

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

GUSTAVO CORRÊA DA CUNHA

**Desenvolvimento de um Curso para Aplicação de Inteligência Artificial
Generativa no Campo das Artes Visuais no Ensino Médio**

Florianópolis - SC

2023/2

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA
CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

**Desenvolvimento de um Curso para Aplicação de Inteligência Artificial
Generativa no Campo das Artes Visuais no Ensino Médio**

GUSTAVO CORRÊA DA CUNHA

Trabalho de conclusão de curso de graduação em Ciências da Computação, do Departamento de Informática e Estatística, do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências da Computação.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a rer. nat. Christiane Gresse von Wangenheim, PMP.

Florianópolis - SC
2023/2

Gustavo Corrêa da Cunha

**Desenvolvimento de um Curso para Aplicação de Inteligência Artificial
Generativa no Campo das Artes Visuais no Ensino Médio**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Departamento de Informática e Estatística da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Bacharelado em Ciências da Computação.

Orientadora:

Prof.^a Dr.^a rer. nat. Christiane Gresse von Wangenheim, PMP
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Elder Rizzon Santos
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Me. Ramon Mayor Martins
Instituto Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda força e graça.

A intercessão da Virgem Maria.

A minha família, pelo apoio e incentivo.

A orientadora, professora Christiane, por todo o auxílio durante a elaboração deste trabalho.

Aos membros da banca, professores Elder e Ramon, por suas contribuições para este projeto.

A todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Contextualização	11
1.2 Objetivos	13
1.3 Metodologia de Pesquisa e Trabalho	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 Artes Visuais	16
2.2 Deep Learning	19
2.2.1 Redes Neurais Artificiais	20
2.3 Técnicas de Deep Learning	21
2.3.1 Redes Neurais Convolucionais	21
2.3.2 Neural Style Transfer	22
2.3.3 Generative Adversarial Networks (GAN)	23
2.3.4 Modelos de Difusão	24
2.4 Aplicações de Deep Learning de Artes Visuais	26
3. ANÁLISE DE CONTEXTO	31
3.1 Contexto em termos de necessidades e objetivos de aprendizagem	31
3.1.1 Ensino de Artes Visuais no Ensino Médio	33
3.1.2 Ensino de Inteligência Artificial no Ensino Médio	36
3.2 Análise de Contexto do Público Alvo	41
3.2.1 Aprendizes	41
3.2.2 Instrutores	42
3.2.3 Ambiente	43
4 ESTADO DA ARTE	45
4.1 Definição do Protocolo de Revisão	45
4.2 Execução da Busca	47
4.3 Análise dos Resultados	48
4.4 Discussão	56
5 CURSO - Explorando as Artes Visuais com IA Generativa	58
5.1 Objetivos de Aprendizagem	58
5.2 Design do Curso	58
5.3 Material Didático	63
6 CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS	71

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Desenhos: Estudo para a Primeira Missa no Brasil, de Victor Meirelles (Museu Victor Meirelles) e Doodle gerado com o Google AutoDraw (Google AutoDraw).
- Figura 2.** Pintura Primeira Missa no Brasil, de Victor Meirelles (Museu Nacional de Belas Artes).
- Figura 3.** Escultura Cristo e a Mulher Adúltera, de Rodolfo Bernardelli (Museu Nacional de Belas Artes).
- Figura 4.** Fotografia de uma mulher jogando xadrez contra uma máquina, por Pavel Danilyuk (Pexels, 2021).
- Figura 5.** O Deep Learning é um ramo que faz parte do Machine Learning. (Adaptado a partir de Goodfellow et al., 2016).
- Figura 6.** Rede Neural Artificial Profunda (adaptado a partir de Goodfellow et al., 2016).
- Figura 7.** Modelo matemático de neurônio de McCulloch e Pitts (adaptado a partir de Russel; Norvig, 2013).
- Figura 8.** Exemplo de arquitetura de uma Rede Neural Convolutacional (adaptado de Albawi et al., 2017).
- Figura 9.** Representação simplificada da arquitetura de Style Transfer (adaptado a partir de Jing et al., 2020).
- Figura 10.** Exemplo de Transferência de estilo. Imagem original da Catedral Metropolitana de Florianópolis, por Brunno Campos (Pexels, 2020).
- Figura 11.** Interação dos elementos de uma GAN (adaptado a partir de Google, 2023).
- Figura 12.** Representação da arquitetura de uma GAN (adaptado a partir de Goodfellow et al., 2014).
- Figura 13.** Processos do modelo de Difusão (adaptado a partir de Dickstein et al., 2015).
- Figura 14.** 5 Grande Ideias em Inteligência Artificial. AI4K12 (2019).
- Figura 15.** Número de concluintes de cursos de graduação para cada 10.000 habitantes, segundo a Área Geral do Curso (Adaptado a partir de INEP, 2021).
- Figura 16.** Porcentagem de escolas de Educação Básica que não possuem acesso à internet por área de localização (Adaptado a partir de ANATEL, 2022).
- Figura 17.** Equipamentos mais utilizados pelos estudantes brasileiros para acessar a internet (Adaptado a partir de IBGE, 2021).
- Figura 18.** Influência da Pandemia de COVID-19 no desenvolvimento das Unidades Instrucionais.
- Figura 19.** Abordagens de Deep Learning presentes nas Unidades Instrucionais identificadas.
- Figura 20.** Critérios de avaliação das Unidades Instrucionais.
- Figura 21.** Exemplos de cenas do vídeo sobre aprendizado de máquina.
- Figura 22.** Exemplos de cenas do vídeo sobre redes neurais artificiais.
- Figura 23.** Exemplos de cenas do vídeo sobre transferência de estilo.

- Figura 24.** Exemplos de cenas do vídeo sobre modelos de difusão.
- Figura 25.** Exemplos de cenas mostrando imagens geradas com Inteligência Artificial.
- Figura 26.** Exemplo de uma descrição de atividade.
- Figura 27.** Exemplo da ferramenta AutoDraw.
- Figura 28.** Exemplo de questão de arrastar e soltar.
- Figura 29.** Exemplo de questão de múltipla escolha.
- Figura 30.** Curso na plataforma Moodle UFSC.
- Figura 31.** Ementa do curso no site da iniciativa Computação na Escola.
- Figura 32.** Exemplo de atividade do curso no site da iniciativa Computação na Escola.
- Figura 33.** Exemplo de aula do curso no site da iniciativa Computação na Escola.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação das aplicações de acordo com a atividade relacionada às Artes Visuais (Adaptado a partir de Santos et al., 2021).

Tabela 2. Exemplos de aplicações de Deep Learning de Artes Visuais voltados à geração e edição de imagens.

Tabela 3. Habilidades sobre Artes Visuais (adaptado a partir de BNCC, 2017).

Tabela 4. Objetivos de aprendizagem da parte 1: Natureza de Aprendizagem. AI4K12 (2019).

Tabela 5. Objetivos de aprendizagem da parte 2: Redes Neurais. AI4K12 (2019).

Tabela 6. Objetivos de aprendizagem da parte 3: Conjuntos de Dados. AI4K12 (2019).

Tabela 7. String de busca para cada fonte.

Tabela 8. Número de artigos identificados por repositório e por fase de seleção.

Tabela 9. Unidades Instrucionais de ensino de Inteligência Artificial aplicada às Artes Visuais.

Tabela 10. Análise do conteúdo das Unidades Instrucionais.

Tabela 11. Características das Unidades Instrucionais.

Tabela 12. Objetivos de aprendizagem do curso proposto.

Tabela 13. Ferramentas usadas no curso.

Tabela 14. Plano de ensino.

LISTA DE REDUÇÕES

ACM - *Association for Computing Machinery*

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

CNN - *Convolutional Neural Network* (Rede Neural Convolutacional)

DL - *Deep Learning* (Aprendizado Profundo)

GAN - *Generative Adversarial Network* (Rede Adversária Generativa)

IA - Inteligência Artificial

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEEE - *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos)

IFSC - Instituto Federal de Santa Catarina

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

ML - *Machine Learning* (Aprendizado de Máquina)

NI - Não informado

REF - Referência

RNN - *Recurrent Neural Network* (Rede Neural Recorrente)

SBC - Sociedade Brasileira de Computação

UI - Unidade Instrucional

VAE - *Variational Autoencoder* (Autoencoder Variacional)

RESUMO

A compreensão sobre Inteligência Artificial ganhará cada vez mais importância para as sociedades que necessitam formar jovens já na Educação Básica com os conhecimentos necessários para liderar e participar ativamente das transformações digitais. Recentemente estão surgindo iniciativas voltadas ao ensino de IA neste estágio escolar. Porém, a maioria delas aplica estes conceitos na área das ciências exatas, o que pode ser desmotivante para estudantes que tenham pouca familiaridade ou interesse nesse campo. Dentro desse contexto, pode ser benéfico ensinar conceitos de IA aplicados a áreas diferentes das ciências exatas, como artes. Assim, o presente trabalho visa capacitar os alunos do Ensino Médio a conhecer e entender conceitos relacionados a Inteligência Artificial Generativa no campo das Artes Visuais, por meio de um curso on-line. O curso é desenvolvido com base na análise do estado da arte e adotando o design instrucional, resultando na criação de um plano de ensino, do material didático e na definição da avaliação da aprendizagem dos alunos. Espera-se que assim, o presente trabalho ajude na ampliação do ensino de Inteligência Artificial no Ensino Médio no Brasil.

