biasotto *et al.* (2020), a dificuldade começa aí, pois o papel do professor, neste caso, passa a ser o de tornar o conteúdo atrativo de forma que à motive a disposição do aluno para aprender.

Retomando ao que já foi colocado sobre os processos complexos e únicos da aprendizagem, a BNCC (Base Nacional Comum Curricular) pauta que a aprendizagem em matemática, especificamente nos anos finais do Ensino Fundamental, está intrinsecamente relacionada à assimilação de significados dos objetos matemáticos, que resultam em conexões que são estabelecidas pelos alunos entre os objetos e seu cotidiano [...] (BRASIL, 2018).

Logo, ao especificar o ensino de geometria, muitas dificuldades podem ser encontradas e são resultantes da forma tradicional de ensino. Segundo Hiratsuka (2006) em sua pesquisa sobre “*O lúdico na superação de dificuldades no ensino de geometria*” faz menção a essa concepção tradicional em que a matemática é uma ciência exata, formal e que conduz a uma

prática de ensino dissociada da realidade. O autor ainda acrescenta que esta prática concebida, é uma das principais dificuldades no ensino da matemática e que se torna difícil despertar o interesse dos alunos quando os conteúdos são apresentados sem uma significação para o aluno, priorizando apenas a reprodução e a não construção do conhecimento (HIRATSUKA, 2006).

Determinadas dificuldades também estão relacionadas a forma conteudista e descontextualizada com que a matemática é abordada nos livros didáticos. Embora algumas ações de reflexão e estruturação do currículo alcançadas e estabelecidas em documentos educacionais como os PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais), LDB (Lei de Diretrizes e Bases) e a BNCC, trouxeram uma visão menos conteudista e carregada de linguagem simbólica para uma visão mais voltada para o desenvolvimento de habilidades e competências, acarretando assim, em livros didáticos mais ilustrados e com representações que favorecem a aproximação entre o conteúdo e o cotidiano (BACICH & HOLANDA, 2020).

Segundo Marques & Caldeira (2018, p. 409), o

[...] maior causador das falhas no ensino da Matemática ao longo de seu Ensino Fundamental, está relacionado às metodologias adotadas pelos docentes da disciplina, onde (sic) os alunos consideram tais metodologias desinteressantes ou até mesmo ultrapassadas, e assim, dificultando a assimilação e entendimento do conteúdo da Matemática e da Geometria por parte destes, e ainda, devido a estas dificuldades, gerando até mesmo o desinteresse pelos pressupostos obtidos nas aulas desta disciplina.

Para Moran *et al.* (2018) aprendemos pelo prazer e pela relação de gosto que temos com um assunto, uma mídia ou uma pessoa. Dessa forma, um jogo, um ambiente agradável e um estímulo positivo podem facilitar a aprendizagem.

Considerando o atual desenvolvimento tecnológico, no qual existe uma variedade de recursos digitais que são utilizados socialmente no cotidiano do homem moderno, traz-se a reflexão para as possibilidades de aprendizagem significativa com o uso das tecnologias digitais para mediar os processos de aprendizagem, uma vez que as tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) se efetivaram nas práticas educativas durante e após a pandemia, sendo um dos alicerces da educação desde 2020.

Afinal, nos dias de hoje, subentende-se que a maioria dos estudantes tiveram pelo menos uma vez com um recurso tecnológico para acessar as plataformas de ensino e de vídeo chamada como *Google Meet*, *Teams*, *Zoom* ou até mesmo Formulários, PDF interativo, Jogos e/ou redes sociais como o *WhatsApp*, *Youtube*, *Telegram* entre outros para obter materiais educacionais durante a pandemia?

Um fato apontado por Tajra *et al.* (2021), é que a educação formal atual tem como clientela jovens da Geração Z, que possuem desde muito cedo habilidades em utilizar tecnologias que são passíveis de colaboração entre pessoas de qualquer lugar, o que certamente implica mudanças e adaptações no papel do professor e nos modelos educacionais propostos no ensino formal.

“Em geral, os estudantes ficam muito motivados quando aprendem com tecnologias, os problemas de comportamento são reduzidos, a atenção e a aprendizagem aumentam” (SENNA *et al.* 2018, p. 223).

Diante disso, nota-se a importância do uso de TDIC como jogos, softwares aplicativos, redes sociais, sites e vídeos, que trazem contribuições significativas para o ensino-aprendizagem e estão cada vez mais próximas do professor e do aluno principalmente em uma era pós pandemia, que por sua vez, impulsionou a integração das tecnologias no ensino e a chegada de novas tecnologias.

Dentre estas novas tecnologias está a Inteligência Artificial (IA), que ao contrário do que muitos pensam não tem o intuito de substituir o professor, mas assim como as outras TDIC, tem como intuito ser aliada e facilitadora do processo de ensino e aprendizado. A IA é uma área computacional cujo, um de seus objetivos, é a produção de dispositivos que simulem a capacidade humana de raciocinar, perceber, tomar decisões e resolver problemas (ROCHA, 2018).

Segundo Fava (2018, p. 102), “as possibilidades, os efeitos e as implicações éticas da aplicação da IA na educação são temas que vêm ganhando bastante espaço nos debates na área de tecnologia educacional em todo o mundo.” Diante do exposto, a seção a seguir busca conceituar a IA destacando as possibilidades de aplicação e implicações na educação.

1.2 Inteligência Artificial: conceito, aplicações e implicações na educação

A Inteligência Artificial surgiu no século XX a partir da segunda guerra mundial, embora ainda no século XIX algumas invenções matemáticas e avanços tecnológicos propiciaram, anos mais tarde, a construção dos modernos computadores que contribuíram para estudos e surgimento da Inteligência Artificial.

O termo “Inteligência Artificial” (proveniente do inglês, *Artificial Intelligence*) foi cunhado pelo cientista da computação John McCarthy, da Universidade de Stanford. Nessa época já existiam diversas teorias de complexidade, simulação de linguagem, redes neurais, máquinas de aprendizagem, entre outras teorias de substituição da atividade humana (FAVA,

2018). Dessa forma, McCarthy resolveu dar o nome de Inteligência Artificial para reunir todos esses mecanismos da imaginação humana.

A definição de Inteligência Artificial (IA) na perspectiva de autores como Luger e Stubblefield (1993) é interpretada como uma área da Ciência da Computação que visa estudar a mecanização do comportamento inteligente. Em palavras mais simples, um dos objetivos da IA é a produção de “dispositivos que simulem a capacidade humana de raciocinar, perceber, tomar decisões e resolver problemas” (ROCHA, 2018, s/ p.).

Apesar da forte relação com a ciência da computação, a IA também conta com “contribuições importantes que vieram de campos como a economia, neurociência, psicologia, linguística, engenharia elétrica, matemática e filosofia” (TAULLI, 2020, p. 35).

Um dos primeiros estudos de destaque, que propiciou conceitos e ideias primitivas do que é IA, foi o estudo do matemático Alan Turing que criou um teste que analisava a capacidade de uma máquina exibir se é inteligente ou não. Esse teste ficou conhecido como Teste de Turing.

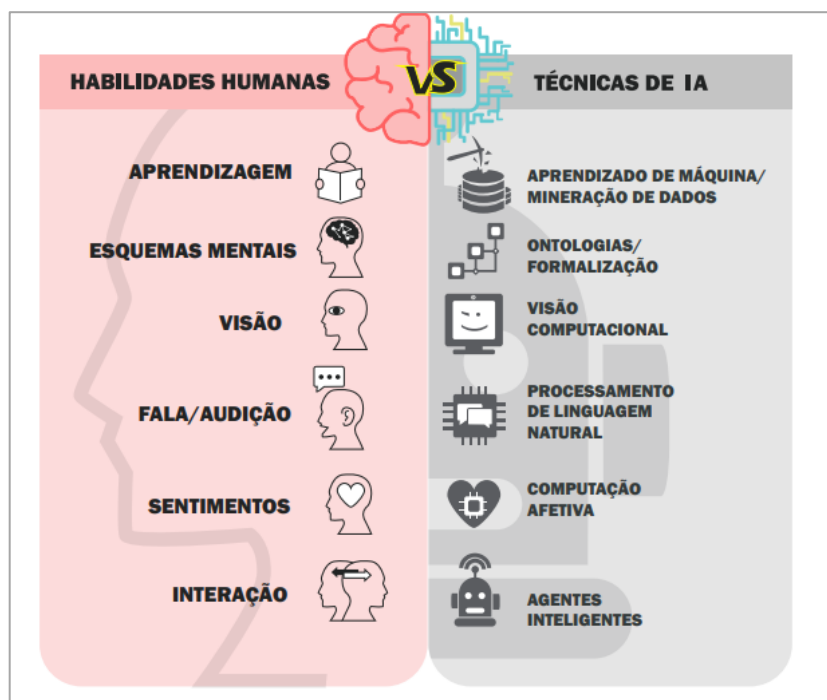
O teste de Turing trata-se de um algoritmo baseado em uma área específica dentro do campo de IA chamada de Processamento de Linguagem Natural (PLN), em que o computador precisa entender exatamente o que está sendo pedido a ele, sem nenhuma instrução diretamente programada, e responder de forma a imitar a linguagem natural de um diálogo humano. Taulli (2020, p.36) explica o teste de Turing como “uma maneira comum de verificar se uma máquina pode pensar. Baseia-se no fato de alguém achar que um sistema é inteligente.”

Apesar do teste não concluir se as máquinas podem pensar, ainda inferir que as máquinas podem ser semelhantes e até confundidas com pessoas, tendo a capacidade de imitar uma atividade humana como a conversação.

Os estudos de Turing trouxeram contribuições significativas para pesquisadores de IA, visto que a inteligência não depende da existência da matéria viva, ela é, antes de tudo, o resultado de maneiras específicas de organizar instruções e pode ser feito tanto por um cérebro, quanto por uma máquina de Turing, podendo assim recriar uma inteligência artificial (TEIXEIRA, 2019).

Além do PLN apresentado no estudo de Turing a IA se estende para alguns campos de investigação que fazem um paralelo entre as capacidades humanas e as áreas computacionais, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Paralelo entre as capacidades humanas e as áreas computacionais.



Fonte: CIEB (2019).

A compreensão do paralelo se torna um aspecto importante para esta pesquisa, visto que demonstra um leque de possibilidades para aplicação da IA na educação, permitindo assim, no decorrer da pesquisa uma análise das contribuições de uma dessas diferentes técnicas ao serem utilizadas como recursos auxiliares no processo de ensino-aprendizagem.

Além do paralelo entre as capacidades humanas e as áreas computacionais, a conceituação inicial de IA, também é um aspecto importante para esta pesquisa, pois notoriamente as primeiras percepções que uma pessoa tem ao pensar em IA é uma associação à imagem de um robô que foi alimentada pela ficção científica e cinematográfica, contudo essa associação não é errônea visto que a robótica é uma das vertentes da área.

Por hora, a ficção científica tem sido uma forma bastante cômica para compreender as implicações das novas tecnologias, em que a IA tem sido um tema importante. Na ficção encontramos memoráveis personagens que envolvem *androids* ou computadores que se tornam autoconscientes como nos filmes do Exterminador, *Blade Runner* e outros (TAULLI, 2020). É válido lembrar que a IA não se resume apenas a mecanismos robóticos, mas se estende a diversos campos e já alcançou avanços significativos em diversas áreas estando ainda cada vez mais presente em nosso cotidiano pessoal e profissional.

Fava (2018) coloca que a IA foi por muito tempo um sonho de ficção científica representado por androids humanos, embora hoje a IA esteja cada vez mais próxima da

realidade encontrando-se instalada em pequenas engenhocas do cotidiano. Em conformidade a esta percepção, Taulli (2020) acrescenta que a ficção científica está começando a se tornar real devido ao ritmo implacável de novas tecnologias e inovação nos dias de hoje.

As inovações na IA estão transformando as organizações, logo é vantajoso para empresas grandes de tecnologia como a Google, Microsoft e Facebook apostem na IA e a tornem uma categoria de prioridade, em circunstância de que continuará a crescer e mudar o nosso mundo (TAULLI, 2020).

De fato, ela está presente no cotidiano, mas nem sempre de forma tão perceptível como é visto nos robôs inteligentes e na indústria através de máquinas automatizadas. Todavia, mesmo estando implícita à utilizamos em atividades no dia a dia como quanto calcula-se rotas de tráfego por um aplicativo, quando se faz buscas no google, compras online, armazenamento de arquivos na nuvem ou quando utiliza-se plataformas de streaming como Youtube e Netflix para ver um filme ou ouvir músicas, em todas essas atividades são utilizadas diversas técnicas e programas da IA para sugerir filmes, músicas, produtos para compras. Nos dias de hoje,

[...] podemos conversar com nossos smartphones e obter respostas, nossas contas de mídia social nos mostram o conteúdo pelo qual estamos interessados, nossos aplicativos bancários nos fornecem lembretes e muito mais. Essa criação de conteúdo personalizado quase parece mágica, mas está rapidamente se tornando normal em nossa vida cotidiana (TAULLI, 2020, p. 17).

Notoriamente, estes avanços tecnológicos também influenciaram a IA na escola e mudaram o panorama do software e conteúdo educacional, como por exemplo as redes sem fio (Internet Wi-Fi), tecnologias móveis (celular e tablet) e conteúdos armazenados em nuvem (VICARI, 2021).

No momento atual, o uso de tecnologias na escola está vinculado, diretamente, a três diferentes realidades tecnológicas subjacentes à IA, as quais, juntas, mudaram o perfil do uso das tecnologias educacionais: **redes sem fio** (internet Wi-Fi), **tecnologias móveis** (celular e tablet) e **armazenamento de conteúdos em nuvens**. Todas elas influenciam a IA e são responsáveis pelo surgimento de novas tecnologias, como *Learning Analytics*, Big Data e a possibilidade do treinamento de Algoritmos de Aprendizagem de Máquina (*Machine Learning*) com grandes quantidades de dados (VALDATI, 2020, p. 18).

Com o armazenamento em nuvem, a IA se tornará uma parte cada vez mais ativa no cotidiano das pessoas e quanto mais pessoas usufruírem, mais sagaz ela se tornará, estando perspicaz ao ponto auxiliar um humano a ser astucioso em um jogo de xadrez, também fica evidente que pode ajudar a escola a formar excelentes professores, juízes, engenheiros, advogados e melhores gestores (FAVA, 2018).

Como já pontuado anteriormente, a IA é um campo bem amplo e possui muitas técnicas que podem ser integradas ao ensino de diversas áreas como a matemática, biologia, química, psicologia, filosofia, artes entre outras. No entanto, cada área ou sistema educacional possui bases específicas, o que para o objetivo desta revisão de literatura discutir as aplicações e contribuições específicas da IA para cada área de conhecimento se torna indispensável. Portanto, cabe a este estudo fundamentar o conceito de IA e as suas aplicações e implicações na educação num contexto geral.

Um fato interessante observado a partir de uma simples busca do termo “Inteligência Artificial na educação” no Google, a partir desta tarefa é possível observar aproximadamente 12 900 000 resultados (0,42 segundos) que tendem a aumentar conforme os anos e as novas publicações e estudos na rede. Na visão de Gatti (2014), resultados como esses, mesmo não sendo dados científicos e não haver nenhuma relação direta com as propostas da BNCC, se mostram como um indicativo de que a IA permeia discussões sobre educação.

A partir deste fato, subentende-se pelo número de buscas que possui conteúdos na área e que este é um assunto procurado, provavelmente pelos avanços tecnológicos no mundo do trabalho, como também na indústria midiática onde foi e é perpassado para a sociedade um dos primeiros imaginários sobre o que é a inteligência artificial.

Segundo Valdati (2020, p. 18), “a IA aplicada à educação é uma área de pesquisa multi e interdisciplinar, pois contempla o uso de tecnologias da IA em sistemas cujo objetivo é o ensino e a aprendizagem”. Atualmente, a sua aplicação nos sistemas educacionais está mais voltada para o ensino personalizado, tendo maior aplicação em Sistemas Tutores Inteligentes, sistemas de gestão de aprendizagem e robótica educativa inteligente.

Outras áreas da IA como a Computação Afetiva e o Processamento de Língua Natural (PLN) são transversais a praticamente todas as aplicações recentes da IA na educação como, por exemplo, a robótica educacional, interfaces educacionais para qualquer tipo de sistemas e para as plataformas *Massive Open Online Systems* (MOOC) (VICARI, 2021).

Dentre as tecnologias presentes no espaço escolar a robótica educativa inteligente, sem dúvidas, é a que tem mais destaque em paralelo aos jogos digitais. Esse fenômeno se dá pela flexibilidade que a robótica educativa tem em transformar a sala de aula em um espaço criativo, dinâmico e desafiador.

As tecnologias como um todo expõem os estudantes a uma incrível quantidade de recursos globais, logo à medida que o ambiente vai se transformando por meio de novidades tecnológicas, os ambientes educacionais necessitam se atualizar. Para Fava (2018, p. 44), “a

escola deve olhar para fora, conversar com a sociedade e verificar o que espera de seus egressos, de quais competências e habilidades está desabastecida.”

Em um futuro não muito distante, as organizações precisarão de um número cada vez menor de pessoas, visto que as máquinas inteligentes farão o trabalho físico, repetitivo e preditivo. Dessa forma, é e será fundamental que as instituições de ensino busquem o desenvolvimento de novas habilidades e competências como a criatividade, o pensamento crítico e analítico, o empreendedorismo, a resolução de problemas entre outros (FAVA, 2018).

Mediante o que foi apresentado até aqui, a realidade é que as tecnologias de IA estão provocando alterações em todas as áreas da sociedade, principalmente no mundo do trabalho. Portanto, a IA implicará em uma transformação impactante no que se refere “à escolha, à organização, à disponibilização, à distribuição e à avaliação do processo de ensino e de aprendizagem” (FAVA, 2018, p. 4).

Vale ressaltar que apesar das suas inúmeras contribuições da IA, o seu uso envolve inúmeras questões éticas como a militarização da IA, invasão de privacidade e falta de transparência de como as informações estão sendo utilizadas e de explicações de como os sistemas de IA chegam as suas conclusões (LUDEMIR, 2021). Estes aspectos são preocupantes e também podem interferir na integridade do processo de ensino aprendizagem.

É muito importante desmistificar a IA para que possamos nos aprofundar e compreender como essa tecnologia funciona e o que podemos fazer com ela. Dessa forma, a próxima seção tem como objetivo explicar mais a fundo o *Machine Learning*, também conhecido como aprendizagem de máquina, que é uma das áreas da IA e objeto de estudo desta pesquisa.

1.3 O *Machine Learning* e as suas aplicações no ensino de matemática

Como seres humanos sempre fomos impulsionados a melhorar a nossa própria percepção de desempenho, e as tecnologias sempre contribuem para essas melhorias. Neste viés, a IA é uma tecnologia com capacidade de processar múltiplas variações e subconjuntos de informações de uma forma que as pessoas não necessariamente conseguem fazer, sendo também capaz de “aprender” com as informações fornecidas que ao serem direcionadas para alcançar uma precisão maior podem chegar a uma determinada informação (TSE *et al*, 2021).

Diante dessa capacidade de “aprender” podemos compreender que a Aprendizagem de Máquina, termo proveniente do inglês *Machine Learning*, é a capacidade de um computador em aprender e melhorar a partir do processamento de dados sem ser explicitamente programado.

Entretanto, para que essa capacidade de aprendizagem ocorra, é necessário todo um processo de tratamento de dados. Tse *et al*. (2021) explicam que é necessário métodos

computacionais, em outras palavras algoritmos, que utilizam a experiência para aprimorar a performance e precisão dos resultados. Esta experiência ocorre por meio de informações ou dados disponibilizados já rotulados e classificados, levando em consideração os aspectos dessa base de dados como a sua qualidade e tamanho.

Segundo Taulli (2020), o objetivo dos processos de *Machine Learning* (ML) é criar um modelo que se baseie em um ou mais algoritmos por meio do treinamento do modelo objetivando que ele forneça um alto grau de previsibilidade. O autor ainda explica que no caso do aprendizado de máquina, os algoritmos funcionam de forma diferente do tradicional, pois o primeiro passo acaba sendo processar os dados para depois, o computador começar a aprender.

Existem uma variedade de algoritmos de ML, entretanto em termos gerais, eles são classificados em três categorias principais sendo: Aprendizagem Supervisionada, Aprendizagem Não Supervisionada e Aprendizagem por reforço.

A *aprendizagem supervisionada* pode ser compreendida como a categoria que utiliza dados rotulados, ou seja, você saberá o que está procurando. No caso de um conjunto de milhares de formas geométricas espaciais, os dados deverão ser rotulados pelo programador de modo a identificar cada um dos tipos de sólidos, seja ele cone, cilindro, esfera, prismas, etc. Depois que a máquina aprende a diferença entre cada categoria, ela poderá classificar novas informações que lhe são dadas e determinar se as novas imagens recebidas representam algum tipo de sólido ou não.

Ao contrário da anterior, a *aprendizagem não supervisionada* não trabalha com dados rotulados, portanto, você não sabe o que está procurando. A máquina é quem tentará descobrir alguma coisa. Esse tipo de método utiliza algoritmos de *deep learning* (aprendizagem profunda) para detectar padrões e “é frequentemente usado para fazer conexões que os programadores não são capazes de enxergar à primeira vista” (TSE *et al*, 2021, p. 64).

Uma outra maneira, menos comum, de as máquinas “aprenderem” é a *aprendizagem por reforço*. Nesse caso, o algoritmo recebe dados sem rótulo, embora receba um exemplo de resultado positivo e negativo. Dessa forma, a máquina aprende a partir de “recompensas” e “punições” que informam se ela fez correto ou não (TSE *et al*, 2021).

Taulli (2020), acrescenta que aprendizagem por reforço tem sido fundamental para algumas realizações notáveis da IA, como a **robótica** que requer uma avaliação do ambiente em muitos pontos para poder realizar uma tarefa como se movimenta; e os **jogos** que são ideias para este tipo de aprendizagem visto que se baseiam em regras claras, pontuações e várias restrições, sendo possível a partir de um modelo testar milhões de simulações deixando o sistema cada vez mais inteligente.

No entanto, utilizar o ML para solucionar problemas nem sempre é uma tarefa fácil, uma vez que é dependente de uma série de aspectos relacionados à base de dados, pois nem sempre o conjunto de dados é bom e precisam de técnicas para melhorar a sua qualidade. É importante ressaltar que nem todo algoritmo ML resolve todo tipo de problema, sendo assim, é necessário a seleção de uma base de dados apropriada para os problemas que precisam ser resolvidos, além de atualizações constantes, pois é comum ocorrer mudanças nos dados e isso pode fazer que a aplicação pare de funcionar (LUDERMIR, 2021).

Dentro dos campos de *Machine Learning*, encontramos as Redes Neurais que são comumente associadas a tecnologias de IA, e essa associação ocorre em circunstância da semelhança bruta da tecnologia com a rede neural biológica humana (TSE, *et al.* 2021).

Em consonância a isso Ludermir (2021, s/p.) coloca que as Redes Neurais Artificiais (RNA) são uma das técnicas de sucesso do ML para solucionar problemas. As RNA podem ser compreendidas “como modelos matemáticos que se inspiram nas estruturas neurais biológicas e que tem capacidade adquirida por meio do aprendizado.”

Em resumo, uma RNA é uma função que possui “neurônios”, em termos computacionais esse neurônio é identificado por *perceptrons* ou nós. Cada neurônio possui um valor e um peso que são usados para prever valores em um modelo de IA (TAULLI, 2021).

Nas próximas seções, detalharemos mais a fundo os tipos de redes neurais e as etapas de treinamento de uma, dedicando esta seção apenas aos conceitos e aplicabilidade das áreas do ML, como as RNA, no ensino. Sob esta conjuntura, sabemos que o ML existe a décadas e vem sendo bastante aplicada em diversas áreas como nas finanças, manutenção preditiva, recrutamento de funcionários, atendimento e experiências com clientes, sites de namoro, análise de sentimentos em redes sociais entre outras (TAULLI, 2021).

No ensino de matemática, Hirai (2021) utilizou ferramentas de *Machine Learning* para identificar o perfil do aluno de acordo com a Taxonomia de Bloom, concluindo com seu estudo que o uso do ML contribuiu para a identificação das necessidades dos alunos, possibilitando a construção de materiais pedagógicos adequados para o desenvolvimento de habilidades de cada aluno.

Outra pesquisa que pontua as aplicabilidades do ML no ensino é o trabalho de Silva (2021) que apresenta uma variedade de ferramentas tecnológicas que podem ser utilizadas no ensino, dentre elas : *Mosaic, Dreambox, Knewton, Geekie Games, Math Ninja* e outros. A pesquisa apresenta o levantamento de quais plataformas adaptativas traz maiores contribuições para a Educação Básica e destacando a importância da pesquisa para abrir novos olhares sobre o ensino de Matemática na Educação Básica.

Por fim, é notório que há pesquisas recentes, embora ainda poucas, que apontam as contribuições de áreas da IA para o ensino de matemática de maneira geral, seja no estímulo, na personalização do ensino, bem como na predição de desempenho. Entretanto, ainda não há pesquisas com tecnologias de IA que foquem no ensino de Geometria espacial euclidiana nem tampouco a viabilidade dessas aplicações no ensino básico público. Assim, a próxima seção visa esclarecer os objetivos desta pesquisa.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Contribuir com o ensino de geometria espacial no ensino fundamental de uma escola municipal da Região Norte do Brasil, mediante o desenvolvimento de um jogo educacional com inteligência artificial.

2.2 Objetivos específicos

- Treinar uma rede neural com imagens de sólidos geométricos encontradas no dia a dia;
- Desenvolver um jogo educacional com os pesos obtidos a partir do treinamento da rede neural;
- Avaliar se a aplicação desenvolvida tem potencial para promover uma aprendizagem significativa no ensino de matemática.

3. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO TRABALHO

Nesta seção, são descritos os caminhos que foram percorridos na presente pesquisa, após a submissão e aprovação da proposta pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (CEP/IF Goiano)¹.

A proposta foi desenvolvida em quatro etapas mediante o contexto da oferta de disciplinas de matemática e informática. A **primeira etapa** ocorreu durante as aulas do professor regente, que apresentou à sua turma os conteúdos de Geometria, como: Figuras Planas e Não Planas. Nesta etapa foi observado a prática pedagógica dos professores envolvidos na

¹ CAAE (Certificado de Apresentação de Apreciação Ética): 57227422.0.0000.0036

pesquisa, a motivação da turma quanto aos conteúdos apresentados, e as dificuldades. A observação permitiu uma visão ampla das necessidades educativas e perfil dos estudantes após a Pandemia, facilitando assim, o desenvolvimento de uma aplicação que se adeque melhor a necessidade dos alunos e do professor.

A partir disso, a **segunda etapa** foi dedicada à construção do Produto Educacional (PE) que foi detalhada na Seção 5. Um produto educacional pode ser compreendido como um objeto de aprendizagem que é desenvolvido a partir de pesquisas científicas de Programas de Mestrados Profissionais.

Freitas (2021), acrescenta que um PE é composto por um conjunto de elementos simbólicos que são organizados em conteúdos e conceitos a serem aprendidos, havendo ainda uma organização didática coerente com o contexto que se destina.

Assim, a **terceira etapa** foi dedicada à apresentação do PE e organização do Espaço Pedagógico – Sala de Informática para que os professores participantes da pesquisa pudessem utilizar e avaliar o PE. Na apresentação do PE, foi dedicado um momento introdutório e de contextualização sobre o que é Inteligência Artificial e quais as suas contribuições para o homem moderno e a sua educação, além de explicar como o PE pode ser utilizado nas aulas de matemática. Este momento foi necessário para que os professores ficassem a par do que é a tecnologia que estão tendo contato e como ela pode ser aplicada ao ensino.

A **quarta etapa** foi dedicada à avaliação do PE pelos professores. A avaliação ocorreu por meio da aplicação de um questionário *online* (APÊNDICE A) que foi entregue aos participantes da pesquisa, para que seja possível analisar se o produto educacional e a abordagem utilizada para seu desenvolvimento contribuíram no ensino de geometria espacial para alunos dos anos iniciais e finais do ensino fundamental.

4. PRODUTO EDUCACIONAL

Este Produto Educacional (PE) é resultante de pesquisa desenvolvida para o Programa de Mestrado Profissional de Pós-Graduação em Ensino para a Educação Básica do Instituto Federal Goiano Campus – Urutaí. O PE foi planejado com o objetivo principal contribuir com o processo ensino-aprendizado de geometria espacial no ensino fundamental de uma escola municipal da Região Norte do Brasil com o auxílio de um jogo educacional desenvolvido utilizando IA.

A ideia para construção deste PE surgiu por meio de uma conversa informal com os professores de matemática desta escola, sobre o ensino de geometria, que há uma dificuldade dos alunos no reconhecimento das formas geométricas, justamente por não haver uma contextualização com o cotidiano, e que estas dificuldades implicavam outras dificuldades e até mesmo desinteresse no aprendizado de geometria.

Logo, surgiu como sugestão de um dos professores a utilização de tecnologias que ajudassem o aluno a identificar essas formas geométricas, principalmente os sólidos geométricos no seu dia a dia. Este diálogo ocorreu durante a pandemia quando o ensino ainda era remoto, o que também implicou em observações e percepções sobre as dificuldades no aprendizado de matemática.

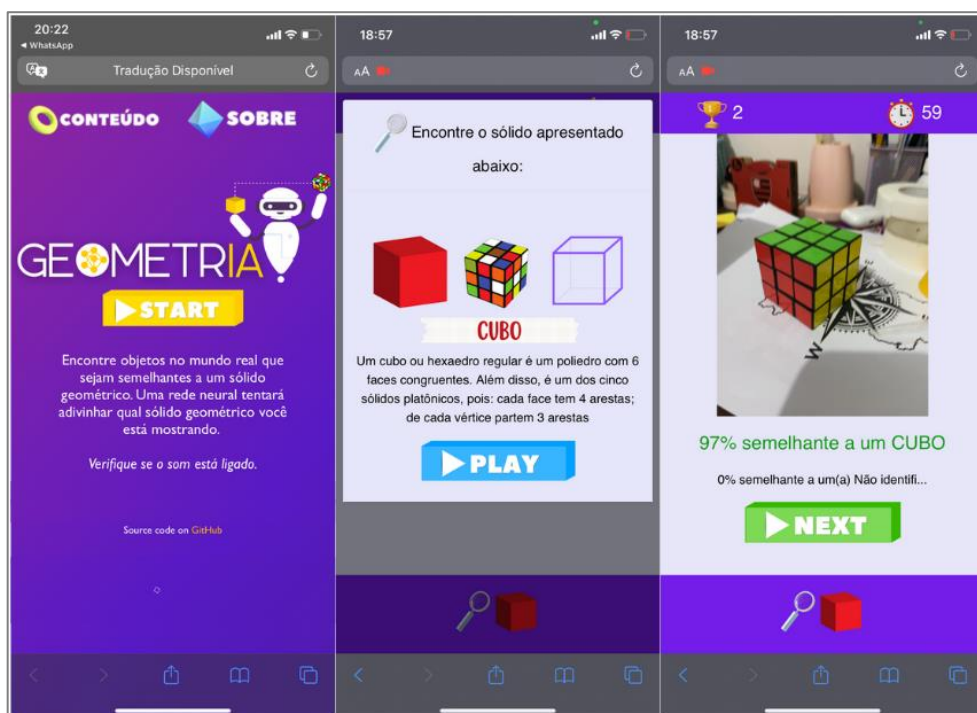
Segundo Marques & Caldeira (2018), uma das possibilidades de tornar a aula mais atrativa aos alunos é propor aos professores de Matemática do Ensino Fundamental a utilização de tecnologias e abordagens metodológicas que facilitem a visualização e o vínculo do conteúdo de Geometria com o cotidiano dos alunos.

O jogo, daqui para frente denominado GeometrIA, foi inspirado no jogo "*Emoji Scavenger Hunt*", conhecido no português por "Caça Emojis", desenvolvido pela Google com *TensorFlow.js*. Algumas telas do jogo são apresentadas na Figura 4.