Palavras-chave: Computação, Programação, Inteligência Artificial, Artes Visuais, Unidade Instrucional, Ensino Médio.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A revolução digital dos últimos anos transformou completamente a sociedade, de forma que hoje vivemos na Era da Informação, cercados por sistemas cada vez mais inteligentes e que processam quantidades de informações cada vez maiores (SBC, 2017). Entre as tecnologias que se destacam, encontra-se a Inteligência Artificial, que já está integrada ao cotidiano dos seres humanos em diversos aspectos. Contudo, apesar de grande difusão, poucos indivíduos compreendem o funcionamento desta tecnologia (Marques *et al.*, 2020). Diante desse cenário, o ensino de Inteligência Artificial na Educação Básica, juntamente com as áreas clássicas do conhecimento, como matemática e literatura, tem se tornado uma questão a ser considerada (Burgsteiner *et al.*, 2016).

A Sociedade Brasileira de Computação define a Inteligência Artificial como um dos principais conceitos de computação a serem trabalhados no Ensino Médio (SBC, 2017), visto que os estudantes se encontram em um período caracterizado por maior autonomia e reflexão sobre o mundo (BNCC, 2017). O entendimento sobre Inteligência Artificial possibilita aos jovens uma compreensão melhor do que a IA pode fazer e quais as limitações desta tecnologia, além das questões éticas que envolvem o tema, como a geração de imagens falsas. O contato com essa área de conhecimento pode também encorajar estudantes a considerar carreiras nas áreas de tecnologia (Marques *et al.*, 2020), além de proporcioná-los uma capacidade muito maior de criar soluções para as mais diversas áreas do conhecimento, utilizando os recursos computacionais (SBC, 2017).

Em vários países, como China, Grã Bretanha e Estados Unidos, diversas iniciativas voltadas ao ensino de IA na Educação Básica estão sendo propagadas. No Brasil, ainda há poucas iniciativas nesse sentido (Marques *et al.*, 2020). Na Base Nacional Comum Curricular, o ensino de Inteligência Artificial é sugerido como parte flexível do currículo, além de ser abordada a necessidade de preparar os alunos para enfrentar as transformações digitais (BNCC, 2017). Em termos internacionais, a importância da IA tem impulsionado o desenvolvimento de diversas diretrizes

curriculares. Entre elas as diretrizes sendo desenvolvidas pela iniciativa AI4K12 (2019), que define 5 “Grandes Ideias” como bases para o ensino de Inteligência Artificial na Educação Básica: Percepção, Representação e Raciocínio, Aprendizado, Interação Natural e Impacto Social (AI4K12). Na parte relacionada ao aprendizado (*Big Idea 3*), são elencados quatro conceitos essenciais que os estudantes devem conhecer sobre *Machine Learning*: Definição de Aprendizado de Máquina, como os algoritmos de ML funcionam, a função do treinamento de dados e a diferença entre a fase de aprendizado e a fase de aplicação (AI4K12, 2019).

Atualmente estão surgindo diversas iniciativas de ensino de IA em uso como cursos, vídeos e demonstrações (Marques *et al.*, 2020), de forma que a maioria desses cursos aplica os conceitos de ML em áreas das ciências exatas. Contudo, de acordo com a SBC, a computação é uma área transversal, que possui relações interdisciplinares com outras áreas do conhecimento, de modo a promover a expressão de soluções e manifestações culturais de forma contextualizada e crítica (SBC, 2017).

Com o recente crescimento da aplicação de Inteligência Artificial Generativa em imagens (Cetinic *et al.*, 2021), o campo das Artes Visuais mostrou seu grande potencial interdisciplinar junto à computação. Segundo a Base Nacional Curricular Brasileira, a Arte contribui para o desenvolvimento da criatividade e atua como propulsora da ampliação do conhecimento. O ensino de Arte para o Ensino Médio no Brasil, pretende impulsionar a criação autoral e a exploração de conexões e intersecções com diversas linguagens, como tecnologias de multimídia e internet, de forma que os estudantes sejam protagonistas e façam uso de recursos tecnológicos (BNCC, 2017). Assim, visando a ampliação da participação de estudantes do Ensino Médio, que estão distantes das ciências exatas, ao campo tecnológico, as artes podem ser um caminho a ser considerado para popularizar o conhecimento de IA de forma mais ampla.

Há exemplos pontuais de iniciativas que utilizam as artes para o ensino de Inteligência Artificial. Um exemplo é uma Unidade Instrucional para o Ensino Médio com foco nas Redes Adversárias Generativas (GANs), desenvolvida por Ali *et al.* (2021a), que contempla teoria, prática e implicações éticas. O conteúdo envolve a geração de imagens e aplicações de transferência de estilo ligadas às Artes Visuais.

Uma oficina desenvolvida por Zhang *et al.* (2022), utiliza GANs aplicadas nas Artes com o objetivo de proporcionar aos estudantes um entendimento geral sobre IA e sobre os impactos sociais dessa tecnologia, bem como o impacto futuro nas carreiras e profissões. Observa-se que as iniciativas tipicamente utilizam as Redes Adversárias Generativas aplicadas às Artes somente para proporcionar um entendimento geral sobre IA, mas não como conteúdo principal de estudo. Além disso, as Unidades Instrucionais disponíveis para uso atualmente são predominantemente desenvolvidas em inglês, o que limita uma adoção mais ampla dessas unidades por países que necessitam de materiais para o ensino básico em sua língua nativa (Marques *et al.*, 2020). Ademais, nenhuma das Unidades Instrucionais já desenvolvidas possuem as diretrizes de ensino alinhadas com os tópicos de ensino de artes definidos pela BNCC. Assim, observa-se uma falta de Unidades Instrucionais para ensinar Inteligência Artificial no Ensino Médio em escolas brasileiras, aplicado na área de artes. Portanto, este trabalho visa analisar essa questão, conduzindo uma revisão da literatura das iniciativas de ensino de IA no Ensino Médio atualmente existentes, além de desenvolver um curso online com esse conteúdo.

1.2 Objetivos

Objetivo geral

O objetivo geral deste projeto é o desenvolvimento de um curso on-line para motivar e ilustrar a aplicação de Inteligência Artificial na área de Artes Visuais em escolas brasileiras em nível de Ensino Médio. O curso é alinhado aos currículos de referência do ensino de Inteligência Artificial (Touretzky *et al.*, 2019) e à BNCC (2017). O curso é projetado de forma que permita a sua adoção de forma interdisciplinar inserida em conteúdo programático de artes do Ensino Médio.

Este projeto visa o design instrucional relativo ao curso, incluindo a análise do contexto, definição dos objetivos de aprendizagem, definição da estratégia instrucional e a preparação de todos os recursos didáticos a serem utilizados durante a sua execução. Como resultado, é criado um plano de ensino, o material didático em forma de um curso on-line, como também a definição da avaliação da aprendizagem do aluno.

Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- O1. Elaborar a fundamentação teórica em relação a IA aplicado para Artes Visuais e os principais modelos de IA sendo utilizado nessa área;
- O2. Analisar o contexto referente aos alunos, ambiente e currículos de referência e definir os objetivos de aprendizagem;
- O3. Levantar o estado da arte em relação às Unidades Instrucionais semelhantes e atualizar o conteúdo com foco em estudantes do Ensino Médio.
- O4. Definir o design instrucional do curso (seleção e sequenciamento do conteúdo, estratégias de ensino, etc.);
- O5. Desenvolver o material didático para o curso on-line;

1.3 Metodologia de Pesquisa e Trabalho

A fim de alcançar os resultados esperados com este trabalho, é adotada uma combinação de metodologias de pesquisa de acordo com o respectivo objetivo a ser buscado. De acordo com os objetivos específicos do projeto, são realizadas as etapas da seguinte forma:

Etapa 1 – Fundamentação teórica: análise e síntese de conceitos básicos envolvidos no tema. São abordados conceitos de ensino de IA em artes no Ensino Médio e sobre os modelos de IA dentro dessa área. Este estudo é realizado por meio de uma análise e síntese da literatura.

Atividade 1.1: Sintetizar conceitos de aplicações de artes com IA;

Atividade 1.2: Sintetizar conceitos de modelos de IA nessa área de conhecimento.

Etapa 2 - Análise do contexto: análise do contexto da Unidade Instrucional a ser desenvolvida, identificando características e restrições em relação ao público alvo, à infraestrutura e ao contexto educacional. É seguido o modelo de design instrucional ADDIE (Branch, 2009), representando uma orientação para a construção de ferramentas eficazes de treinamento.

Atividade 2.1: Analisar o contexto em termos de necessidades e objetivos de aprendizagem alinhado às diretrizes dos currículos;

Atividade 2.2: Analisar o contexto em termos de perfil dos aprendizes e instrutores;

Atividade 2.3: Analisar o contexto em termos de ambiente em escolas brasileiras.