O jogo tem como objetivo lúdico sortear sólidos geométricos e fazer com o jogador consiga identificar no mundo real o maior número de objetos possíveis dentro de um determinado tempo. A Rede Neural Artificial (RNA), por sua vez, tentará identificar o objeto que o jogador mostrar pontuando todas as vezes que reconhecer um objeto semelhante ao sólido sorteado.

As subseções a seguir visam explicar um pouco do processo de desenvolvimento do Jogo **GeometrIA** destacando as ferramentas utilizadas, o treinamento da Rede Neural Artificial (RNA) e como aplicá-lo em sala de aula.

Figura 4 – Tela inicial e tela de jogo do GeometrIA.



Fonte: Autora (2023).

4.1 Ferramentas utilizadas

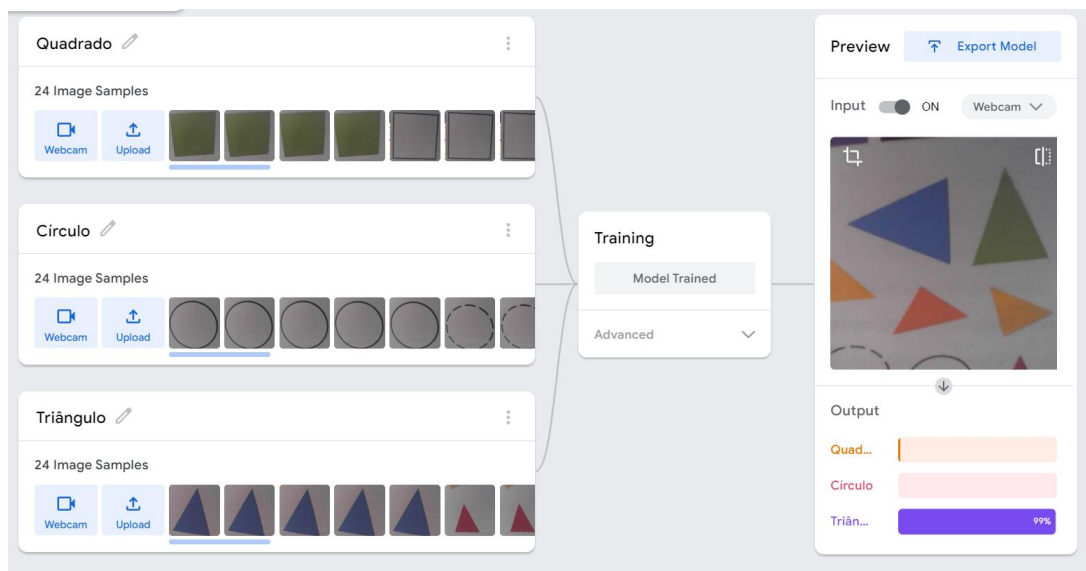
Diante do objetivo geral de identificar as contribuições de uma IA no ensino, buscou-se a construção desta aplicação a partir ferramentas acessíveis e de fácil utilização para que permitisse não só o uso da aplicação final, mas também proporcionasse a professores, alunos e outros pesquisadores um exemplo para a criação de novas de aplicações que possam contribuir com outras áreas de ensino.

Dessa forma, para a construção da RNA utilizou-se a ferramenta *Teachable Machine* que se trata de uma plataforma desenvolvida pela Google com a tecnologia *TensorFlow.js*. Segundo Sasaki (2019, p. 15), “o *TensorFlow.js* é uma estrutura que podemos usar para construir modelos de *machine learning* compatíveis com as API do *TensorFlow Python*.” O autor ainda acrescenta que essa estrutura pode ser perfeitamente integrada à *Web* sendo possível executar rapidamente algoritmos de aprendizado de máquina em qualquer plataforma. Um exemplo básico dessa integração é a plataforma *Teachable Machine*.

Através do *Teachable Machine* é possível que pessoas, mesmo sem conhecimentos computacionais, treinem uma máquina com diferentes cenários utilizando apenas a câmera do seu celular ou computador para identificar os diferentes cenários. Por exemplo, a partir da plataforma é possível fazer o upload de três figuras geométricas diferentes e treinar a máquina.

A máquina, por sua vez, analisará as fotos no conjunto de dados de treinamento e as usará para detectar essas figuras em diferentes cenários, como é apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Treinamento de um modelo com a câmera do computador.



Fonte: Autora (2023).

Para facilitar a compreensão do modelo treinado a plataforma Teachable Machine (2023) traz as seguintes explicações:

- **Épocas:** O número de épocas significa que o modelo que você está treinando funcionará em todo o conjunto de dados de treinamento pelo mesmo número de vezes. Em outras palavras, uma época significa que cada amostra no conjunto de dados de treinamento foi alimentada pelo modelo de treinamento pelo menos uma vez.
- **Batch size:** Um lote é um conjunto de amostras usadas em uma interação de treinamento. Por exemplo, neste caso temos um conjunto de 3500 imagens e escolha um tamanho de lote de 32. Isso significa que os dados serão divididos em $3500/32 \cong 109$ lotes. Uma vez que todos os 109 lotes tenham sido alimentados através do modelo, exatamente uma época estará completa.
- **Taxa de aprendizagem:** Apesar do termo ser auto explicativo, a plataforma faz alerta ao alterar este número, pois pequenas diferenças podem ter grandes efeitos sobre o quão bem seu modelo aprende. Logo, para esta RNA não houve alteração na taxa de aprendizagem.
- **Acurácia:** A acurácia pode ser compreendida como o percentual de classificações corretas durante o treinamento.

O uso da plataforma *Teachable Machine* apresenta diversas vantagens para construção de aplicações educacionais, uma vez que é uma plataforma online gratuita, instrutiva e acessível, e que por meio dela também é possível exportar os modelos treinados sem a necessidade de conhecimentos computacionais.

A plataforma se destaca como um projeto de ML em virtude de que as RNA desenvolvidas rodam exclusivamente no navegador do usuário sem qualquer necessidade de computação externa ou armazenamento de dados (OEDC, 2019).

Para o desenvolvimento do jogo, também foram utilizadas ferramentas de desenvolvimento como *VSCode* (*Visual Studio Code*) que se trata de um editor de código-fonte que inclui suporte de depuração entre outras extensões que melhoram o desenvolvimento de softwares. A plataforma de hospedagem de código-fonte e versionamento *GitHub* foi utilizada com o VsCode. Foram utilizados ainda ferramentas de design e repositórios de imagem como o *Canva* e de edição em lote como o *Gimp* para auxiliar na construção do *dataset* e interface da aplicação.

4.2 Treinamento da Rede Neural Artificial (RNA)

É importante frisar que existem vários tipos de Redes Neurais Artificiais (RNA), entretanto neste produto foi utilizado uma Rede Neural Convulacional que provém do termo em inglês *Convulacional Neural Network* (CNN). Para Taulli (2020, p. 119), “uma rede neural convulacional (CNN) analisa os dados seção por seção (ou seja, por convoluções). Esse modelo é voltado para aplicações complexas, como reconhecimento de imagem.”

Sob esta conjuntura, a estrutura do jogo **GeometrIA** foi construído a partir do treinamento de uma RNA Convulacional, que é composta por um *dataset* (conjunto de dados) de 3.500 imagens, coloridas (RGB) de dimensões 224x224 *pixels*, obtidas de objetos encontrados no dia a dia com formato de um sólido geométrico. As imagens utilizadas na RNA foram rotuladas em oito classes, as quais são: cilindro, cone, cubo, esfera, paralelepípedo, pirâmide quadrangular, prisma triangular e “não identificado”. Cada classe possui o mesmo quantitativo de imagens com a mesma dimensão.

A RNA foi treinada com 200 épocas; *Batch size*: 32 e Taxa de aprendizagem de 0,001. Após o treinamento, a plataforma disponibiliza alguns dados de acurácia por classe, época e matriz de confusão sobre o modelo treinado que são úteis para a realização de novos testes para melhorar o desempenho da RNA. Essas informações são úteis para a realização de novos testes

para melhorar o desempenho da RNA, logo a definição do modelo a ser utilizado no GeometrIA deu-se por meio da acurácia e da ausência de *overfit*.

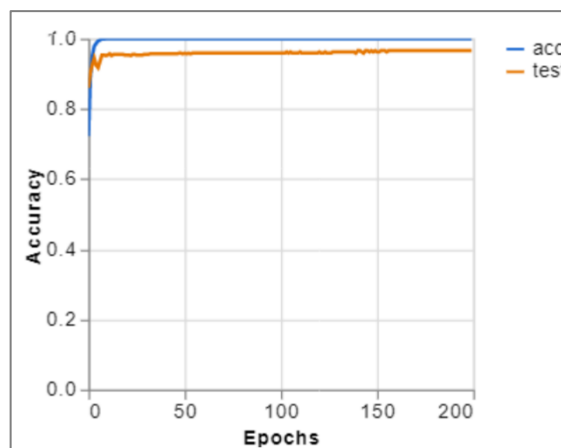
Desse modo, a Tabela 1 mostra que o modelo utilizado classificou 75 amostras, obtendo a acurácia por classe entre 0.92 e 1 (92 a 100%). A previsão de um modelo é perfeita quando a acurácia equivale a um (01), e imperfeita quando possui valores inferiores a um (01).

Tabela 1 - Acurácia por classe

CLASS	ACCURACY	# SAMPLES
Cilindro	0.97	75
Cone	0.92	75
Cubo	1.00	75
Esfera	1.00	75
Paralelepípedo	0.93	75
Pirâmide	0.96	75
Prisma	0.96	75

Fonte: Autora (2023).

Gráfico 1- Acurácia por época.



Fonte: Autora (2023).

Os resultados mostrados no gráfico 1 apresentam a acurácia por época, o que nos permite visualizar se o modelo está super ajustado (*overfit*) ou não. Neste caso, o modelo consegue classificar outros objetos que sejam diferentes dos que foram utilizados no treinamento, sendo assim mais dinâmico. Este aspecto é fator importante para aplicação visto que muitos dos objetos que os jogadores encontrarem não serão sólidos geométricos perfeitos, mas terão um formato semelhante. Logo, o modelo treinado atende as necessidades de jogabilidade da aplicação.

É importante ressaltar que 85% das amostras foram utilizadas para treinar o modelo como classificar corretamente as amostras nas classes criadas. Já os outros 15% das amostras são utilizados para testes a fim de verificar quão bem o modelo está desempenho em dados novos e nunca antes vistos (GOOGLE, 2022). Estes parâmetros são definidos pela própria plataforma Teachable machine, não sendo possível alterá-los.

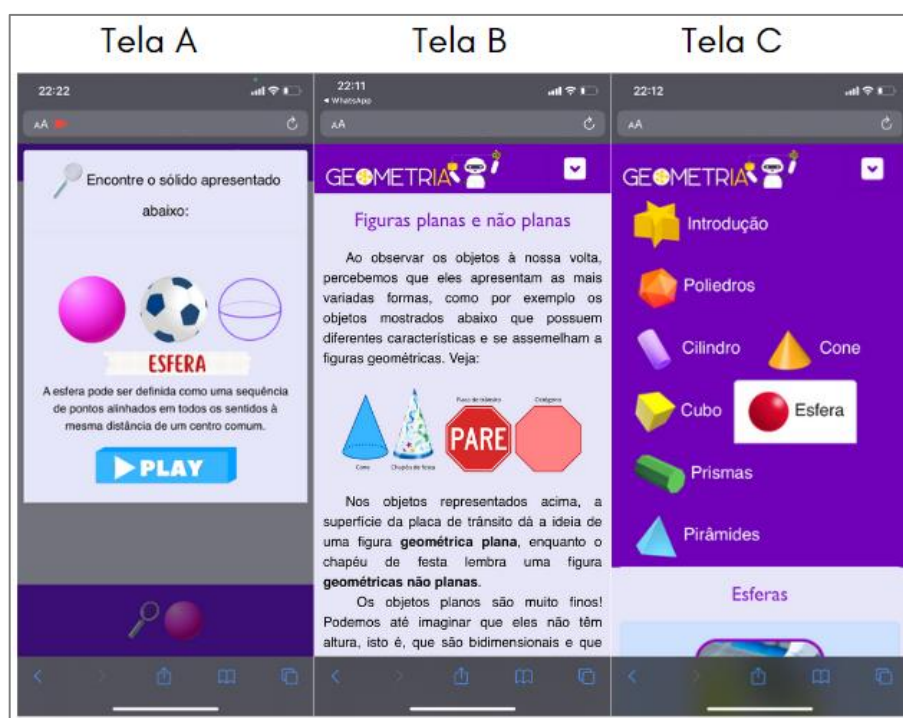
Por fim, ao finalizar o treinamento e fase de testes a rede neural foi exportada para desenvolver a estrutura do jogo utilizando a linguagem de programação JavaScript. Após a estruturação desenvolveu-se uma interface web interativa com recursos do canva do HTML5 (Linguagem de Marcação de HiperTexto), juntamente com outros recursos da linguagem JavaScript e CSS (*Cascade Style Sheet*) objetivo tornar o jogo mais atrativo e para que alunos

e professores os utilizar durante as aulas de matemática e em outros momentos fora do ambiente escolar.

4.3 Conteúdo do jogo

O conteúdo de Geometria foi implementado no jogo de duas maneiras: conceito básico e direto e conceito geral explicativo. Os conceitos básicos foram aplicados na jogabilidade da aplicação e interação com IA, como mostra a figura 6 (Tela A).

Figura 6 – Telas do GeometrIA com conteúdo.



Fonte: Autora (2023).

Estes conceitos básicos são necessários para que facilite a memorização e aquisição de novos conceitos a partir da assimilação do objeto encontrado em seu cotidiano com as figuras representadas nos livros didáticos e demais conteúdos de Geometria.

Também foi implementado no jogo páginas HTML com conceitos gerais explicativos sobre o que são figuras planas, não planas, o que são os sólidos geométricos, poliedros, corpos redondos entre outros. Estes conteúdos, exemplificados na figura 6 (Tela B e C), visam trazer para o aluno uma revisão sobre o conteúdo, em virtude de que quando o aluno não consegue identificar um sólido geométrico o jogo indica a revisão do conteúdo e uma nova tentativa.

Juntamente com conteúdo, também são apresentadas algumas curiosidades regionais e locais (Figura 7) com a finalidade de fortalecer a relação dos conteúdos com os esquemas de

conhecimento presentes na estrutura cognitiva do estudante, visto que, são lugares que estes estudantes já conhecem e que podem visualizar.

Figura 7 - Curiosidades regionais e locais.

	<h3>Aviões e suas formas semelhantes</h3> <p>O cone é um dos sólidos geométricos mais presentes em nosso cotidiano, isso porque juntamente com outros sólidos traz inúmeras possibilidades de formas para objetos, construções e recipientes de armazenamento como por exemplos as casas, os silos de armazenamento de sementes. Um curiosidade sobre os aviões é que sua parte central possui uma forma semelhante a de um cilindro enquanto suas extremidades possuem pontas achatadas com formatos aproximados de um cone. Em um bairro de Altamira - PA, há uma praça chamada de Praça do Avião. Este nome foi dado devido à possuir um avião pousado no centro da praça.</p>
	<h3>Cone Natalino</h3> <p>Os sólidos geométricos estão presentes em quase todos os lugares da nossa cidade e em todas as épocas do ano, até mesmo no Natal! Começando pelas caixas de presentes com formatos de blocos retangulares e com as bolas natalinas que enfeitam as árvores de natal. Até mesmo a árvore de natal flutuante que foi montada sobre o Rio Xingu no ano de 2021 em Altamira - PA, possui o formato de um Cone gigante. A geometria está em todos os lugares, basta observarmos!</p>
<h3>Frutas esféricas</h3> <p>Anteriormente citamos a bola de futebol como um exemplo comum de esfera vista em nosso cotidiano, contudo trouxemos aqui, outros exemplos simples e saborosos que são as frutas. Existem inúmeros exemplos de frutas esféricas como as Laranjas, limões, jabuticabas, melancias, a cabaça, a pitomba entre outros. Um exemplo regional, é o nosso querido açaí, que vem de uma palmeira muito comum na região amazônica que produz um fruto esférico de cor roxa e é muito utilizado na confecção de alimentos e bebidas.</p>	

Fonte: Autora (2023).