Etapa 3 - Levantamento do estado da arte: levantamento sobre trabalhos existentes relacionados a área do projeto. É realizado um estudo de mapeamento seguindo um processo proposto por Petersen *et al.* (2015) para identificar e analisar Unidades Instrucionais/estratégias de ensino, atualmente sendo utilizadas e voltadas ao ensino de computação em escolas.

Atividade 3.1: Definir o protocolo de revisão;

Atividade 3.2: Executar a busca;

Atividade 3.3: Extrair e analisar as informações.

Etapa 4 - Design do curso: engloba a parte de planejamento e design do curso a ser realizada. A definição do design do curso segue a metodologia de design instrucional ADDIE (Branch, 2009).

Atividade 4.1: Definir os objetivos de aprendizagem, sequenciar o conteúdo do curso e definir uma estratégia instrucional, criando o plano de ensino.

Atividade 4.2: Definir a avaliação da aprendizagem do aluno;

Etapa 5 - Desenvolvimento do curso: nesta etapa é realizado o desenvolvimento do material didático para a aplicação da Unidade Instrucional.

Atividade 5.1: Desenvolver o material de atividades on-line;

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados conceitos essenciais para a compreensão do trabalho desenvolvido. Inicia-se a fundamentação pelas Artes Visuais, seguido pelos fundamentos de *Deep Learning* e suas técnicas, explicando o funcionamento e as aplicações de cada uma. Também é realizado um levantamento de ferramentas atualmente disponíveis que aplicam os conceitos de *Machine Learning* no campo das Artes Visuais.

2.1 Artes Visuais

Ao longo da história, diversos conceitos de arte foram adotados. Grandes nomes da filosofia, como Platão e Aristóteles, além de pensadores posteriores, tentaram defini-lo (Michaellis, 2023). Contudo, muitas dessas definições são divergentes, incompletas e por vezes contraditórias, tornando o conceito de arte algo difícil de definir (Coli, 93). Apesar disso, mesmo sem uma definição clara do que seja arte, grande parte dos seres humanos são capazes de identificar obras, como pinturas e esculturas famosas, como sendo arte. Isso se deve, principalmente, pela atitude admirativa diante de tais obras. Dessa forma, podemos entender a arte como manifestações humanas diante das quais nosso sentimento é de admiração (Coli, 93).

Dentro do diverso mundo das artes, existe o campo das Artes Visuais, que abrange formas de arte como pintura, desenho, fotografia, escultura, entre outros, e que estão relacionados à estética, podendo ser definidos como expressões humanas criadas a partir de habilidades ou da imaginação (Britannica, 2023).

Desenho. As primeiras representações visuais encontradas datam do período do paleolítico e são constituídas de desenhos e pinturas de animais realizados nas superfícies rochosas de cavernas (Janson, 2009). O desenho pode ser definido como uma arte e técnica de representação gráfica, constituído de linhas ou traços, assim como de efeitos de luz, cores e sombras, de objetos, seres, ideias, sensações etc. (Michaellis, 2023).

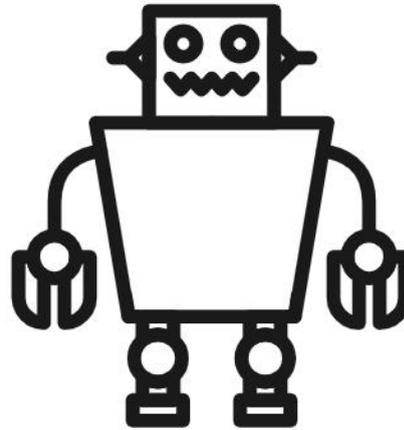


Figura 1. Desenhos: Estudo para a Primeira Missa no Brasil, de Victor Meirelles (Museu Victor Meirelles) e Doodle gerado com o Google AutoDraw (Google AutoDraw).

Pintura. A pintura, assim como o desenho, é uma arte e técnica, que consiste em usar tintas sobre uma superfície com o intuito de representar pessoas, animais, coisas, formas abstratas etc. (Michaellis, 2023).



Figura 2. Pintura Primeira Missa no Brasil, de Victor Meirelles (Museu Nacional de Belas Artes).

Escultura. Também no paleolítico são encontradas as primeiras esculturas, construídas de materiais como osso, chifre ou pedra (Janson, 2009). A escultura é definida como a Arte de criar formas plásticas, figurativas ou abstratas, modelando materiais macios ou sólidos, cinzelando a pedra ou o mármore, fundindo o metal,

talhando ou desbastando a madeira, ou mesmo com a utilização desses dois tipos de elementos e/ou os mais diversos objetos (Michaellis, 2023).



Figura 3. Escultura Cristo e a Mulher Adúltera, de Rodolfo Bernardelli (Museu Nacional de Belas Artes).

Fotografia. A fotografia é o processo de reproduzir, pela ação da luz ou de qualquer espécie de energia radiante, sobre uma superfície sensibilizada, imagens obtidas mediante uma câmara escura (Michaellis, 2023). O registro da primeira imagem fotográfica permanente é de 1822 e pertence a um inventor francês chamado Joseph Nicéphore Niépce (Janson, 2009).



Figura 4. Fotografia de uma mulher jogando xadrez contra uma máquina, por Pavel Danilyuk (Pexels, 2021).

2.2 Deep Learning

As abordagens iniciais de Inteligência Artificial tiveram sucesso em resolver problemas que podem ser descritos por uma lista de regras matemáticas formais. Contudo, o verdadeiro desafio para a Inteligência Artificial demonstrou ser resolver as tarefas que são fáceis para as pessoas realizarem, mas difíceis para as pessoas descreverem formalmente, como reconhecer rostos em imagens. O *Deep Learning* resolve esse problema ao introduzir representações que são expressas em termos de outras representações mais simples (Goodfellow *et al.*, 2016).

O *Deep Learning*, ou aprendizagem profunda, é uma técnica de *Machine Learning* que permite que os computadores aprendam por meio da experiência (Goodfellow *et al.*, 2016).

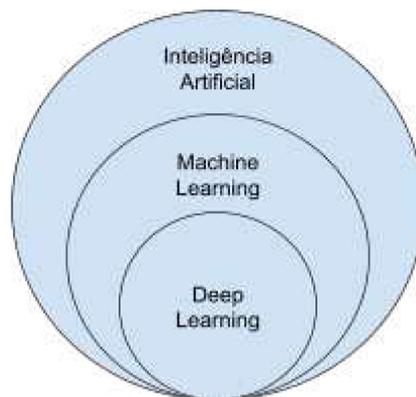


Figura 5. O *Deep Learning* é um ramo que faz parte do *Machine Learning*. (Adaptado a partir de Goodfellow *et al.*, 2016).

As técnicas de *Deep Learning* permitem a descoberta de estruturas intrincadas em grandes conjuntos de dados. As camadas do *Deep Learning* transformam a representação em um nível (começando com a entrada), em uma representação de nível mais alto. Com a composição de tais transformações, funções muito complexas podem ser aprendidas (Lecun *et al.*, 2015). Os algoritmos de *Deep Learning* utilizam redes neurais profundas, que se caracterizam por serem redes neurais com mais de uma camada oculta (Google, 2023).

2.2.1 Redes Neurais Artificiais

Acredita-se que a capacidade de processamento de informações do cérebro emerge principalmente de redes de neurônios conectados. Por essa razão, uma parte do trabalho de Inteligência Artificial teve como objetivo criar redes neurais artificiais (Russel; Norvig, 2013). Uma rede neural artificial é formada por nós ou neurônios artificiais, sendo que cada neurônio se conecta com todos os nós da próxima camada (Russel; Norvig, 2013) (Figura 6).

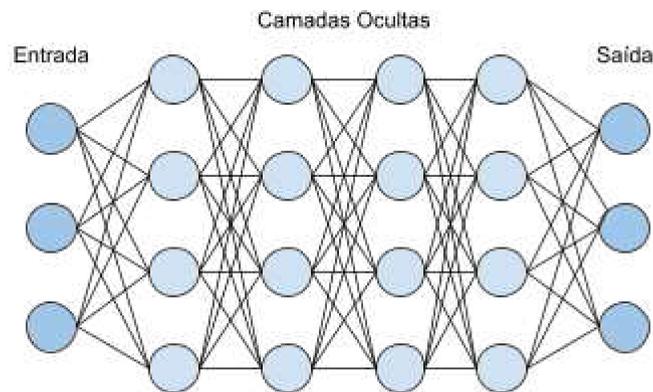


Figura 6. Rede Neural Artificial Profunda (adaptado a partir de Goodfellow et al., 2016).

Um neurônio é uma célula no cérebro cuja principal função é coletar, processar e disseminar sinais elétricos. Em um neurônio artificial, os dados são recebidos pela entrada, processados usando uma função de ativação e disseminados por meio de ligações com as camadas de neurônios seguintes. As ligações entre os neurônios possuem pesos, que determinam a força da conexão e são direcionadas, para propagar a ativação dos nós anteriores (Russel; Norvig, 2013) (Figura 7).