Outro ponto é que a geometria está presente em diversas situações da vida cotidiana, pois é possível observá-la nos objetos, nas brincadeiras, construções e na arte. Logo, as crianças, desde o nascimento, o mundo e as suas formas, vão dirigindo suas ações e sentidos em prol de suas necessidades, curiosidades, construindo assim, uma certa competência geométrica (FONSECA, *et al.*, 2009).

Conseqüentemente essa competência geométrica tem sua origem na experiência sensível da criança que vive cercada por objetos tridimensionais. Dessa forma, faz sentido iniciar o estudo da Geometria pelo tratamento dos sólidos geométricos (FONSECA, *et al.*, 2009).

4.4 Armazenamento e acesso ao Produto Educacional

Por se tratar de uma aplicação *web mobile*, GeometrIA não requer instalação, sendo executado em qualquer navegador recente (versões > 2019), necessitando de conexão com internet. O jogo foi armazenado na plataforma de versionamento *GitHub*, que além de recursos de gestão de projetos, também oferece um recurso chamado *GitHub Pages* que facilita a criação e divulgação de páginas web dos projetos hospedados. Uma outra vantagem em utilizar o *GitHub* é a possibilidade que outros programadores e pesquisadores têm para contribuir com o projeto, uma vez que o código fonte ficará público na plataforma.

Com o uso de *Github Pages* o GeometrIA pode ser acessado facilmente por um link². O jogo também poderá ser armazenado no Repositório do PPG-ENEB (Programa de Pós-Graduação em Ensino para Educação Básica) por meio de um arquivo de apresentação em documento PDF (APÊNDICE B).

4.5 Propostas de aplicação em sala de aula

Nesta subseção apresentamos algumas propostas de aplicação do jogo GeometrIA nas aulas de matemática, entretanto ressaltamos que apesar das tecnologias serem grandes aliadas no processo de ensino-aprendizagem, é de fundamental importância que sua aplicação seja de forma contextualizada, de modo que a proposta pedagógica venha sempre antes da tecnologia e tenha seu uso conduzido por uma metodologia (SENNÁ, *et al*, 2018).

Sob esta conjuntura, a primeira proposta que apresentamos é o uso do jogo em um espaço escolar que tenha acesso à internet, de preferência ao ar livre, visto que este ambiente possibilitará aos alunos uma melhor visualização de como a Geometria se aplica em seu cotidiano.

Para Bacich & Moran (2018), ao pensar na forma como os alunos podem fazer o uso de tecnologias digitais como fonte de informações e recursos para construção de conhecimentos, torna-se interessante refletir sobre o que é solicitado como tarefas de aprendizagem.

Para Fundamental (2010) são também importantes as atividades que envolvam representações gráficas de desenhos e imagens de objetos geométricos, pois as experiências constituem-se nas primeiras explorações e abstrações do espaço que são essenciais para a aprendizagem de geometria.

Dessa forma, o professor pode iniciar com uma leitura conjunta utilizando tanto o material do jogo, quanto o livro didático sempre dando pausas e pedindo que os alunos

² <https://claudianygs.github.io/GeometrIA/>

observem a seu redor e identifiquem exemplos do conteúdo apresentado, ao final da leitura o professor pode aplicar o jogo e deixar que o aluno faça descobertas no espaço escolar, sempre orientando sobre os sólidos que devem encontrar.

Na perspectiva de Bacich & Moran (2018), bons materiais, neste caso o jogo, precisam ser acompanhados de desafios, histórias, atividades e jogos que mobilizem os alunos em cada etapa de modo que possibilite o aluno de aprender em grupo ou sozinho utilizando tecnologias adequadas em cada momento.

Logo, uma outra proposta de aplicação é introduzir o conteúdo em sala de aula e passar o jogo como uma atividade de casa, pedindo para que os alunos registrem suas descobertas e façam comparações com as descobertas de outros colegas em sala de aula.

O professor também pode apresentar o jogo para os alunos como uma espécie de desafio, motivando os alunos a identificarem o maior número de objetos. Um dos papéis do professor, principalmente ao utilizar tecnologias educacionais, é contribuir para que alunos possam ir além, motivando, questionando, orientando (BACICH; MORAN, 2018). Por fim, o jogo também pode ser utilizado de forma autônoma pelo próprio aluno, a partir de uma orientação do professor, pois a aprendizagem significativa também é um exercício de autonomia.

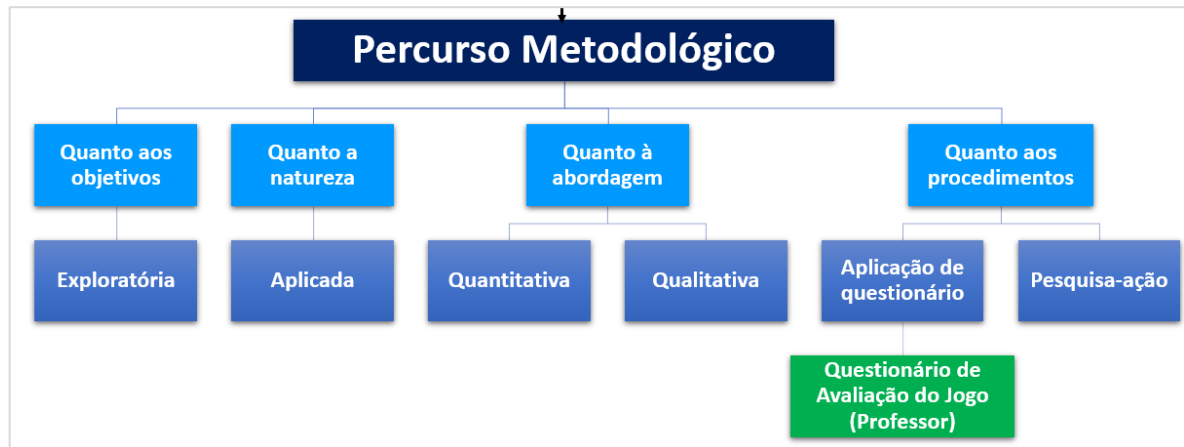
5. PERCURSO METODOLÓGICO

5.1 Delineamento do estudo

A pesquisa foi exploratória quanto aos objetivos e aplicada quanto à natureza. Seguiu uma abordagem quanti-qualitativa. Quanto aos procedimentos, foi utilizada a aplicação de questionários com características de pesquisa-ação, como mostra o desenho da pesquisa na Figura 8.

Na perspectiva de Flick (2007) uma pesquisa adquire mais credibilidade e legitimidade aos resultados encontrados quando consegue unir as duas abordagens. Sendo assim, o método quanti-qualitativo traz para pesquisa contribuições como enriquecimento de constatações obtidas sob condições controladas com dados obtidos dentro do contexto natural de sua ocorrência, além da validade da confiabilidade das descobertas.

Figura 8 - Desenho metodológico do desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Autora (2022).

5.2 *Lócus* da pesquisa, população e amostra

A pesquisa foi realizada em uma Escola Municipal de Ensino Fundamental localizada na Região Norte do Brasil, e teve início após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (CEP/IF Goiano). A escolha do *lócus* de pesquisa se justifica por ser a cidade sede do pesquisador objetivando facilitar a aproximação do pesquisador com o campo e população a ser pesquisada.

A população deste estudo é composta por professores efetivos e contratados que atuam no ensino fundamental na unidade escolar em que a pesquisa foi realizada. A amostra foi composta por quatro professores sendo dois professores pedagogos que lecionam, em sua função, a disciplina de matemática nos anos iniciais do ensino fundamental e dois professores de matemática dos anos finais do ensino fundamental. A escolha da amostra se justifica pelos conteúdos de Geometria espacial que são trabalhados nesta série, sendo este um aspecto importante para o desenvolvimento do produto educacional.

5.3 Recrutamento

Reuniu-se com o Gestor Escolar e coordenação pedagógica administrativa para explicar os objetivos e procedimentos da pesquisa. Em seguida, foi solicitado ao gestor escolar a autorização para realizar a pesquisa por meio do termo de anuência (Anexo 1).

Após a autorização do CEP/IF Goiano, a pesquisadora entrou em contato com os professores, durante a jornada de trabalho, para explicar os objetivos, a justificativa, os

procedimentos metodológicos e alguns esclarecimentos sobre a participação voluntária. Estando suficientemente esclarecidos foi solicitado aos participantes da pesquisa que assinassem duas vias do Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE), anexo 2, que já estavam previamente assinados pela pesquisadora.

Para entrega e recolhimento dos termos com e sem assinatura dos participantes foram adotadas medidas preventivas de contágio pela COVID-19 com o uso de máscara e higienização das mãos com álcool gel. A pesquisa ocorreu durante a hora atividade do professor participante, portanto o participante não precisou se locomover para outro local durante a pesquisa.

5.4 Coleta e análise de dados

Para coleta de dados foi utilizado um questionário desenvolvido pela pesquisadora na plataforma *Google Forms*. O questionário aplicado contou com 20 perguntas fechadas. Os questionamentos foram julgados conforme o grau de concordância ou discordância estabelecidos em uma escala *Likert* de cinco pontos.

Segundo Aguiar, Correia e Campos (2011), o uso da escala *Likert* na análise de jogos é uma ferramenta poderosa pela simplicidade e por ser bem recebida pelos respondentes, visto que se sentem confiantes de que a gradação escolhida representa, de fato, sua opinião sobre cada um dos itens avaliados, diminuindo o grau de incerteza quanto às respostas dadas, beneficiando a análise como um todo.

O procedimento de análise do questionário se deu por meio da Análise de Conteúdo. Para Bardin (2011), a análise de conteúdo trata-se de um conjunto de técnicas de análise das comunicações, embora não se restrinja apenas a uma técnica, visa por meio de procedimentos e objetivos descritivos das mensagens analisar (quantitativamente ou não) a frequência de uma ocorrência de termos, construções e referências dessas mensagens.

Em outras palavras Fernandes-Sobrinho (2020) explica que este método consiste num conjunto de técnicas utilizadas no tratamento de dados e na análise dos mesmos. O autor ainda acrescenta que o método trata as informações a partir de um roteiro que se divide em três fases.

Inicia-se com (a) a pré-análise, fase em que os documentos são selecionados, formulam-se hipóteses e objetivos para a pesquisa, (b) a exploração do material, em que são aplicadas as técnicas específicas, em conformidade com os objetivos e (c) o tratamento dos resultados, seguidos de interpretações. Em cada etapa desse roteiro há regras bem específicas, incluem-se as possibilidades de sua utilização em pesquisas qualitativas e em quantitativas (FERNANDES SOBRINHO, 2020, p.125)

Nesse estudo, seguimos o mesmo roteiro, logo na fase (a) iniciamos a partir da organização do questionário para constituição de um *corpus*. As hipóteses e objetivos foram

realizadas com base nas condições necessárias para uma aprendizagem significativa e no processo instrucional segundo a abordagem ausubeliana que apresenta quatro aspectos fundamentais que envolvem o papel do professor na facilitação da aprendizagem significativa. Estes aspectos são: 1) Identificação dos conceitos e princípios unificadores; 2) Identificação dos subunçores relevantes a aprendizagem do conteúdo a ser ensinado; 3) Diagnóstico daquilo que o aluno já sabe; 4) Ensino a partir de recursos e princípios que facilitem a aquisição de conceitos de forma significativa.

A fase (b) consiste na exploração do material, ou seja, nessa fase foi feito o recorte e codificação dos resultados obtidos. Para isso utilizou-se as 20 questões do formulário de pesquisa (APÊNDICE A), as quais foram *a priori* categorizadas e *posteriori* condensadas em indicadores de discussão.

Neste trabalho, as categorias foram previamente definidas e adaptadas do instrumento de avaliação de jogos eletrônicos de Vilarinho e Leite (2015). Deste modo, os resultados obtidos foram categorizados em três dimensões, sendo elas: **“Pedagógica”**, **“Experiência do usuário”** e **“Interface”**.

Já na fase (c) foi realizado o tratamento dos resultados, a inferência e interpretação destes por meio de operação de estatísticas simples. A discussão destes resultados também foi organizada nas categorias estabelecidas na fase (b), que nesse estudo chamamos de dimensões.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção apresentaremos os resultados obtidos por meio da coleta e análise de conteúdo dos dados juntamente com as discussões sobre as contribuições do jogo GeometrIA no ensino de sólidos geométricos no ensino. Para uma melhor compreensão dos resultados obtidos, estruturamos as argumentações em três subseções conforme as categorias utilizadas na fase de exploração do material na análise de conteúdo dos dados.

6.1 Dimensão “Pedagógica”

Para Moreira e Masini (2006), o papel do professor na facilitação da aprendizagem significativa envolve quatro tarefas fundamentais, as quais, de forma reduzida, são:

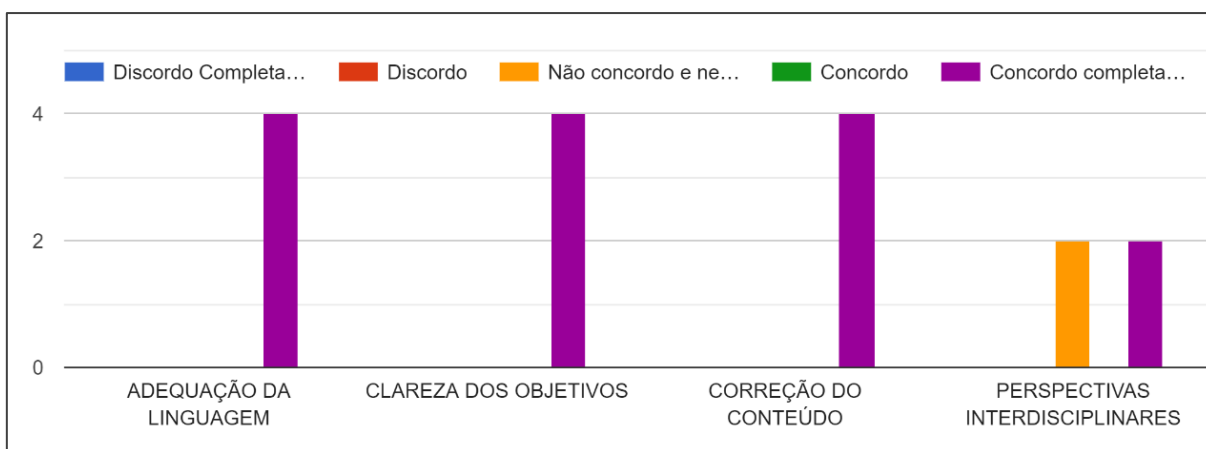
- **Tarefa um** - Identificação da estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino;

- **Tarefa dois** - Identificação dos subsunçores relevantes a aprendizagem do conteúdo a ser ensinado;
- **Tarefa três** - Diagnóstico daquilo que o aluno já sabe;
- **Tarefa quatro** - Ensino a partir de recursos e princípios que facilitem a aquisição de conceitos de forma significativa.

Sob esta conjuntura, a dimensão pedagógica reúne questões que visam compreender como o jogo GeometrIA contribui para o alcance destas tarefas, bem como verificar se o jogo atende as condições necessárias, que são estabelecidas por Ausubel, para uma aprendizagem significativa.

O Gráfico 2 apresenta indicadores que se adequam a maneira substantiva de apresentar o conteúdo ao estudante. Assim, observa-se que quatro participantes da pesquisa responderam que “Concordo completamente” quando questionados a respeito dos indicadores de “Adequação da linguagem”, “clareza dos objetivos” e “correção do conteúdo” apresentado no jogo.

Gráfico 2 - Dimensão pedagógica A.



Fonte: Autora (2022).

Quanto ao indicador “**Perspectiva interdisciplinar**”, foi questionado aos pesquisadores se o jogo apresentava situações-problemas que ofereciam a perspectiva interdisciplinar, mobilizando conceitos de diferentes campos de conhecimento, de forma articulada. Logo, obteve-se as seguintes respostas: dois participantes foram imparciais em suas respostas, não concordando e nem discordando a respeito do questionamento. Os demais professores responderam “Concordo completamente”.