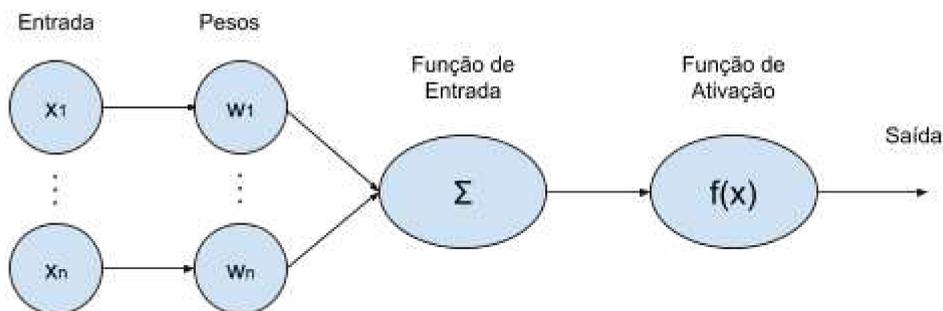


Figura 7. Modelo matemático de neurônio de McCulloch e Pitts (adaptado a partir de Russel; Norvig, 2013).

2.3 Técnicas de *Deep Learning*

Os avanços recentes em *Machine Learning* promoveram uma exploração de possíveis aplicações de IA em domínios diversos, e entre eles, está o processo de criação e compreensão da arte. Esse interesse foi significativamente acelerado com o surgimento de novas técnicas de *Deep Learning*, como o *Neural Style Transfer* e as *Generative Adversarial Networks (GANs)* (Cetinic *et al.*, 2021).

2.3.1 Redes Neurais Convolucionais

Uma das abordagens de redes neurais profundas mais populares são as Redes Neurais Convolucionais (*Convolutional Neural Networks*) (Albawi *et al.*, 2017). O nome “rede neural convolucional” indica que a rede emprega uma operação matemática chamada convolução. A convolução é um tipo especializado de operação linear. Redes convolucionais são redes neurais que usam convolução no lugar da multiplicação geral de matrizes em pelo menos uma de suas camadas (Goodfellow *et al.*, 2016).

Uma Rede Neural Convolucional tem várias camadas, incluindo a camada convolucional, camada *pooling* e camada totalmente conectada (Albawi *et al.*, 2017) (Figura 8).

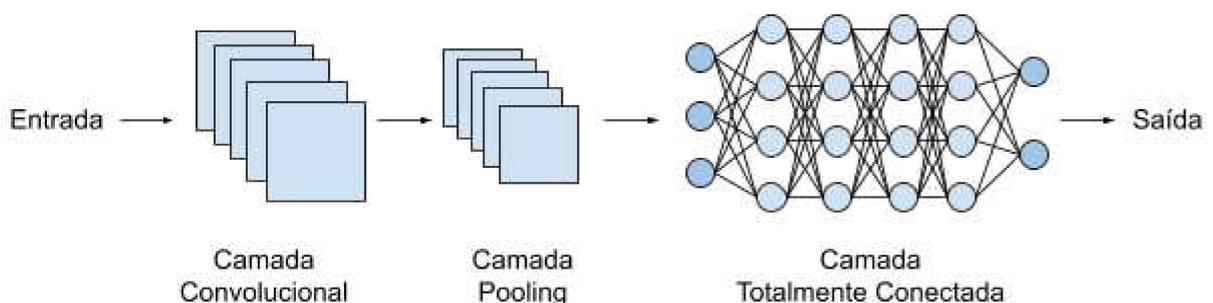


Figura 8. Exemplo de arquitetura de uma Rede Neural Convolucional (adaptado de Albawi *et al.*, 2017).

Os dados de entrada são matrizes de mais de uma dimensão, que correspondem a uma imagem. A camada de convolução realiza a extração de recursos importantes das imagens, tais como formas, linhas e bordas, enquanto a

camada de *pooling* simplifica esses recursos para a camada totalmente conectada, que fará a classificação dos dados (Goodfellow *et al.*, 2016).

As redes neurais convolucionais possuem um excelente desempenho em problemas de aprendizado de máquina que lidam com imagens, e são aplicadas em situações que envolvem, por exemplo, reconhecimento de padrões, classificação e processamento de imagens, detecção de rostos, etc. (Albawi *et al.*, 2017).

2.3.2 Neural Style Transfer

O método de *Neural Style Transfer*, ou transferência de estilo neural, foi introduzido por Gatys *et al.* (2016). A proposta dessa técnica é combinar o conteúdo de uma imagem de referência com o estilo de uma imagem artística para produzir uma nova imagem que combine as duas características (Figura 9).

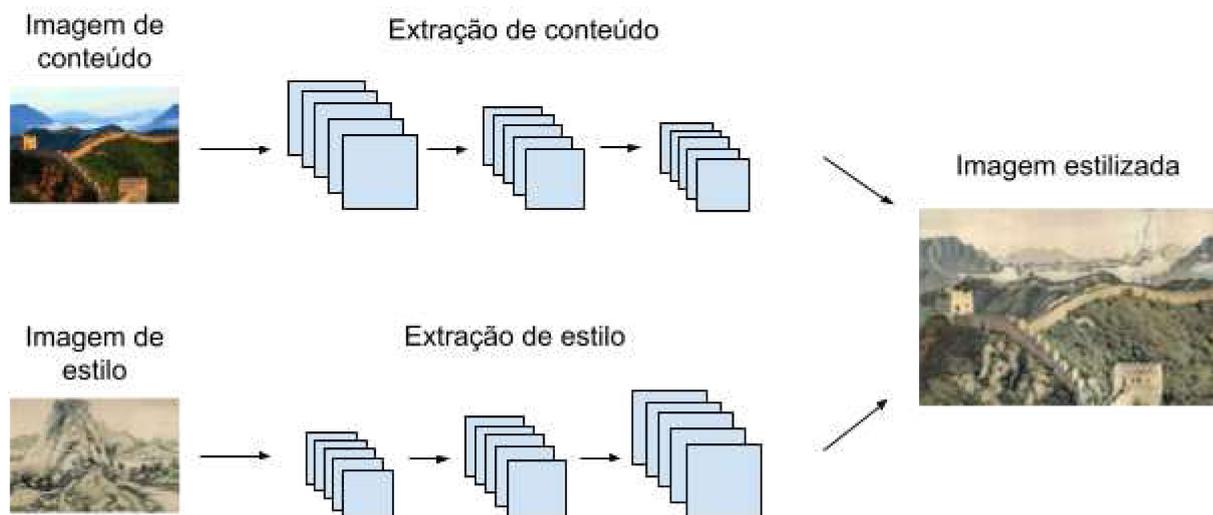


Figura 9. Representação simplificada da arquitetura de *Style Transfer* (adaptado a partir de Jing *et al.*, 2020).

Duas imagens são recebidas na entrada, uma de conteúdo e uma de estilo. Uma rede neural convolucional pré treinada é utilizada para extrair características e padrões das imagens. A partir disso, as camadas da rede são ajustadas para produzir uma imagem que concilie o conteúdo da primeira imagem com o estilo da segunda (Gatys *et al.*, 2016). Esse processo é realizado por meio de uma função de custo, que minimiza as diferenças entre o conteúdo da imagem original e conteúdo

da imagem gerada, assim como o estilo da imagem de estilo e o estilo da imagem gerada, gerando um resultado satisfatório. A Figura 10 mostra um resultado da combinação de uma imagem da Catedral Metropolitana de Florianópolis, em Santa Catarina, com o estilo da pintura O Grito, de Edvard Munch.



Figura 10. Exemplo de Transferência de estilo. Imagem original da Catedral Metropolitana de Florianópolis, por Bruno Campos (Pexels, 2020).

2.3.3 Generative Adversarial Networks (GAN)

As *Generative Adversarial Networks*, ou Redes Adversárias Generativas, foram introduzidas em 2014 por Goodfellow *et al.* e consistem em uma técnica de *Deep Learning* que consegue gerar novos conteúdos visuais. O seu mecanismo de funcionamento consiste em treinar dois modelos que são concorrentes, um é chamado de gerador e o outro de discriminador. O objetivo do gerador é, a partir de dados de entrada aleatórios, gerar novas imagens, enquanto o discriminador é treinado para classificar as imagens geradas como falsas e as imagens reais da amostra original como real (Cetinic *et al.*, 2021) (Figura 11).

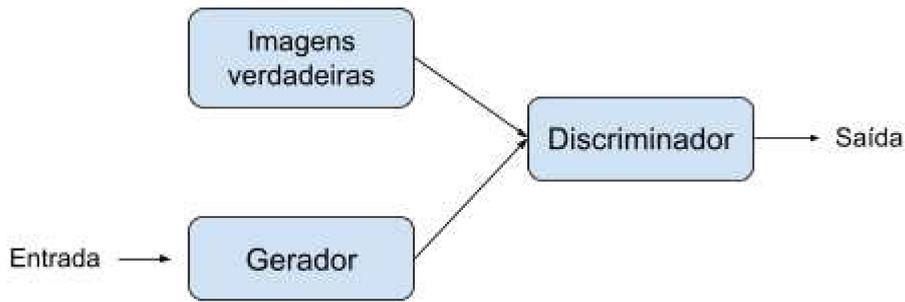


Figura 11. Interação dos elementos de uma GAN (adaptado a partir de Google, 2023).