Os resultados obtidos a partir do Gráfico 2 convergem com a que é enfatizado por Moreira e Masini (2006) na Tarefa um, pois o uso de uma linguagem adequada, a clareza dos

objetivos e interdisciplinaridade favoreceram a apresentação de conceitos unificados e inclusivos, com um potencial esclarecedor e características que facilitam a assimilação.

Da mesma forma que, a correção do conteúdo, na medida em que se apresenta dentro do jogo de forma sequencial e organizada, também se torna um aspecto positivo e condizente com a tarefa um. Para a visão ausubeliana, a identificação dos conceitos básicos da matéria de ensino, neste caso de geometria, e sua estruturação é uma tarefa difícil.

A clareza dos objetivos também atende a proposta da Tarefa dois, visto que para a identificação dos subsunçores é necessário buscar conceitos, proposições, ideias claras, precisas e estáveis, que são relevantes para o conteúdo a ser ensinado levando em consideração aquilo que o aluno já sabe (MOREIRA; MASINI, 2006).

A Tarefa três requer do professor um diagnóstico daquilo que o aluno já sabe, estipulando dentre os subsunçores relevantes, quais destes estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno. Partindo desse ponto, a organização da matéria na perspectiva interdisciplinar pode contribuir significativamente, em virtude de que mobiliza conceitos de diferentes campos de conhecimento.

Segundo Bacich & Moran (2018), os professores precisam descobrir quais são as motivações de cada estudante, o que os mobiliza a aprender, os percursos, técnicas e tecnologias mais adequados para cada situação.

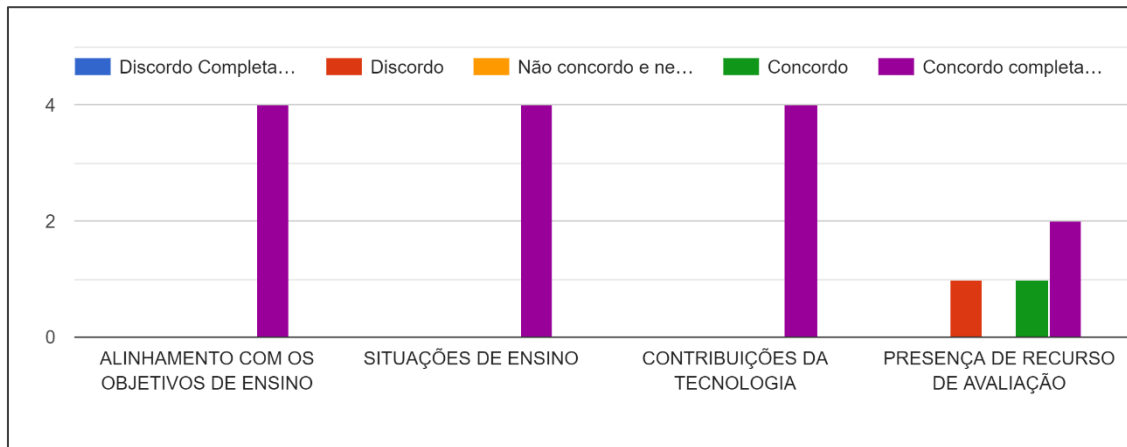
Seguindo adiante, o Gráfico 3 apresenta indicadores relacionados aos princípios e recursos que facilitam a apresentação dos conteúdos e planejamento apropriado para a organização sequencial da disciplina.

Nesse sentido buscou-se com o indicador **“Alinhamento com os objetivos de ensino”** questionar se o jogo se alinha com os objetivos de ensino da proposta curricular da disciplina. Todos os participantes responderam **“Concordo Completamente”**.

O indicador **“Situações de ensino”** se refere ao uso do jogo GeometrIA, por parte dos professores, em situações como estudo dirigido, atividades remotas, atividades extraclasse, dinâmicas e outros. Todos os quatro participantes da pesquisa responderam que **“Concordo completamente”**, ou seja, os mesmos utilizariam o jogo em suas práticas docentes.

Estes resultados evidenciam que o jogo GeometrIA tem potencial significativo e atinge o que é proposto na Tarefa quatro, já que é um recurso tecnológico que facilita a aquisição dos conceitos básicos de geometria por meio de conteúdos organizados sequencialmente de forma significativa.

Gráfico 3 - Dimensão pedagógica B.



Fonte: Autora (2022).

Dessa forma, ao ensinar com princípios e recursos adequados, sejam eles tecnológicos ou não, a função do professor passa a ser a de auxiliar o aluno a assimilar o assunto trabalhado e organizar sua própria estrutura cognitiva nessa área de conhecimento, através da aquisição de significados claros e concisos (MOREIRA; MASINI, 2006).

Quanto ao indicador **“Contribuições da tecnologia”**, foi questionado a Inteligência Artificial utilizada no jogo podia contribuir para melhor compreensão do assunto de Geometria a ser ensinado. Todos os quatro participantes da pesquisa responderam “Concordo completamente”.

Diante deste resultado, convém acrescentar que a partir do momento que a IA se tornar uma tecnologia cada vez mais comum no cotidiano das pessoas, mais inteligente ela se tornará. Por consequência, quanto mais perspicaz ela for, mais pessoas utilizarão, proporcionando um aprendizado geométrico e auxiliando o homem moderno na sua aprendizagem e formação (FAVA, 2018).

Entretanto, a utilização de um recurso tecnológico por si só não garante a qualidade no ensino, sendo assim, é imprescindível que haja interação entre professor e aluno na escolha de competências e metodologias de ensino com apoio de recursos tecnológicos para que o processo de ensino-aprendizagem ocorra de maneira significativa, eficiente, eficaz e efetiva.

Neste sentido, entende-se de forma clara que as tecnologias digitais devem servir como elemento facilitador, que simplifique a compreensão nas mais diversas áreas, criando condições para que o aluno possa assimilar um conhecimento ainda em construção com outros já conhecidos e de seu interesse utilizando uma tecnologia (VERASTZO, *et al.*, 2019).

A respeito da “**Presença de recurso de avaliação**” questionou-se a presença de recursos de avaliação por meio de exercícios ou situação problema. As respostas obtidas mostraram a discordância de um participante e concordância por parte de três deles.

Apesar de apenas um participante discordar da presença de recurso de avaliação, o jogo GeometrIA não oferece explicitamente este recurso em virtude de que a proposta do jogo parte do esforço de apresentar um conteúdo que tenha uma relação com conhecimentos pré-existentes na estrutura cognitiva do aluno. Assim, os meios de avaliação ficam dependentes dos objetivos e planejamento do professor ao utilizar esta tecnologia.

6.2 Dimensão “Experiência do usuário”

Dentre os pontos importantes da teoria de Ausubel, estão as condições necessárias para que a aprendizagem significativa ocorra. A primeira condição trata do uso de um material relacionável, ou seja, com um potencial significativo que resgate os conhecimentos prévios do aluno. Esta foi alcançada, ainda, na dimensão pedagógica.

Portanto, busca-se com a dimensão experiência usuário, por meio de questões que revelam a percepção do professor ao utilizar o jogo, se a segunda condição que trata da disposição do aluno para aprender é alcançada.

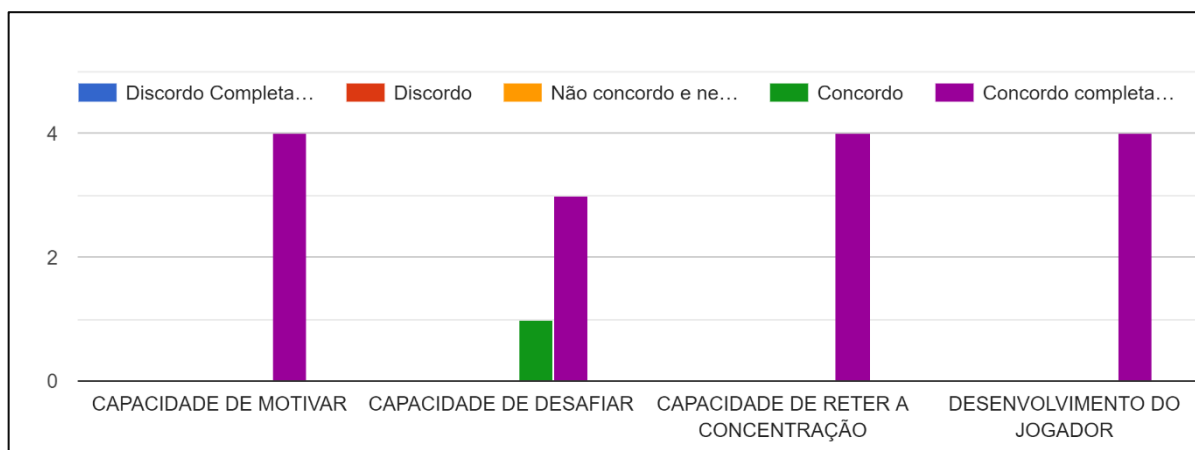
O Gráfico 4 apresenta os indicadores sobre as capacidades do jogo em desafiar, motivar, prender a atenção do aluno. Segundo Moran (2018, p. 83), “a aprendizagem precisa ser significativa, desafiadora, problematizadora e instigante, a ponto de mobilizar o aluno e o grupo a buscar soluções possíveis para serem discutidas e concretizadas à luz de referenciais teóricos/práticos”.

No indicador “**Capacidade de motivar**”³, foi questionado se o jogo tem capacidade de motivar os estudantes, de modo que eles se interessam em jogar, despertando mais disposição para aprender assuntos de Geometria. Todos os quatro participantes da pesquisa responderam que “Concordo completamente”. Já no indicador “**Capacidade de desafiar**”⁴, três participantes responderam “Concordo completamente” e um participante apenas “Concordo”.

³ Indicador desconsiderado por não ser possível inferir se o jogo tem capacidade de motivar os estudantes por meio da população pesquisada.

⁴ Indicador desconsiderado por não ser possível inferir a capacidade de desafiar o estudante por meio da população pesquisada

Gráfico 4 - Dimensão experiência do usuário A.



Fonte: Autora (2022).

Nesse sentido, os jogos exercem um papel importante na construção de conceitos matemáticos por se constituírem em desafios que favorecem os conhecimentos prévios e a solução de problemas (STAREPRAVO, 2009).

Para Bacich & Moran (2018) colocam que a aprendizagem é mais significativa quando motivamos os alunos, quando eles acham sentido nas atividades que propomos, quando consultamos suas motivações profundas, quando há diálogo sobre as atividades e a forma de realizá-las.

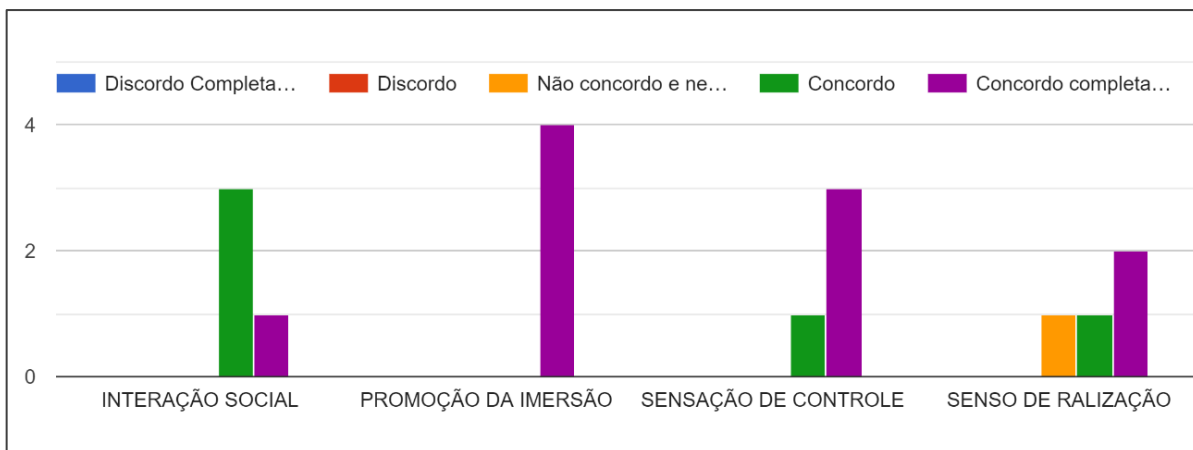
Nos indicadores “**Capacidade de reter a concentração**” e “**Desenvolvimento do jogador**”, todos os quatro participantes da pesquisa responderam que “Concordo completamente”. Na visão de Fava (2018), torna-se importante que a educação se adapte às tecnologias, pois elas permitem que os estudantes aprendam mais rapidamente conceitos tendo capacidade de aplicar e desenvolver habilidades, como discernir, escolher e decidir.

Os jogos que envolvem competição, colaboração ou criação de estratégias, com etapas e habilidades bem definidas, estão sendo alvos de professores que desejam aproximar o cotidiano dos estudantes com seus objetivos de aprendizagem, tornando suas aulas mais estimulantes e desafiadoras (TAJRA, 2021).

Sob esse contexto, o Gráfico 5 apresenta os aspectos do jogo que envolvem a interação, a imersão, o controle e realização. No indicador de “**Interação social**” foi questionado se o jogo estimula a interação social por meio da empatia, cooperação ou competição. Dos participantes da pesquisa, três responderam “Concordo” e um respondeu “Concordo completamente”.

Neste viés, “é preciso considerar as formas de organização das atividades que os alunos realizam na escola, suas potencialidades de trabalho coletivo e interativo e as possibilidades tecnológicas, com seus limites e potencialidades” (TAJRA, 2021, p. 121).

Gráfico 5 - Dimensão experiência do usuário B.



Fonte: Autora (2022).

No indicador de “**Promoção da imersão**⁵” foi questionado se o jogo proporcionou maior proximidade dos assuntos de geometria ensinados com o cotidiano. Todos os participantes responderam “Concordo completamente”.

Quanto ao indicador de “**Sensação de controle**” foi questionado se o jogo dá aos alunos a sensação de controle sobre suas ações. Nesse questionamento, três professores responderam “Concordo completamente” e um participante respondeu “Concordo”.

Em consonância a este resultado, Fava (2018) coloca que a educação por simples transmissão de conteúdo, sem a participação do aluno no processo de aprendizagem, sem interação com docentes e pares, está praticamente falida.

Dessa forma, é preciso pensar em jogos a partir de uma perspectiva ativa, pois a aprendizagem dos alunos, de forma significativa, torna-se uma referência constante no que tange sua relação com o professor e o conteúdo (TAJRA, 2018).

Sobre o “**Senso de realização**” foi questionado se o jogo faz com que os jogadores se sintam bem-sucedidos com o seu progresso ao longo das fases/etapas. Obteve-se as seguintes respostas: dois participantes responderam “Concordo completamente”, um

⁵ Indicador desconsiderado por não ser possível inferir se houve imersão do aluno ou não através da população pesquisada.

participante respondeu “Concordo” e um participante se manteve neutro respondendo que “Não concordo e nem discordo”.

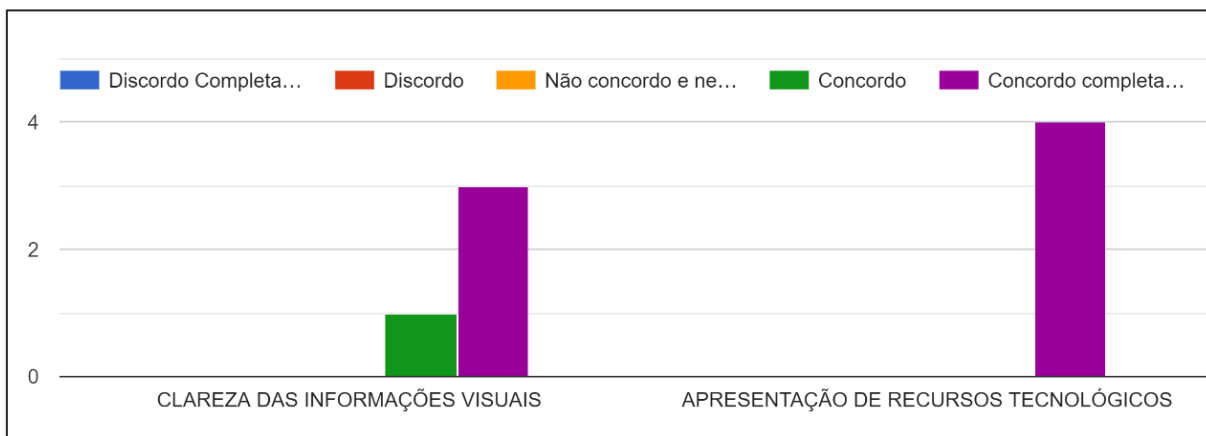
Apesar dos resultados mostrarem a possibilidade de sentir realização ao longo das etapas do jogo, este é um aspecto relativo à forma como a atividade é conduzida e influenciado pela relação professor-aluno, pois o aluno pode obter bom desempenho e ainda se sentir frustrado pela forma como a atividade foi conduzida.