No início do treinamento, o gerador produz dados falsos e o discriminador rapidamente entende que é falso. Contudo, conforme o treinamento progride, o gerador começa a gerar dados que enganam o discriminador, que classifica os dados gerados como verdadeiros. Como o gerador e o discriminador são redes neurais, a saída do primeiro é ligada à entrada do segundo, além disso, por meio do algoritmo de backpropagation, o gerador atualiza o valor dos pesos a partir da classificação do discriminador (Google, 2023) (Figura 12).

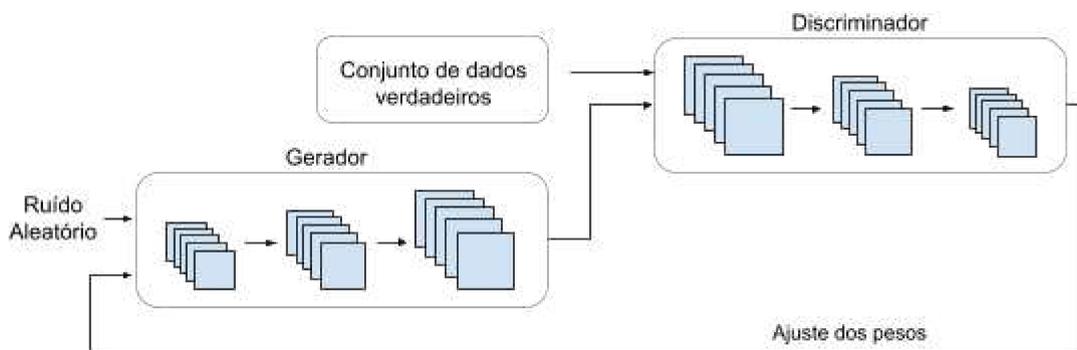


Figura 12. Representação da arquitetura de uma GAN (adaptado a partir de Goodfellow *et al.*, 2014).

As GANs possuem uma ampla gama de aplicações. Geralmente são aplicadas em processos que envolvem geração de conteúdo, tais como geração de imagens, rostos e geração de objetos 3D. Além disso, também são frequentemente aplicadas para edição e correção de imagens (Ahmad *et al.*, 2021).

2.3.4 Modelos de Difusão

Os modelos de difusão, também conhecidos como Modelos Probabilísticos de Difusão, são modelos de *Deep Learning* geradores. Essa técnica utiliza uma rede

neural previamente treinada para mapear as distribuições de probabilidade, com o objetivo de aprender uma distribuição dos dados originais de forma a gerar amostras de dados que sejam parecidas com os dados originais das imagens (Goodfellow *et al.*, 2016).

Há dois processos principais nos modelos de difusão, que são conhecidos como *Forward Pass* e *Reverse Pass*. Durante o *Forward Pass*, a imagem passa através de várias camadas da rede, onde ruído é adicionado à imagem de forma sucessiva, até que a imagem esteja completamente tomada pelo ruído. No *Reverse Pass*, a imagem incompleta gerada é reconstruída, e o processo é reverso em relação ao *Forward Pass*, ou seja, a partir da imagem incompleta, são removidos gradativamente os ruídos adicionados na imagem até que a imagem original seja recuperada. O *Reverse Pass* é um processo crítico na geração de imagens e é responsável pela qualidade da imagem final gerada. Os pesos da rede são ajustados até que se obtenha um resultado adequado (Zhang, 2023).

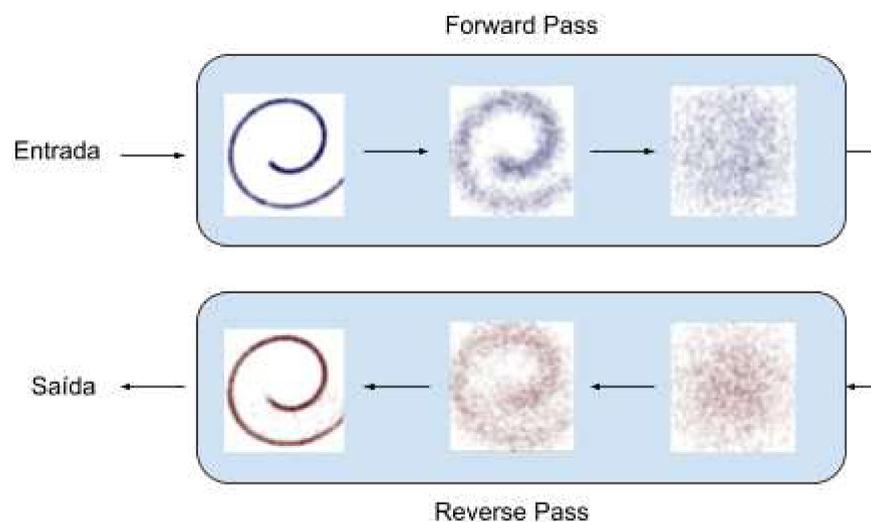


Figura 13. Processos do modelo de Difusão (adaptado a partir de Dickstein *et al.*, 2015).

Após o treinamento do modelo, ele é capaz de gerar imagens a partir de entradas que sejam somente ruído. Os modelos de difusão têm sido utilizados em diversas aplicações, como geração de imagens de alta resolução, completude de imagens incompletas, segmentação, detecção de bordas, entre outros.

2.4 Aplicações de *Deep Learning* de Artes Visuais

Devido ao potencial dos métodos de IA atualmente em criar novos artefatos gráficos, muitas aplicações baseadas nesses métodos surgiram para a área de Artes Visuais. Essas aplicações podem ser classificadas de acordo com as atividades para qual são empregadas (Santos *et al.*, 2021).

Detecção de elementos em obras de arte
Classificação baseada em estilo e/ou autoria
Classificação baseada na qualidade, complexidade e características visuais
Avaliação baseada na qualidade ou estética
Transferência de estilo
Geração ou reconstrução

Tabela 1. Classificação das aplicações de acordo com a atividade relacionada às Artes Visuais (Adaptado a partir de Santos *et al.*, 2021).

Atualmente também estão surgindo diversas ferramentas principalmente para artes generativas. A Tabela 2 apresenta algumas aplicações populares disponíveis online com algum tipo de acesso gratuito, mesmo que sejam apenas para teste, disponibilizando créditos limitados de forma gratuita. Não são incluídas outras ferramentas, como Google Imagen (Saharia *et al.*, 2022), Google Parti (Yu *et al.*, 2022), Adobe Firefly (Adobe, 2023), entre outras, que não permitem livre acesso.

Tipo da tarefa	Aplicação	Site/REF	Descrição	Tipo de arte visual/atividade	Restrições de uso	Tipo de DL
Geração de Arte	Runway	https://runwayml.com/	Uma plataforma de criação e edição de mídia.	Imagens: Expandir, colorizar, aumentar resolução, remover objetos, gerar variações, alterar fundo e text-to-image. Vídeos: Desfocar rostos, editar fundo, remover objetos, motion track de objetos, gerar legendas, gerar transcrição, slow motion e efeitos visuais.	125 créditos para utilizar na plataforma (cerca de 25 imagens geradas). Necessário cadastro.	Modelo de Difusão
Geração de Arte	Art Breeder	https://www.artbreeder.com/	Plataforma de criação de imagens	Renderiza imagens a partir de desenhos feitos pelo usuário. Permite criar rostos alterando características humanas, como idade, cabelos, etc.	Limite de 10 créditos por mês. Necessário Cadastro.	Redes Adversárias Generativas
Geração de Arte	DeepAI	https://deepai.org/	Plataforma de Criação e edição de imagens a partir de texto.	Cria e edita imagens a partir de entradas de texto. Colorização de imagens.	Não especificado. Após a geração de algumas imagens requer assinatura. Necessário Cadastro.	Redes Adversárias Generativas
Geração de Arte	Midjourney	https://www.midjourney.com/	Criação de Imagens a partir de texto.	Cria e edita imagens a partir de entradas de texto.	Limite de 25 imagens geradas gratuitas. Necessário Cadastro no aplicativo Discord.	Redes Adversárias Generativas
Geração de Arte	Stable Difusion	https://huggingface.co/spaces/stabilityai/stable-diffusion	Criação de Imagens a partir de texto.	Cria imagens a partir de entradas de texto.	Gratuito.	Modelo de Difusão
Geração de Arte	DALL-E 2	https://openai.com/product/dall-e-2	Criação e edição de imagens a partir de texto.	Cria e edita imagens a partir de entradas de texto do usuário.	15 crédito por mês. Necessário cadastro.	Modelo de Difusão
Geração de Arte	Crayon	https://www.crayon.com/	Criação de Imagens a partir	Cria imagens a partir de entradas de texto.	Gratuito.	Modelo de Difusão