Neste ponto, Fava (2018, p. 108) acrescenta que “o estímulo ao aprendizado diz respeito a toda interação que o docente mantém com o aluno e não se resume apenas às estratégias pedagógicas, aos relacionamentos, aos conteúdos e às metodologias.”

6.3 Dimensão “Interface”

Na dimensão interface buscou-se avaliar as características visuais do jogo e apresentação da tecnologia com um aspecto diferencial. Dessa forma, no indicador “**Clareza das informações visuais**”, apresentado no Gráfico 6, foi questionado se o jogo possui uma apresentação visual clara, com o uso de fontes, imagens, cores e quantidade adequada de informação por tela. Dos participantes da casa três responderam “Concordo completamente” e um respondeu “Concordo”.

Gráfico 6 - Dimensão interface.



Fonte: Autora (2022).

Nesse sentido, os conhecimentos geométricos nos anos iniciais do ensino fundamental possibilitam a elaboração de representações que são facilmente interpretadas em recursos visuais para diversos conceitos relacionados a tais e conteúdos (FONSECA, *et al.*, 2009).

Acrescenta-se ainda que “o conhecimento geométrico é construído, gradativamente, com o auxílio de representações dos objetos do mundo físico oferecidas pelos modelos materiais ou por imagens gráficas” (FUNDAMENTAL, 2009, p. 143).

A interface do jogo GeometrIA é simples, instrutiva, colorida e ilustrada para facilitar a apresentação e assimilação do conteúdo. Segundo Perry *et al.* (2007), há alguns princípios da teoria de Ausubel que servem de balizas para a elaboração dos objetivos gerais e do escopo de um jogo, como por exemplo a busca de estratégias de apresentação do conteúdo, associadas com desafios interativos e orientações seguras para acesso a estímulos audiovisuais que motivam e mantem o foco da atividade do aluno em direção à busca pelo aprendizado.

No indicador “**Apresentação dos recursos tecnológicos**” foi questionado se a inteligência artificial utilizada foi um diferencial para o jogo. Todos os quatro participantes da pesquisa responderam “Concordo completamente”. Em consonância a este resultado Fava (2018) argumenta que a IA deixou de ser um sonho da ficção científica e passou a ser real estando instalada em smartphones, podendo auxiliar seu dono a tomar decisões.

Diante disso, é essencial atentar-se para um modelo educacional que acompanhe as tendências, além de preparar os professores para estarem abertos às novas tecnologias que proporcionam diferentes tipos de comunicação e interação.

Afinal, com o advento de tecnologias como internet, armazenamento em nuvem, IA e as aplicações *mobile* que apresentam o conteúdo de maneira diversificada, personalizada e interativa, as outras tecnologias como CD, DVD, tv e até mesmo os famosos programas de apresentações (*slides*) completamente centrados em conteúdos se tornaram um tanto ultrapassadas, estando cada vez mais em desuso no atual cenário educacional.

CONCLUSÃO

Entendendo que o uso de tecnologias digitais se faz necessário para uma aprendizagem mais significativa, pela acessibilidade, portabilidade, interatividade e proximidade com a realidade atual dos alunos, desenvolveu-se o jogo GeometrIA, que utiliza um modelo treinado de aprendizado de máquina para identificação de sólidos geométricos com acurácia que varia de 92 a 100%.

O GeometrIA, em sua primeira versão publicada neste trabalho, ainda apresenta suas limitações quanto aos quesitos de interação, personalização e avaliação. Entretanto buscamos por meio das capacidades e avanços tecnológicos a personalização do ensino conforme a necessidade do aluno.

Entretanto, objetivou-se com sua implementação, a partir do ponto de vista de Ausubel sobre a aprendizagem significativa, contribuir com o ensino de sólidos geométricos em nível fundamental da educação básica. Foi possível compreender que o jogo GeometrIA alcança as condições necessárias para uma aprendizagem significativa, uma vez que é uma ferramenta digital com potencial significativo e pode auxiliar o professor no processo a facilitação do conhecimento em construção por meio de conteúdos visuais que se relacionam com o cotidiano do aluno.

Esta afirmação é justificada com base nos resultados obtidos na pesquisa, pois todos os professores participantes concordaram completamente quando questionados sobre a capacidade do jogo em motivar e despertar mais disposição para aprender assuntos de Geometria. Estes também concordaram sobre outros aspectos do jogo como “Adequação da linguagem”, “clareza dos objetivos” e “correção do conteúdo” que também contribuem para efetivação do papel do professor na facilitação da aprendizagem significativa

Outro ponto positivo revelado nos resultados da pesquisa, foi a boa aceitação do jogo pelos professores, pois todos concordaram completamente quando questionados se utilizariam o GeometrIA em situações de ensino como estudo dirigido, atividades remotas, atividades extraclasse, dinâmicas e outros.

Como trabalho futuro, pretende-se aprimorar a rede neural utilizando uma técnica de esqueletização de imagem para extrair a representação da topologia do sólido geométrico e assim realizar um novo treinamento a fim de melhorar o reconhecimento do sólido e possibilitar uma melhor interação com o usuário.

Por fim, frisamos aqui, que o GeometrIA não tem como objetivo solucionar problemas educacionais. A IA utilizada no jogo pode ajudar com problemas técnicos e contribuir para uma aprendizagem significativa, mas não pode ajudar com os problemas sociais. Portanto o GeometrIA não trará, em seu uso, respostas para problemas sociais. Sendo assim, se torna necessário primeiramente solucionar as questões sociais, para que esta tecnologia seja mais eficiente.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, David. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

BACICH, Lilian; HOLANDA, Leandro. **STEAM em sala de aula:** a aprendizagem baseada em projetos. Porto Alegre: Penso 2020.

BADIN, Enauara; BORDIGNON, Marieli; AGOSTI, Cristiano. **Inteligência artificial aplicada ao ensino de expressões algébricas**: sistema tutor inteligente PAT2Math. Unoesc & Ciência-ACET, v. 8, n. 1, p. 61-68, 2017. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/235124604.pdf>

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, LDA, 2011.

BIASOTTO, Leonardo Caumo; FIM, Camila Faligurski; KRIPKA, Rosana Maria Luvezute. A teoria da aprendizagem significativa de David Paul Ausubel: uma alternativa didática para a educação matemática. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 83187-83201, 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase>

CIEB, CENTRO DE INOVAÇÃO PARA A EDUCAÇÃO BRASILEIRA. **Inteligência artificial na educação**. São Paulo: CIEB, 2019. E-book em pdf.

DA COSTA, Nielce Meneguelo Lobo; PRADO, Maria Elisabette Brisola Brito. A Integração das Tecnologias Digitais ao Ensino de Matemática: desafio constante no cotidiano escolar do professor. **Perspectivas da Educação Matemática**, v. 8, n. 16, 2015.

FAVA, Rui. **Trabalho, Educação e Inteligência Artificial**: a era do indivíduo versátil. Porto Alegre: Penso, 2018.

FERNANDES, Lacorderio Tavares. **Aprendizagem significativa: uma proposta de ensino e aprendizagem da geometria euclidiana espacial no ensino médio**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

FERNANDES SOBRINHO, Marcos. **Temas socio científicos no Enem e no livro didático**: limitações e potencialidades para o ensino de Física. 2016. Tese de Doutorado. UnB.

FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

FONSECA, Maria da Conceição F. R. et al. **O ensino de Geometria na escola fundamental**—Três questões para formação do professor das séries iniciais. Belo Horizonte: Autêntica, 2009.

FUNDAMENTAL, Ensino. **Coleção explorando o ensino**: Matemática. Brasília, Ministério da, 2010.

GATTI, Francielle Nogueira *et al.* **Educação básica e inteligência artificial**: perspectivas, contribuições e desafios. 2019.

GOOGLE. **Teachable Machine**. 2022. Disponível em: <https://teachablemachine.withgoogle.com/>.

HIRAI, Cíntia Yumi. **Machine Learning e ensino individualizado na Matemática: uma ferramenta para o professor.** UFSCAR. 2021.

HIRATSUKA, Paulo Isamo. O lúdico na superação de dificuldades no ensino de geometria. **Educação em Revista**, v. 7, n. 1-2, p. 55-66, 2006.

LUDERMIR, Teresa Bernarda. Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: estado atual e tendências. **Estudos Avançados**, v. 35, p. 85-94, 2021.

MARQUES, V. D., & CALDEIRA, C. R. da C. (2018). Dificuldades e carências na aprendizagem da Matemática do Ensino Fundamental e suas implicações no conhecimento da Geometria. **Revista Thema**, 15(2), 403–413. <https://doi.org/10.15536/thema.15.2018.403-413.851>

MARTINS, Carlos. **Teachable Machine facilita o machine learning nas salas de aula.** Aberto até de madrugada, Cidade, 14, dez. 2019. Disponível em: <https://abertoatedemadrugada.com/2019/12/teachable-machine-facilita-o-machine.html>. Acesso em: 10 jan. 2022.

MORAN, José Manuel. **Novas tecnologias e mediação pedagógica.** 21ª ed. São Paulo. Papirus. 2013.

MORAN, José Manuel. **Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda.** In: BACICH, L.; MORAN, J. (orgs). Metodologias ativas para uma educação inovadora: Uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

MOREIRA, Marco Antonio. A., MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel.** 2ª ed. São Paulo: Centauro, 2006.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** Moraes. 1982.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.

ORANGE, CBGPR; DE SANTANA, A. L. L. S. Os softwares como ferramenta auxiliadora no processo de ensino aprendizagem da matemática. **Universidade Federal da Paraíba- UFPB**, p. 9, 2018.

OECD. Artificial Intelligence in Society, **OECD Publishing**, Paris, 2019.

PERRY, Gabriela T. et al. Necessidades específicas do design de jogos educacionais. **SBGames 2007**, p. 7-9, 2007.

ROCHA, Julci. 2018. **O que a Inteligência Artificial pode fazer pela Educação.** Disponível em: <https://site.geekie.com.br/blog/inteligencia-artificial-educacao>.

ROGERS, C. R. **Tornar-se pessoa.** 5ª ed. São Paulo: Martins, 2001.50

SANTOS, Anderson Oramisio. Contextualização: conceitos e possibilidades de saberes no ensino de matemática nos primeiros anos do ensino fundamental. **Cadernos da FUCAMP**, v. 13, n. 18, 2014.

SASAKI, Kai. **Hands-On Machine Learning with TensorFlow.js: A Guide to Building ML Applications Integrated with Web Technology Using the TensorFlow.js Library**. Reino Unido, Packt Publishing, 2019.

SENNA, Célia Maria Piva Cabral. et al. Metodologias ativas de aprendizagem: elaboração de roteiros de estudos em “salas sem paredes”. **Metodologias ativas para uma construção inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, p. 220-237, 2018.

SILVA, Aléxya Gabriella da. **Inteligência artificial na educação básica: possíveis contribuições para a matemática**. UFFS. 2021. (Dissertação)

SOUZA, Kellcia Rezende; KERBAUY, Maria Teresa Miceli. Abordagem quanti-qualitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação. **Educação e Filosofia**, v. 31, n. 61, p. 21-44, 2017.

STAREPRAVO, Ana Ruth; GROSSO, Felipe. **Jogando com a matemática: números e operações**. Aymarã Ed., 2009.

TAJRA, Sanmya et al. **Metodologias Ativas e as Tecnologias Educacionais: Conceitos e Práticas**. Alta Books, 20

TAULLI, Tom. **Introdução à Inteligência Artificial: Uma abordagem não técnica**. Novatec. Editora, 2020.

TEIXEIRA, João. **O que é inteligência artificial**. E-Galáxia, 2019. (Livro)

TSE, Terence C. M. GOH, Mark Esposito; GOH, Danny. **A era da Inteligência Artificial: O impacto nos negócios, na educação, no lar e na sociedade**. Ubook, 2021.

TEACHABLE MACHINE, 2022. <https://teachablemachine.withgoogle.com/>

VALDATI, Aline de Brittos. **Inteligência artificial - IA [recurso eletrônico]**. Curitiba: Contentus, 2020.

VERASZTO, Estéfano Vizconde; BAIÃO, Emerson Rodrigo; SOUZA, Henderson Tavares de. **Tecnologias educacionais: aplicações e possibilidades**. Curitiba: Appris, 2019.

VICARI, Rosa Maria. **Inteligência Artificial aplicada à Educação**. In: PIMENTEL, Mariano; SAMPAIO, Fábio F. SANTOS, Edméa O. (Org.). **Informática na Educação: games, inteligência artificial, realidade virtual/aumentada e computação ubíqua**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. (Série Informática na Educação CEIE-SBC, v.7)

VILARINHO, Lúcia Regina Goulart; LEITE, Mariana Pinho. Avaliação de jogos eletrônicos para uso na prática pedagógica: ultrapassando a escolha baseada no bom senso. **RENOTE**, v. 13, n. 1, 2015.

ANEXOS

ANEXO 1 -TERMO DE COMPROMISSO

Comitê de Ética em Pesquisa

TERMO DE COMPROMISSO

Declaro para os devidos fins que cumprirei os requisitos da Resolução CNS 510/16 e suas complementares na execução da pesquisa intitulada “**Inteligência Artificial no Ensino de Geometria para alunos do Ensino Fundamental.**” Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados, sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto acima.

Altamira, 03 de março de 2022.

Assinado eletronicamente

Assinatura do pesquisador responsável

Assinado eletronicamente

Assinatura do pesquisador participante
MARCOS FERNANDES SOBRINHO

ANEXO 2 - TERMO DE CONSENTIMENTO E LIVRE ESCLARECIMENTO DO PROFESSOR



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO -
CAMPUS URUTAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA



Comitê de Ética em Pesquisa

TERMO DE CONSENTIMENTO E LIVRE ESCLARECIMENTO DO PROFESSOR

Você está sendo convidado como voluntário a participar da pesquisa intitulada de: **“Inteligência Artificial no Ensino de Geometria para alunos do Ensino Fundamental”** Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, este documento deverá ser assinado em duas vias, sendo a primeira de guarda e confidencialidade do Pesquisador (a) responsável e a segunda ficará sob sua responsabilidade para quaisquer fins.

Em caso de dúvida sobre a pesquisa e suas questões éticas, você poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável **Claudiany Calaça de Sousa** pelos telefones celulares: (63) 99995-5844, (93) 92415846 por meio de ligação ou mensagem de WhatsApp, ou através do e-mail claudiany.sousa@estudante.ifgoiano.edu.br. Em caso de dúvidas sobre a ética aplicada a pesquisa, você poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal Goiano que consiste em um colegiado interdisciplinar e independente que está vinculado à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), e tem por finalidade defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir para a realização de pesquisas dentro dos padrões éticos, situado na Rua 88, nº310, Setor Sul, CEP 74085-010, Goiânia, Goiás, pelo telefone: (62) 9 9226 3661 ou pelo e-mail: cep@ifgoiano.edu.br. Você será esclarecido (a) sobre a pesquisa em qualquer tempo e aspecto que desejar, através dos meios citados acima terá acesso ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido sempre que solicitar.

Deixamos claro que sua participação é voluntária e que você é livre para recusar-se a participar ou retirar o consentimento, ou ainda descontinuar a participação em qualquer momento se assim o preferir, sem penalização alguma ou sem prejuízo de qualquer natureza. O seu nome não será utilizado em nenhuma parte da pesquisa ou publicação que possa resultar dessa pesquisa, garantindo o seu anonimato. Tratarei sua a sua identidade com padrões profissionais de sigilo e todos os dados coletados servirão apenas para fins de pesquisa.

Esta pesquisa tem como objetivo principal contribuir com o processo ensino de geometria espacial no ensino fundamental de uma escola municipal da Região Norte do

Brasil, mediante o desenvolvimento de um jogo educacional com Inteligência Artificial. Logo, justifico a pesquisa pelas contribuições que um jogo educativo com Inteligência Artificial pode proporcionar para o ensino de conteúdos de geometria. Sendo assim, a pesquisa tem relevância para educação regional e local visto que poderá trazer contribuições para uma direção pedagógica em que os professores poderão propor atividades tecnológicas e lúdicas no ensino de geometria estabelecendo uma relação da matemática estudada na escola com o dia a dia do aluno.

Para a pesquisa e avaliação do produto educacional será necessário que você utilize o jogo educacional com os alunos em sala de aula ou em espaços pedagógicos disponíveis na escola e em seguida responda um questionário composto por 18 questões fechadas que devem ser julgadas conforme o seu grau de concordância, escolhendo uma das cinco opções descritas a seguir: Discordo Completamente; Discordo; Não concordo e nem discordo; Concordo; Concordo completamente. O questionário também contará com 2 questões abertas para sugestões e opiniões que possam contribuir para melhorar o produto.

Os riscos inerentes a esta pesquisa são mínimos, no entanto existe a possibilidade de você se sentir constrangido ou cansado ao responder o questionário, desconfortável ou incomodado ao testar o jogo, também há risco de ataques virtuais que podem comprometer a confidencialidade e integridade dos dados em função da limitação das tecnologias a serem utilizadas. Entretanto, na busca de minimizar os riscos, os dados serão exportados e armazenados em uma mídia removível (*pendrives*/HD Externo) que ficará sob minha responsabilidade, sendo excluídos das plataformas virtuais utilizadas na pesquisa. Em todas as etapas da pesquisa você será tratado com respeito e dignidade. Caso se sinta cansado ao responder os questionários ou testar o jogo você poderá realizar uma pausa para descansar e retomar quando achar conveniente ou entregar o questionário incompleto se assim desejar.

Os riscos de contaminação por COVID-19 serão mínimos visto que a coleta de dados ocorrerá por meio de um formulário eletrônico e que durante a entrega e recolhimento do TCLE serão adotadas medidas preventivas de contágio como a utilização de máscara e álcool gel. Caso você passe mal ou tenha algum problema de saúde durante o preenchimento do formulário, eu lhe acompanharei a unidade mais próxima de atendimento de Saúde do SUS e comunicarei a seus entes familiares. Durante o acompanhamento também serão adotadas às medidas preventivas de contágio.

Para participar dessa pesquisa você não receberá qualquer vantagem financeira e não terá nenhum custo de locomoção e aquisição de matérias visto que para execução da pesquisa não será necessário a compra de matérias e que a mesma ocorrerá durante o período em que o professor se encontra na escola. No entanto, caso você considere que sofreu prejuízos, danos ou despesas decorrentes desta pesquisa, poderá solicitar o ressarcimento pelo valor correspondente aos seus prejuízos nos termos da Lei. Você poderá se beneficiar da pesquisa através do produto educacional e das informações coletadas e analisadas que apontarão as contribuições de uma tecnologia com inteligência artificial para o ensino de matemática.

Após a pesquisa os dados coletados estarão sob a responsabilidade da pesquisadora e serão arquivados pelo período de cinco anos, os dados físicos serão

guardados em local seguro e após este período serão incinerados, já os dados digitais após download serão armazenados em disco rígido tendo apagados seus registros em plataforma virtual, ambiente compartilhado ou nuvem, após cinco anos serão excluídos permanentemente do disco rígido e da lixeira.

Todos os dados produzidos por esta pesquisa serão armazenados sob a responsabilidade da pesquisadora. Após análises serão tornados públicos, sendo eles positivos ou não. Os resultados da pesquisa serão disponibilizados pela pesquisadora, que os encaminharão a cada responsável da instituição participante na pesquisa. Também será informado aos participantes os resultados individuais de cada um, caso demonstrem interesse. Assume a responsabilidade sobre a autenticidade e o anonimato dos dados.

Desde já, agradecemos a atenção e a aceitação da participação e colocamo-nos à disposição para maiores informações. Ciente e de acordo com o que foi anteriormente exposto, eu _____
estou de acordo em participar da pesquisa intitulada “Inteligência Artificial no Ensino de Geometria para alunos do Ensino Fundamental” de forma livre e espontânea podendo retirar a qualquer momento meu consentimento.

Eu Claudiany Calaça de Sousa garanto o cumprimento de tudo o que foi estabelecido no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.


_____, _____ de 2022.


Assinatura do pesquisador responsável

Assinatura do participante

Fonte: Autoria própria. (2022).

ANEXO 3 – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA (PLATAFORMA BRASIL)



 [principal](#)

[Público](#)
[Pesquisador](#)
[Alterar Meus Dados](#)


 Claudiany Calaça de Sousa - Pesquisador


Cadastros
Sua sessão expira em: 3

DETALHAR PROJETO DE PESQUISA

— DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE GEOMETRIA PARA ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL.
 Pesquisador Responsável: Claudiany Calaça de Sousa
 Área Temática:
 Versão: 1
 CAAE: 57227422.0.0000.0036
 Submetido em: 26/03/2022
 Instituição Proponente: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - IFGoiano
 Situação da Versão do Projeto: Aprovado
 Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável
 Patrocinador Principal: Financiamento Próprio







Comprovante de Recepção:  PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_1894588

— DOCUMENTOS DO PROJETO DE PESQUISA


- ↳ Versão Atual Aprovada (PO) - Versão 1
 - ↳ Projeto Original (PO) - Versão 1
 - ↳ Documentos do Projeto
 - ↳ Comprovante de Recepção - Submissã
 - ↳ Folha de Rosto - Submissão 1
 - ↳ Informações Básicas do Projeto - Subm
 - ↳ Outros - Submissão 1
 - ↳ Projeto Detalhado / Brochura Investiga
 - ↳ TCLE / Termos de Assentimento / Justif
 - ↳ Apreciação 1 - Instituto Federal de Educaç
 - ↳ Projeto Completo

Tipo de Documento	Situação	Arquivo	Postagem	Ações

— LISTA DE APRECIÇÕES DO PROJETO

Apreciação ↕	Pesquisador Responsável ↕	Versão ↕	Submissão ↕	Modificação ↕	Situação ↕	Exclusiva do Centro Coord. ↕	Ações
PO	Claudiany Calaça de Sousa	1	26/03/2022	07/04/2022	Aprovado	Não	   

— HISTÓRICO DE TRÂMITES



APÊNDICES

APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS PARA AVALIAÇÃO DO JOGO GEOMETRIA (PROFESSORES PARTICIPANTES DA PESQUISA)



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO -
CAMPUS URUTAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA**



Comitê de Ética em Pesquisa

Prezado Professor(a),

Este instrumento de coleta de dados tem como objetivo avaliar o jogo Geometria desenvolvido com uma Inteligência Artificial a fim de contribuir com o processo de ensino-aprendizado de Geometria espacial para alunos do ensino fundamental. O instrumento é composto por 20 questões abertas e fechadas que devem ser julgadas conforme o seu grau de concordância. Após analisar o jogo, registre a sua opinião em cada item, escolhendo uma das cinco opções descritas a seguir:

1. Discordo Completamente
2. Discordo
3. Não concordo e nem discordo
4. Concordo
5. Concordo completamente

DIMENSÃO PEDAGÓGICA	
1. ADEQUAÇÃO DA LINGUAGEM Na sua opinião, o jogo apresenta uma linguagem adequada ao perfil público?	<input type="checkbox"/> Discordo Completamente <input type="checkbox"/> Discordo <input type="checkbox"/> Não concordo e nem discordo <input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Concordo completamente
2. ALINHAMENTO COM OS OBJETIVOS DE ENSINO O jogo se alinha com os objetivos de ensino da proposta curricular da disciplinar?	<input type="checkbox"/> Discordo Completamente <input type="checkbox"/> Discordo <input type="checkbox"/> Não concordo e nem discordo <input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Concordo completamente
3. CLAREZA DOS OBJETIVOS O jogo apresenta os seus objetivos de forma clara?	<input type="checkbox"/> Discordo Completamente <input type="checkbox"/> Discordo <input type="checkbox"/> Não concordo e nem discordo <input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Concordo completamente

<p>4. CORREÇÃO DO CONTEÚDO O jogo apresenta o conteúdo de forma correta?</p> <p>() Discordo Completamente () Discordo () Não concordo e nem discordo () Concordo () Concordo completamente</p>
<p>5. ENSINO Você utilizaria este jogo em uma situação de ensino?</p> <p>() Discordo Completamente () Discordo () Não concordo e nem discordo () Concordo () Concordo completamente</p>
<p>6. CONTRIBUIÇÕES DA TECNOLOGIA Na sua opinião, a Inteligência Artificial utilizada no jogo pode contribuir para melhor compreensão do assunto de Geometria ensinado?</p> <p>() Discordo Completamente () Discordo () Não concordo e nem discordo () Concordo () Concordo completamente</p>
<p>7. PRESENÇA DE RECURSO DE AVALIAÇÃO O jogo apresenta recursos de avaliação, seja por meio de exercícios ou situação problema?</p> <p>() Discordo Completamente () Discordo () Não concordo e nem discordo () Concordo () Concordo completamente</p>
<p>8. PERSPECTIVAS INTERDISCIPLINARES O jogo apresenta situações-problemas que oferecem perspectiva interdisciplinar, mobilizando conceitos de diferentes campos de conhecimento, de forma articulada?</p> <p>() Discordo Completamente () Discordo () Não concordo e nem discordo () Concordo () Concordo completamente</p>
DIMENSÃO EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO
<p>1. CAPACIDADE DE DESAFIAR O jogo é desafiador para o público a que se destina, considerando seu nível cognitivo e habilidade?</p> <p>() Discordo Completamente () Discordo () Não concordo e nem discordo () Concordo () Concordo completamente</p>
<p>2. CAPACIDADE DE MOTIVAR O jogo motiva os jogadores, de modo que eles se interessam em jogar, despertando mais disposição para aprender tópicos de Geometria?</p> <p>() Discordo Completamente () Discordo () Não concordo e nem discordo () Concordo () Concordo completamente</p>
<p>3. CAPACIDADE DE RETER A CONCENTRAÇÃO O jogo exige e mantém a concentração dos utilizadores?</p> <p>() Discordo Completamente () Discordo () Não concordo e nem discordo () Concordo</p>

<input type="checkbox"/> Concordo completamente
<p>4. DESENVOLVIMENTO DO JOGADOR</p> <p>O jogo apoia o desenvolvimento das habilidades dos utilizadores?</p> <p><input type="checkbox"/> Discordo Completamente <input type="checkbox"/> Discordo <input type="checkbox"/> Não concordo e nem discordo <input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Concordo completamente</p>
<p>5. INTERAÇÃO SOCIAL</p> <p>O jogo estimula a interação social, por meio da empatia, cooperação ou competição?</p> <p><input type="checkbox"/> Discordo Completamente <input type="checkbox"/> Discordo <input type="checkbox"/> Não concordo e nem discordo <input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Concordo completamente</p>
<p>6. PROMOÇÃO DA IMERSÃO</p> <p>O Jogo proporcionou maior proximidade dos assuntos ensinados de geometria, com o cotidiano?</p> <p><input type="checkbox"/> Discordo Completamente <input type="checkbox"/> Discordo <input type="checkbox"/> Não concordo e nem discordo <input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Concordo completamente</p>
<p>7. SENSAÇÃO DE CONTROLE</p> <p>O jogo dá aos educandos a sensação de controle sobre suas ações?</p> <p><input type="checkbox"/> Discordo Completamente <input type="checkbox"/> Discordo <input type="checkbox"/> Não concordo e nem discordo <input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Concordo completamente</p>
<p>8. SENSO DE REALIZAÇÃO</p> <p>O jogo faz com que os jogadores se sintam bem-sucedidos com o seu progresso ao longo das fases/etapas?</p> <p><input type="checkbox"/> Discordo Completamente <input type="checkbox"/> Discordo <input type="checkbox"/> Não concordo e nem discordo <input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Concordo completamente</p>
<p>DIMENSÃO INTERFACE</p>
<p>1. CLAREZA DAS INFORMAÇÕES VISUAIS</p> <p>O jogo possui uma apresentação visual clara, com o uso de fontes, imagens, cores e quantidade adequada de informação, por tela?</p> <p><input type="checkbox"/> Discordo Completamente <input type="checkbox"/> Discordo <input type="checkbox"/> Não concordo e nem discordo <input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Concordo completamente</p>
<p>2. APRESENTAÇÃO DE RECURSOS TECNOLÓGICOS</p> <p>A inteligência artificial utilizada foi um diferencial para o jogo?</p> <p><input type="checkbox"/> Discordo Completamente <input type="checkbox"/> Discordo <input type="checkbox"/> Não concordo e nem discordo <input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Concordo completamente</p>

Fonte: Vilarinho & Leite (2015) adaptado pela autora (2022).

Formulário disponível em: <https://forms.gle/kpwZMukWCqLsbTVk7>

APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL

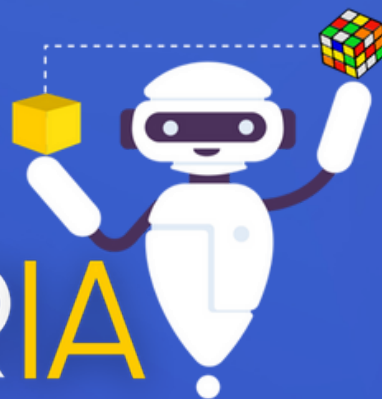
Tabela 2- Detalhes técnicos do aplicativo.

Título:	Geometria
Descrição:	O jogo tem como objetivo lúdico sortear sólidos geométricos e fazer com o jogador consiga identificar no mundo real o maior número de objetos possíveis dentro de um determinado tempo. A Rede Neural Artificial (RNA), por sua vez, tentará identificar o objeto que o jogador mostrar pontuando pontuar todas as vezes que reconhecer um objeto semelhante ao sólido sorteado na vez.
Tipo de aplicação:	AP01-Aplicativo
Campo de aplicação:	ED03-Adm/Pr Ens
Tipo de RNA:	Rede Neural Convulacional (CNN)
Número de classes	08 classes: Cilindro, Cone, Cubo, Esfera, Paralelepípedo, Pirâmide Quadrangular, Prisma Triangular e Não identificado;
Número de épocas e lotes:	Épocas: 200 Batch Size: 32 Taxa de aprendizagem: 0,001
Características do dataset:	Dataset: 3.500 imagens, coloridas (RGB) de dimensões 224 x 224 <i>pixels</i>
Acurácia:	Cilindro (97%); Cone (92%); Cubo (100%); Esfera (100%); Paralelepípedo (93%); Pirâmide Quadrangular (96%); Prisma Triangular (96%)
Tecnologias utilizadas para treinamento:	<i>Teachable Machine - Tensorflow.js</i>
Linguagens utilizadas no desenvolvimento da aplicação:	<i>JavaScript, CSS, HTML</i>
Outras tecnologias utilizadas no desenvolvimento:	<i>Gimp, Canva, Chat GPT</i>
Plataforma:	Não especificada, Multiplataforma
Requer instalação:	Não
Dependências externas:	<i>Tensorflow.js</i>
Requer conexão com internet:	Sim
Autor(es):	Claudiany Calaça (claudiany.sousa@estudante.ifgoiano.edu.br) Marcos Fernandes (marcos.fernandes@ifgoiano.edu.br) Anderson Silva (anderson.silva@ifgoiano.edu.br)
Data de publicação:	08/10/2022
Licença:	
URL jogo:	https://claudianycs.github.io/Geometria/
URL repositório:	https://github.com/ClaudianyCS/Geometria
URL RNA:	https://teachablemachine.withgoogle.com/models/GrLUNixPx/

Fonte: Autora (2023).