			de texto.			
Geração de Arte	Lexica Art	https://lexica.art/	Criação de Imagens a partir de texto	Cria imagens a partir de entradas de texto. Mecanismo de busca de imagens geradas pela plataforma.	Gratuito. Necessário cadastro.	Modelo de Difusão
Geração de Arte	Playground AI	https://playgroundai.com/	Criação e edição de imagens a partir de texto.	Cria e edita imagens a partir de entradas de texto.	Limite de 1.000 imagens por dia. Após 50 imagens a qualidade diminui.	Modelo de Difusão
Geração de Arte	AutoDraw	https://www.autodraw.com/	Plataforma de desenhos.	Completa e incrementa os desenhos feitos pelo usuário.	Gratuito.	NI
Geração de Arte	QuickDraw	https://experiments.withgoogle.com/quick-draw	Um jogo que tenta adivinhar o desenho do usuário.	Criação de desenhos, reconhecimento de imagens.	Gratuito.	NI
Geração de Arte	Sketch-RNN	https://imgenta.tensorflow.org/assets/sketch_rnn_demo/index.html	Ensina o usuário a desenhar/completa o desenho.	Criação de desenhos.	Gratuito.	Redes Neurais Recorrentes.
Geração de Arte	Neural Style Transfer	https://huggingface.co/spaces/rmayormartins/neural-style-transfer	Transferência de Estilo.	Realiza uma transferência de estilo entre imagens enviadas pelo usuário.	Gratuito.	Redes Neurais Convolucionais
Geração de Arte	Text to Pokemon	https://replicate.com/lambdalabs/text-to-pokemon	Criação de Pokemon por texto.	Cria personagens Pokemon a partir de entradas de texto do usuário.	Gratuito.	Modelo de Difusão
Geração de Arte	Dream Studio	https://beta.dreamstudio.ai/	Criação de Imagem por texto.	Cria imagens a partir de entradas de texto.	Gratuito.	Modelo de Difusão
Geração de	Scribble	https://scribble	Criação de	Cria imagens realistas a partir de desenhos feitos pelo	Gratuito.	Modelo de Difusão

Arte	Diffusion	ediffusion.com/	imagem a partir de desenhos	usuário		
Geração de Arte	VToonify	https://huggingface.co/spaces/PKUWilliamYang/VToonify	Modifica rostos em imagens e vídeos	Modificação de rostos em imagens e vídeos a partir de um modelo selecionado pelo usuário.	Gratuito.	Redes Adversárias Generativas
Geração de Arte	AnimeGAN	https://huggingface.co/spaces/nateraw/animegan-v2-for-videos	Modifica rostos em vídeos	Modificação de rostos em vídeos carregados ou em tempo real.	Gratuito.	Redes Adversárias Generativas
Geração de Arte	Starryai	https://starryai.com/	Criação e edição de imagens a partir de texto	Cria e edita imagens a partir de entradas de texto fornecidas pelo usuário.	5 créditos gratuitos por dia (cerca de 20 imagens por dia).	Modelo de Difusão
Geração de Arte	Microsoft Designer	Microsoft Designer - Stunning designs in a flash	Criação de anúncios a partir de texto.	Cria “designs” como anúncios e postagens a partir de entradas de texto fornecidas pelo usuário. É possível inserir imagens para a criação.	Gratuito. Necessário login com conta da Microsoft.	Modelo de Difusão
Geração de Arte	HotPot	https://hotpot.ai/	Criação e edição de imagens.	Cria imagens a partir de entradas de texto. Edição de imagens.	Parcialmente gratuito. Limitações dependendo da atividade realizada.	Modelo de Difusão.
Geração de Arte	Canva	https://www.canva.com/ai-image-generator/	Criação de imagem a partir de texto	Cria imagens a partir de entradas de texto.	Limite de 100 imagens por dia. Necessário cadastro.	Modelo de Difusão
Edição de Imagem	Canva	https://www.canva.com/features/ai-photo-editing/	Edição de imagens a partir de entradas de texto.	Edição de imagens. Remove e cria novos objetos a partir de entradas de texto.	Limite de 25 usos por dia. Necessário cadastro.	Modelo de Difusão.
Edição de	Canva	https://www.canva.com/	Remoção de	Remoção de objetos da imagem, completando o	Período de testes	NI

Imagem		anva.com/features/magic-eraser/	objetos da imagem.	background.	gratuito por 30 dias. Necessário Cadastro.	
Edição de imagem	Magic Eraser	http://magiceraser.io/	Remoção de objetos da imagem.	Remoção de objetos da imagem, completando o background.	Gratuito. Download da imagem com nome da ferramenta.	Modelo de Difusão
Edição de imagem	Magic Studio	https://magicstudio.com/canvas	Troca o <i>background</i> da imagem.	Remove a adiciona novos <i>backgrounds</i> em imagens. É possível gerar <i>backgrounds</i> por texto.	Limite de 40 imagens gratuitas. Necessário cadastro.	Modelo de Difusão
Geração de Arte	Bing Image Creator	https://www.bing.com/images/create	Criação de imagem a partir de texto	Cria imagens a partir de entradas de texto.	Gratuito. Necessário conta da Microsoft.	Modelo de Difusão.

Tabela 2. Exemplos de aplicações de *Deep Learning* de Artes Visuais voltados à geração e edição de imagens.

3. ANÁLISE DE CONTEXTO

O Ensino Médio é a etapa final da Educação Básica, direito público subjetivo de todo cidadão brasileiro (BNCC, 2017). Garantir a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental é essencial nessa etapa final da Educação Básica. Além de possibilitar o prosseguimento dos estudos a todos aqueles que assim o desejarem, o Ensino Médio deve atender às necessidades de formação geral indispensáveis ao exercício da cidadania e construir “aprendizagens sintonizadas com as necessidades, as possibilidades e os interesses dos estudantes e, também, com os desafios da sociedade contemporânea” (BNCC, 2017).

3.1 Contexto em termos de necessidades e objetivos de aprendizagem

Compõem o currículo do Ensino Médio Brasileiro a Base Nacional Comum Curricular e os Itinerários Formativos, que são organizados considerando a relevância para o contexto local e a possibilidade dos sistemas de ensino. Os Itinerários Formativos podem ser estruturados com foco em uma área do conhecimento, na formação técnica e profissional ou, também, na mobilização de competências e habilidades das seguintes áreas (BNCC, 2017):

I – linguagens e suas tecnologias: aprofundamento de conhecimentos estruturantes para aplicação de diferentes linguagens em contextos sociais e de trabalho, estruturando arranjos curriculares que permitam estudos em línguas vernáculas, estrangeiras, clássicas e indígenas, Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS), das artes, design, linguagens digitais, corporeidade, artes cênicas, roteiros, produções literárias, dentre outros, considerando o contexto local e as possibilidades de oferta pelos sistemas de ensino;

II – matemática e suas tecnologias: aprofundamento de conhecimentos estruturantes para aplicação de diferentes conceitos matemáticos em contextos sociais e de trabalho, estruturando arranjos curriculares que permitam estudos em resolução de problemas e análises complexas, funcionais e não-lineares, análise de dados estatísticos e probabilidade, geometria e topologia, robótica, automação,

Inteligência Artificial, programação, jogos digitais, sistemas dinâmicos, dentre outros, considerando o contexto local e as possibilidades de oferta pelos sistemas de ensino;

III – ciências da natureza e suas tecnologias: aprofundamento de conhecimentos estruturantes para aplicação de diferentes conceitos em contextos sociais e de trabalho, organizando arranjos curriculares que permitam estudos em astronomia, metrologia, física geral, clássica, molecular, quântica e mecânica, instrumentação, ótica, acústica, química dos produtos naturais, análise de fenômenos físicos e químicos, meteorologia e climatologia, microbiologia, imunologia e parasitologia, ecologia, nutrição, zoologia, dentre outros, considerando o contexto local e as possibilidades de oferta pelos sistemas de ensino;

IV – ciências humanas e sociais aplicadas: aprofundamento de conhecimentos estruturantes para aplicação de diferentes conceitos em contextos sociais e de trabalho, estruturando arranjos curriculares que permitam estudos em relações sociais, modelos econômicos, processos políticos, pluralidade cultural, historicidade do universo, do homem e natureza, dentre outros, considerando o contexto local e as possibilidades de oferta pelos sistemas de ensino;

V – formação técnica e profissional: desenvolvimento de programas educacionais inovadores e atualizados que promovam efetivamente a qualificação profissional dos estudantes para o mundo do trabalho, objetivando sua habilitação profissional tanto para o desenvolvimento de vida e carreira quanto para adaptar-se às novas condições ocupacionais e às exigências do mundo do trabalho contemporâneo e suas contínuas transformações, em condições de competitividade, produtividade e inovação, considerando o contexto local e as possibilidades de oferta pelos sistemas de ensino.

Os itinerários devem fazer uso de metodologias que favoreçam o protagonismo dos estudantes e estar organizados em torno de um ou mais eixos estruturantes (BNCC, 2017):

- **Investigação Científica:** Aprofundar os conhecimentos nos conceitos fundamentais das ciências, aplicando-os no enfrentamento de situações cotidianas e demandas locais e coletivas;
- **Processos Criativos:** Aprofundar os conhecimentos na construção de modelos, processos e produtos que atendam a demandas para a resolução de problemas identificados na sociedade;
- **Mediação e Intervenção Sociocultural:** Mobilizar os conhecimentos de uma ou mais áreas para promover e implementar soluções para questões e problemas identificados na comunidade;
- **Empreendedorismo:** Mobilizar os conhecimentos de diversas áreas para criação de organizações que desenvolvam produtos ou prestação de serviços inovadores com o uso das tecnologias.

A formação básica do Ensino Médio, junto aos Itinerários Formativos devem garantir um diálogo constante com as realidades locais, que são diversas e que estão em constante evolução tecnológica, econômica, política e social, bem como com os cenários nacional e internacional, de forma a assegurar aos estudantes a capacidade de acompanhar e participar dos debates que a cidadania exige, entendendo e questionando os argumentos que apoiam as diferentes posições (BNCC, 2017).

3.1.1 Ensino de Artes Visuais no Ensino Médio

Para a etapa do Ensino Médio, a Base Nacional Comum Curricular da área de Linguagens e suas Tecnologias busca ampliar e fortalecer os conhecimentos previstos na BNCC do ensino fundamental nos componentes desse campo, que inclui a Arte. Além disso, a BNCC especifica que na sua formação geral básica, os currículos e as propostas pedagógicas devem contemplar diferentes áreas do conhecimento, estudos e práticas, especificando a área de Artes (BNCC, 2017):

IV - arte, especialmente em suas expressões regionais, desenvolvendo as linguagens das Artes Visuais, da dança, da música e do teatro.

Para atingir esse objetivo, a BNCC pressupõem que os estudantes desenvolvam competências e habilidades que lhes possibilitem mobilizar e articular esse conhecimento de forma simultânea em diversas dimensões socioemocionais e situações de aprendizagem que apresentem relevância para a sua formação integral (BNCC, 2017).

Sobre a área de Artes, a BNCC determina:

A Arte, enquanto área do conhecimento humano, contribui para o desenvolvimento da autonomia reflexiva, criativa e expressiva dos estudantes, por meio da conexão entre o pensamento, a sensibilidade, a intuição e a ludicidade. Ela é, também, propulsora da ampliação do conhecimento do sujeito sobre si, o outro e o mundo compartilhado. É na aprendizagem, na pesquisa e no fazer artístico que as percepções e compreensões do mundo se ampliam e se interconectam, em uma perspectiva crítica, sensível e poética em relação à vida, que permite aos sujeitos estar abertos às percepções e experiências, mediante a capacidade de imaginar e ressignificar os cotidianos e rotinas (BNCC, 2017, p. 482).

A proposta para a progressão das aprendizagens no Ensino Médio prevê o aprofundamento na pesquisa e no desenvolvimento de processos de criação autorais nas linguagens das Artes Visuais, do audiovisual, da dança, do teatro, das artes circenses e da música. Além disso, propõe que os estudantes explorem as possíveis conexões e intersecções entre essas linguagens, de modo a considerar as novas tecnologias, como internet e multimídia, e seus espaços de compartilhamento e convívio (BNCC, 2017).

Dessa forma, torna-se fundamental que os estudantes possam assumir o papel de protagonistas, tanto como apreciadores quanto como artistas, criadores e curadores. Podendo fazer uso de recursos convencionais, alternativos e digitais, em diferentes meios e tecnologias, de forma consciente, ética, crítica e autônoma, em saraus, performances, intervenções, *happenings*, produções em videoarte, animações, *web* arte e outras manifestações e/ou eventos artísticos e culturais, a ser realizados na escola e em outros locais (BNCC, 2017).

A proposta de progressão das aprendizagens no Ensino Médio prevê o aprofundamento no desenvolvimento de processos de criação autorais nas linguagens das Artes Visuais (BNCC, 2017). Dessa forma, a área de Linguagens e suas Tecnologias no Ensino Médio define uma série de competências específicas. Relacionadas a cada uma das competências, são definidas as habilidades que devem ser trabalhadas nessa etapa do ensino. A competência de número 6 aborda especificamente o campo das artes:

Competência. Apreciar esteticamente as mais diversas produções artísticas e culturais, considerando suas características locais, regionais e globais, e mobilizar seus conhecimentos sobre as linguagens artísticas para dar significado e (re)construir produções autorais individuais e coletivas, exercendo protagonismo de maneira crítica e criativa, com respeito à diversidade de saberes, identidades e culturas (BNCC, 2017).

Enfocando nessa competência, os estudantes do Ensino Médio devem aprender sobre Artes Visuais a partir do desenvolvimento das seguintes habilidades conforme apresentado na Tabela 3.

(EM13LGG601) Apropriar-se do patrimônio artístico de diferentes tempos e lugares, compreendendo a sua diversidade, bem como os processos de legitimação das manifestações artísticas na sociedade, desenvolvendo visão crítica e histórica.
(EM13LGG602) Fruir e apreciar esteticamente diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, assim como delas participar, de modo a aguçar continuamente a sensibilidade, a imaginação e a criatividade.
(EM13LGG603) Expressar-se e atuar em processos de criação autorais individuais e coletivos nas diferentes linguagens artísticas (Artes Visuais, audiovisual, dança, música e teatro) e nas intersecções entre elas, recorrendo a referências estéticas e culturais, conhecimentos de naturezas diversas (artísticos, históricos, sociais e políticos) e experiências individuais e coletivas.
(EM13LGG604) Relacionar as práticas artísticas às diferentes dimensões da vida social, cultural, política e econômica e identificar o processo de construção histórica dessas práticas.

Tabela 3. Habilidades sobre Artes Visuais (adaptado a partir de BNCC, 2017).

Dessa forma, a BNCC prevê que os estudantes do Ensino Médio tenham acesso a um conjunto de saberes e práticas que lhes permitam compreender as

Artes Visuais como meio de expressão, comunicação e interpretação, realizando produções autorais, análises e interpretações de obras de arte, além de refletir sobre o papel da arte na sociedade e no mundo contemporâneo.

3.1.2 Ensino de Inteligência Artificial no Ensino Médio

O momento atual é marcado pelo desenvolvimento tecnológico (BNCC, 2017). A computação e as tecnologias digitais estão cada vez mais presentes na vida de todos e grande parte das informações produzidas pela humanidade está armazenada digitalmente. Isso denota o quanto o mundo está sendo movido por tecnologias digitais, situação que tende a se acentuar fortemente no futuro (BNCC, 2017).

Compreendendo as transformações ocasionadas pelas tecnologias, bem como os efeitos delas na sociedade e no mercado de trabalho, a BNCC destaca as medidas que devem ser tomadas para a formação das novas gerações:

É preciso garantir aos jovens aprendizagens para atuar em uma sociedade em constante mudança, prepará-los para profissões que ainda não existem, para usar tecnologias que ainda não foram inventadas e para resolver problemas que ainda não conhecemos. Certamente, grande parte das futuras profissões envolverá, direta ou indiretamente, computação e tecnologias digitais (BNCC, 2017, p. 473).

Além disso, a preocupação com os impactos dessas transformações na sociedade está expressa já nas competências gerais para a Educação Básica, que incluem (BNCC, 2017):

- Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
- Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e

disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.

No Ensino Médio, devido a forte inserção dos jovens na cultura digital, não somente como consumidores, mas também como protagonistas, torna-se necessário a ampliação e o aprofundamento das aprendizagens nesse campo. Para essa etapa da Educação Básica, a BNCC reconhece as potencialidades das tecnologias digitais para a realização de múltiplas atividades, que se relacionam a todas as áreas do conhecimento (BNCC, 2017). Dessa, forma, são definidas habilidades e competências que permitem aos estudantes (BNCC, 2017):

- Usar diversas ferramentas de software e aplicativos para compreender e produzir conteúdos em diversas mídias, simular fenômenos e processos das diferentes áreas do conhecimento, e elaborar e explorar diversos registros de representação matemática; e
- Utilizar, propor e/ou implementar soluções (processos e produtos) envolvendo diferentes tecnologias, para identificar, analisar, modelar e solucionar problemas complexos em diversas áreas da vida cotidiana, explorando de forma efetiva o raciocínio lógico, o pensamento computacional, o espírito de investigação e a criatividade.

Em concordância com a BNCC, a Sociedade Brasileira de Computação defende que os conceitos de computação devem ser trabalhados dando ênfase a elaboração de projetos em que são aplicados os conhecimentos de diversas disciplinas, tendo em vista que a computação é transversal às outras ciências e provê habilidades para tornar as pessoas muito mais capazes de criar e inovar em todas as áreas (SBC, 2017).

A SBC entende o ensino de computação como essencial na Educação Básica e define os principais conceitos a serem trabalhados na etapa do Ensino Médio. Entre eles podemos destacar a Inteligência Artificial. Segundo a entidade, o conhecimento em Inteligência Artificial provê a base necessária para uma discussão sobre o que é o Homem e o que é a Máquina, tanto do ponto de vista físico, quanto

do ponto de vista filosófico, entendendo também as grandes questões éticas envolvidas na Inteligência Artificial (SBC, 2017).