Jogo Educacional

GEOMETRIA!



Aprenda geometria espacial de maneira divertida! Encontre objetos no mundo real que tenha o formato de um sólido geométrico.



Acesse o jogo



Este produto educacional foi desenvolvido por **Claudiany Calaça de Sousa** durante o Mestrado Profissional de Ensino para Educação Básica (PPG EnEB) ofertado pelo Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí. Foi planejado com o objetivo de contribuir com o processo ensino-aprendizado de geometria não plana no ensino fundamental em uma escola municipal da Região Norte do Brasil, mediante o desenvolvimento de um jogo educacional com Inteligência Artificial.

MESTRADO PROFISSIONAL EM
**ENSINO PARA
EDUCAÇÃO BÁSICA**



Habilidades a serem desenvolvidas (BNCC)

- ✓ (EF03MA13) Associar figuras geométricas espaciais (cubo, bloco retangular, pirâmide, cone, cilindro e esfera) a objetos do mundo físico e nomear essas figuras.
- ✓ (EF03MA14) Descrever características de algumas figuras geométricas espaciais (prismas retos, pirâmides, cilindros, cones), relacionando-as com suas planificações.
- ✓ (EF04MA17) Associar prismas e pirâmides a suas planificações e analisar, nomear e comparar seus atributos, estabelecendo relações entre as representações planas e espaciais.
- ✓ (EF05MA16) Associar figuras espaciais a suas planificações (prismas, pirâmides, cilindros e cones) e analisar, nomear e comparar seus atributos.
- ✓ (EF05MA17) Reconhecer, nomear e comparar polígonos, considerando lados, vértices e ângulos, e desenhá-los, utilizando material de desenho ou tecnologias digitais.
- ✓ (EF06MA17) Quantificar e estabelecer relações entre o número de vértices, faces e arestas de prismas e pirâmides, em função do seu polígono da base, para resolver problemas e desenvolver a percepção espacial.
- ✓ (EF07MA21) Reconhecer e construir figuras obtidas por simetrias de translação, rotação e reflexão, usando instrumentos de desenho ou softwares de geometria dinâmica e vincular esse estudo a representações planas de obras de arte, elementos arquitetônicos, entre outros.



Instruções para uso



1

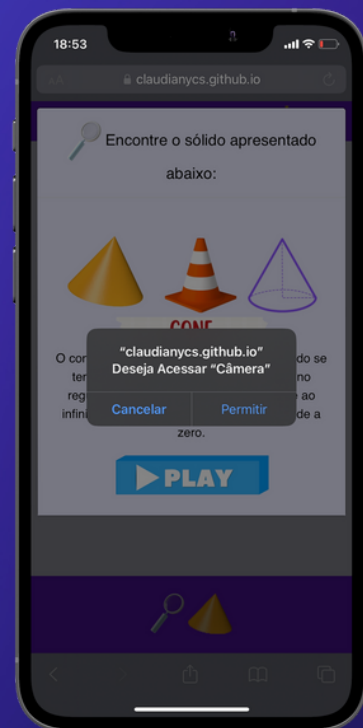
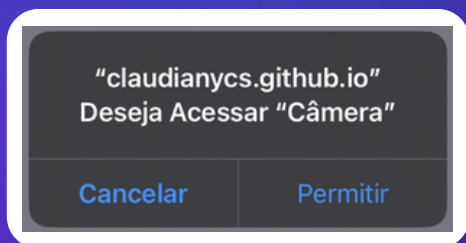
Abra o jogo pelo link disponibilizado e clique no Botão "START".

2

Aguarde a contagem regressiva de 5 segundos. Para uma melhor experiência aumente o volume.

2

Após a contagem regressiva aguarde a permissão de acesso a câmera do seu dispositivo. Este pode ser um processo lento a depender do modelo de seu dispositivo.



3

Após permitir o acesso a câmera, você visualizará o sólido geométrico que deve encontrar. Veja os exemplos e leia atentamente.

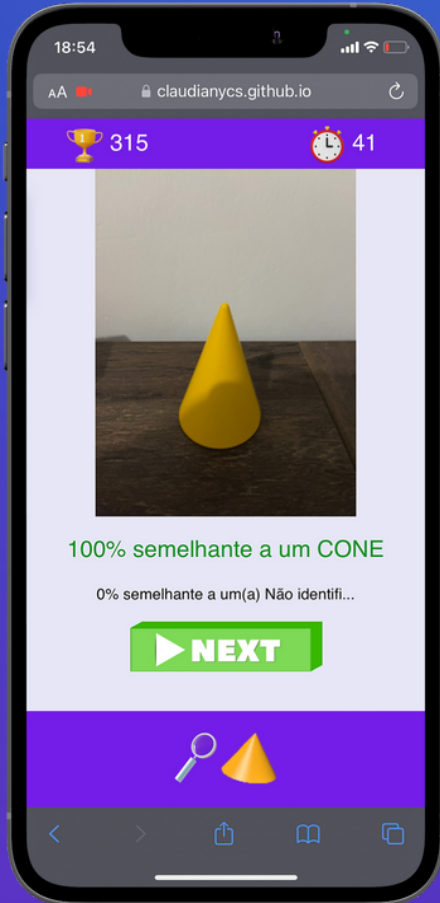


4

Após compreender qual sólido deve encontrar aperte o botão "Play" para encontrar um objeto semelhante ao sólido informado.

5

Na busca pelo sólido, tente posicionar bem a câmera para facilitar o reconhecimento do objeto, caso não reconheça tente ajustar a posição do objeto.



6

Você terá o tempo de 60s para encontrar o maior numero de objetos que conseguir, portanto assim que encontrar clique em "Next" para prosseguir.



7

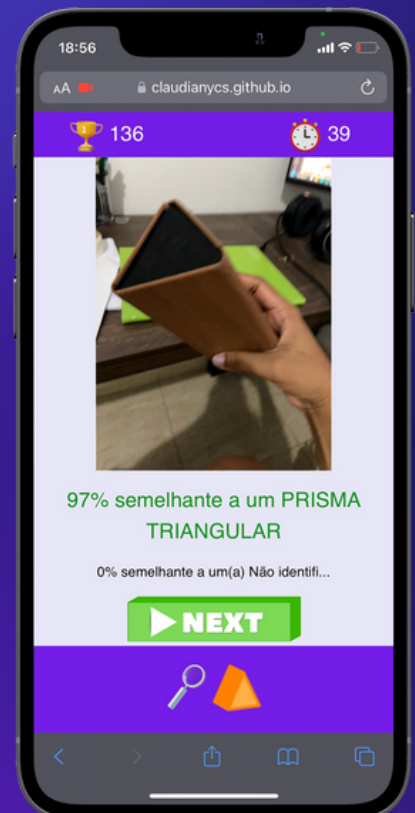
Abaixo da câmera será informado o percentual de semelhança do objeto com os sólidos geométricos.

97% semelhante a um PRISMA TRIANGULAR

0% semelhante a um(a) Não identifi...

8

Dentro do período de 60 segundo você tentará encontrar o maior número de sólidos possível.

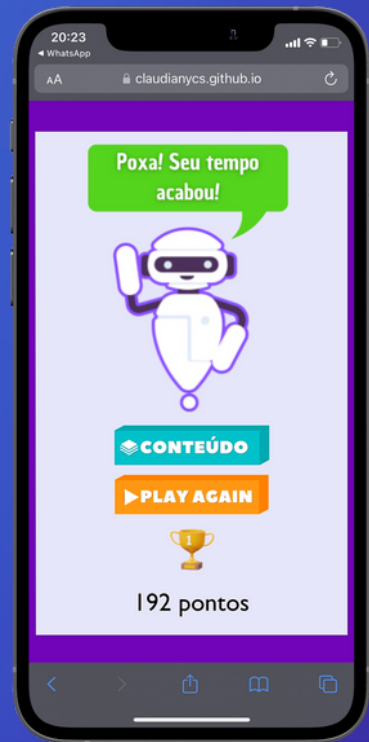


9

Caso não consiga identificar o sólido ou o tempo termine, será exibido em sua tela uma mensagem informando sua pontuação.

10

Ao final do jogo você terá duas opções sendo a primeira: jogar novamente clicando em "Play Again" e segunda de revisar o conteúdo clicando no botão "Conteúdo".



É importante lembrar que suas imagens não estão sendo salva durante o uso da aplicação!



Também é válido lembrar que esta aplicação é experimental, portanto pode apresentar algumas falhas. O modelo foi treinado com 07 classes compostas por imagens semelhantes a sólidos geométricos trabalhados em nível básico do ensino fundamental. Alimentado por Tensorflow.js e Teachable Machine by Google.



de como aplicar o Geometria em sala de aula



Dica 01

Assunto:

Figuras planas e não planas

Público alvo:

3º e 4º ano (Series iniciais)

Objetivos

- Reconhecer que os sólidos geométricos são formados pela composição de figuras planas.
- Distinguir um sólido geométrico a partir da observação das figuras planas que o formam.
- Associar figuras geométricas a suas planificações e analisar, nomear e comparar seus atributos.

Habilidades desenvolvimentos:

(EF03MA13) Associar figuras geométricas espaciais (cubo, bloco retangular, pirâmide, cone, cilindro e esfera) a objetos do mundo físico e nomear essas figuras.

(EF03MA14) Descrever características de algumas figuras geométricas espaciais (prismas retos, pirâmides, cilindros, cones), relacionando-as com suas planificações.

(EF04MA17) Associar prismas e pirâmides a suas planificações e analisar, nomear e comparar seus atributos, estabelecendo relações entre as representações planas e espaciais.

Materiais:

- Embalagens e objetos de seu dia a dia;
- Figuras geométricas planas impressas (círculo, triângulo, quadrado e retângulo);
- Smartphones com internet para utilizar o jogo Geometria;



Orientações para execução:

- Solicite aos alunos que tragam com antecedência embalagens ou objetos, em que segundo as suas percepções tenha um formato geométrica. É importante que não especifique para o aluno quais objetos e formas deve trazer, para que assim seja possível realizar hipóteses. Essa tarefa é essencial para que seja possível identificar aquilo que aluno já conhece sobre geometria;
- Prepare as figuras planas impressas em uma quantidade suficiente para dividir para a turma que será dividida em grupos.
- Divida os alunos em grupos de três, tente equilibrar os grupos com alunos que possuem e que não possuem smartphone.
- Cada grupo receberá 4 figuras planas, sendo elas: círculo, triângulo, quadrado e retângulo;
- Inicie a aula introduzindo assuntos envolvendo a geometria plana e não plana. Exemplificando o que são figuras planas e não planas.
- Proponha que os alunos façam a observação das figuras planas, levantando hipóteses sobre qual sólido pode ser formado com essas figuras, sempre socializando com a turma para que todos possam justificar suas escolhas.
- Em seguida, proporcione o momento lúdico pedindo para que os alunos utilizem o jogo Geometria para identificar se os objetos em que trouxeram se assemelham com algum sólido do jogo.
- Socialize com a turma os resultados do jogo, informando os erros, acertos e percepções.



Ao invés de solicitar embalagens e objetos do dia a dia também é possível realizar a mesma atividade com a construção de sólidos geométricos planejados pelos alunos. O tipo de material a ser utilizado fica a critério do professor.





Dica 02

Assunto:

Apresentação dos poliedros

Público alvo:

5º ano (Series iniciais)

Objetivos

- Identificar elementos de um poliedros como: arestas, vértices e faces;
- Construir poliedros através de algumas planificações;
- Identificar outros tipos de poliedros.

Habilidades desenvolvimentos:

(EF05MA16) Associar figuras espaciais a suas planificações (prismas, pirâmides, cilindros e cones) e analisar, nomear e comparar seus atributos.

(EF05MA17) Reconhecer, nomear e comparar polígonos, considerando lados, vértices e ângulos, e desenhá-los, utilizando material de desenho ou tecnologias digitais.

Materiais:

- *Smartphones*, *tablets* ou computadores com internet para utilizar o jogo Geometria;
- Palitos de dente e jujubas ou planificações de sólidos geométricos próprios para montagem;

Orientações para execução:

- Distribua o material para os alunos;
- Inicie a aula introduzindo assuntos envolvendo a geometria espacial. Exemplificando o que são corpos redondos e poliedros.
- Para isso, você pode utilizar o conteúdo disponível na seção de “Conteúdo” do jogo Geometria;
- Oriente os alunos a construírem alguns sólidos geométricos como o cubo, paralelepípedo, o prisma e a pirâmide;
- Explique o conceito de vértices, arestas e faces e proponha que os alunos observem esses conceitos no sólido de jujuba construído por ele;
- Proporcione o momento lúdico pedindo para que os alunos utilizem o jogo Geometria para identificar objetos presentes em sua casa, pois por meio do jogo será possível identificar outros tipos de sólidos geométricos
- Socialize com a turma os resultados jogo, informando os erros, acertos e percepções;



Esta proposta de aula é ideal para o ensino remoto e estudo dirigido.



Dica 03

Assunto:

Geometria Espacial no cotidiano

Público alvo:

6º ano e 7º ano (Series finais)

Objetivos

- Identificar a presença da geometria em nosso dia-a-dia.
- Explorar as figuras geométricas espaciais.
- Identificar as figuras geométricas espaciais no cotidiano.
- Compreender os elementos de prismas e pirâmides (faces, arestas e vértices).
- Identificar primas e pirâmides.

Habilidades desenvolvimentos:

(EF06MA17) Quantificar e estabelecer relações entre o número de vértices, faces e arestas de prismas e pirâmides, em função do seu polígono da base, para resolver problemas e desenvolver a percepção espacial.

(EF07MA21) Reconhecer e construir figuras obtidas por simetrias de translação, rotação e reflexão, usando instrumentos de desenho ou softwares de geometria dinâmica e vincular esse estudo a representações planas de obras de arte, elementos arquitetônicos, entre outros.

Materiais:

- *Smartphones*, tablets ou computadores com internet para utilizar o jogo Geometria;
- Imagens de obras de arte que sejam possível observar formas geométricas;

Orientações para execução:

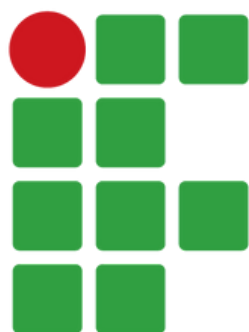
- Leve os alunos para um espaço diferente da sala de aula. Pode ser a quadra, o pátio da escola, um museu, sala de informática ou uma praça. Dê preferência a locais que tenha conexão com a internet.
- Faça um círculo no local escolhido e introduza o assunto. Inicie apresentando situações e conversando com os alunos sobre como a geometria está presente no cotidiano;
- Peça que os alunos explorem a aba de conteúdo do jogo Geometria e explorem imagens de objetos obras de artes e arquitetônicas; Caso facilite o andamento da aula, a depender do espaço escolhido apresente as imagens aos alunos de forma impressa;

- Questione-os se conseguem dar um exemplo de obra arquitetônica de sua cidade que tenha semelhança com um sólido geométrico;
- Enfatize os elementos das figuras geométricas espaciais (faces, vértices e arestas).
- Oriente que os alunos observem o local onde estão e instigue-os a levantar características dos sólidos geométricos e dos objetos, de modo que realizem comparações percebendo, por exemplo, semelhanças e diferenças.
- Proponha que através do jogo, os alunos respondam as seguintes perguntas:



1. Quais objetos ou obra de arte/arquitetônica você conseguiu identificar no ambiente em que está?
2. Com quais sólidos geométricos estes objetos ou obra de arte/arquitetônica se assemelham?
3. Quantas faces iguais e diferentes possui estes objetos ou obra de arte/arquitetônica?

- Após a discussão das respostas, continue introduzindo o assunto. Comente também que alguns poliedros podem ser classificados em dois grupos: os prismas (que apresentam duas bases idênticas paralelas e faces laterais) e as pirâmides (que apresentam apenas uma base e faces laterais triangulares).
- Socialize com a turma os resultados do jogo, informando os erros, acertos e percepções.



**INSTITUTO
FEDERAL**

Goiano

Campus
Urutaí