Em relação a currículos internacionais, a iniciativa AI4K12 (2019), define 5 Grandes Ideias em Inteligência Artificial que devem ser trabalhadas na Educação Básica: Percepção, Representação e Raciocínio, Aprendizado, Interação Natural e Impacto Social.

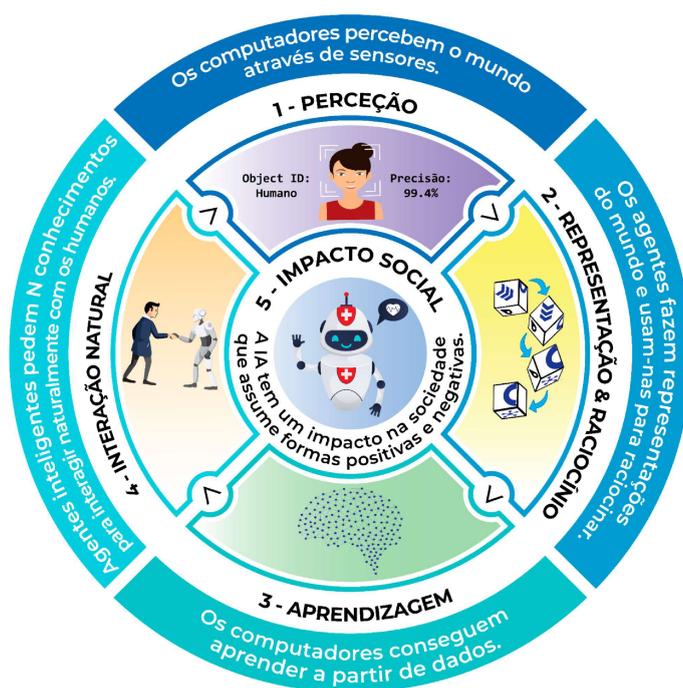


Figura 14. 5 Grande Ideias em Inteligência Artificial. AI4K12 (2019).

A Grande Ideia 3 - Aprendizado, é focada no campo de aprendizado de máquina e é dividida em três partes: Natureza de Aprendizagem, Redes Neurais e Conjuntos de Dados. Além disso, define conceitos para cada área e sugere atividades para serem realizadas pelos estudantes. As Tabela 4, 5 e 6 mostram as atividades propostas para cada etapa de ensino, agrupadas de acordo com os conceitos definidos.

Natureza de Aprendizagem

Conceito	Etapas	Objetivos de Aprendizagem
Humanos vs. Máquinas	K-2	Descrever, com exemplos, a forma como pessoas e computadores aprendem.

	3-5	Entender a diferença entre a forma como pessoas e computadores aprendem.
	6-8	Comparar as características de aprendizagem do ser humano e dos sistemas de aprendizado de máquina.
	9-12	Definir algoritmos de aprendizagem supervisionada, não supervisionada e de reforço e fornecer exemplos de aprendizados humanos que são similares a cada algoritmo.
Encontrando padrões em dados	K-2	Identificar padrões em dados rotulados e extrair informações.
	3-5	Entender como o aprendizado supervisionado identifica padrões em dados rotulados.
	6-8	Entender como o aprendizado não supervisionado identifica padrões em dados não rotulados.
	9-12	Entender como o aprendizado de máquina constrói um raciocínio para classificação ou predição ajustando os parâmetros do raciocinador (suas representações internas)
Treinando um Modelo	K-2	Demonstrar como treinar um computador para reconhecer algo.
	3-5	Treinar um modelo de classificação usando ML e analisar a precisão do modelo para novas entradas.
	6-8	Treinar e avaliar classificação ou predição usando ML com dados tabelados.
	9-12	Usar um algoritmo de aprendizado supervisionado ou não supervisionado para treinar um modelo em dados do mundo real e avaliar os resultados.
Construindo vs. Usando um raciocinador	K-2	N/A
	3-5	Demonstrar como dados de treinamento são rotulados ao usar uma ferramenta de ML.
	6-8	Explicar a diferença entre usar e treinar um raciocinador.
	9-12	Ilustrar o que acontece durante cada uma das etapas necessárias ao usar o aprendizado de máquina para construir um classificador ou preditor.
Ajustando as representações internas	K-2	N/A
	3-5	Analisar um jogo onde é construída uma árvore de decisão, descrevendo a organização da árvore e o algoritmo utilizado.
	6-8	Comparar o funcionamento de um algoritmo de aprendizagem de árvore de decisão e o funcionamento de um algoritmo de aprendizagem de rede neural.
	9-12	Descrever como vários tipos de algoritmos de aprendizado de máquina aprendem ajustando suas representações internas.
Aprendendo pela experiência	K-2	N/A
	3-5	Explicar como o aprendizado por reforço permite que um computador aprenda através da experiência (tentativa e erro).
	6-8	Explicar as diferenças entre aprendizagem supervisionada e aprendizagem por reforço.
	9-12	Selecionar o tipo apropriado de algoritmo de aprendizado de máquina (supervisionado, não supervisionado ou aprendizado por reforço) para resolver um problema de raciocínio.

Tabela 4. Objetivos de aprendizagem da parte 1: Natureza de Aprendizagem. AI4K12 (2019).

Redes Neurais

Conceito	Etapas	Objetivos de Aprendizagem
Estrutura de uma rede neural	K-2	N/A
	3-5	Ilustrar como uma rede neural de 1 a três neurônios é uma função que calcula uma saída.
	6-8	Ilustrar a estrutura de uma rede neural e descrever como suas partes formam um conjunto de funções que calculam uma saída.

	9-12	Descrever as seguintes arquiteturas de rede neural e seus usos: rede feed-forward, rede convolucional 2D, rede recorrente, rede adversária generativa.
Ajuste de pesos	K-2	N/A
	3-5	Demonstrar como os pesos são atribuídos em uma rede neural para produzir um comportamento de entrada e saída desejado.
	6-8	Demonstrar como uma regra de aprendizado pode ser usada para ajustar os pesos em uma rede neural de uma camada.
	9-12	Treinar uma rede neural multicamada usando o algoritmo de aprendizado de retropropagação e descrever como os pesos dos neurônios e as saídas das unidades ocultas mudam como resultado do aprendizado.

Tabela 5. Objetivos de aprendizagem da parte 2: Redes Neurais. AI4K12 (2019).

Conjuntos de Dados

Conceito	Etapa	Objetivos de Aprendizagem
Recursos	K-2	Criar um conjunto de dados rotulados com recursos explícitos para ilustrar como computadores podem aprender a classificar coisas como comidas, filmes ou brinquedos.
	3-5	Criar um conjunto de dados rotulados como recursos explícitos de diversos tipos e usar uma ferramenta de ML para treinar um classificador para esses dados.
	6-8	Criar um conjunto de dados para treinar um classificador ou preditor de árvore de decisão e explorar o impacto que diferentes codificações de recursos têm em uma árvore de decisão.
	9-12	Comparar dois conjuntos de dados do mundo real em termos dos recursos que eles compreendem e como esses recursos são codificados.
Grandes Conjuntos de Dados	K-2	N/A
	3-5	Ilustrar como treinar um classificador para um conceito amplo como “cão”, necessita de um grande conjunto de dados para capturar a diversidade do domínio.
	6-8	Ilustrar como objetos em uma imagem podem ser segmentados e rotulados para construir um conjunto de dados de treinamento para reconhecimento de objetos.
	9-12	Avaliar um conjunto de dados usado para treinar um sistema de IA real, considerando o tamanho do conjunto de dados, a forma como os dados foram adquiridos e rotulados, o armazenamento necessário e o tempo estimado para produzir o conjunto de dados.
Tendências (<i>Bias</i>)	K-2	Examinar um conjunto de dados rotulados e identificar problemas nos dados que podem levar um computador a fazer previsões incorretas.
	3-5	Examinar recursos e rótulos de conjuntos para detectar potenciais fontes de tendências (<i>bias</i>).
	6-8	Explicar como a escolha dos dados de treinamento molda o comportamento do classificador e como tendências podem ser introduzidas se o conjunto de dados de treinamento não estiver balanceado adequadamente.
	9-12	Investigar desequilíbrios nos dados de treinamento em termos de gênero, idade, etnia ou outras variáveis demográficas que possam resultar em um modelo tendencioso, usando uma ferramenta de visualização de dados.

Tabela 6. Objetivos de aprendizagem da parte 3: Conjuntos de Dados. AI4K12 (2019).

3.2 Análise de Contexto do Público Alvo

3.2.1 Aprendizes

O Ensino Médio é a etapa final da Educação Básica brasileira. Os estudantes desta etapa são em sua maioria jovens entre 15 e 18 anos de idade, que, obrigatoriamente, já completaram o ensino fundamental. É esperado que os alunos possuam conhecimentos de etapas anteriores da Educação Básica consolidados, como língua portuguesa, matemática, língua estrangeira, inglês ou espanhol, e demais disciplinas tradicionais do ensino fundamental (Ministério da Educação, 2017).

No ensino fundamental, o campo das Artes Visuais é definido como uma unidade temática, que possui diversas habilidades a serem desenvolvidas. Assim, de acordo com as diretrizes da BNCC para o ensino fundamental, é esperado que os estudantes do Ensino Médio possuam conhecimento na criação de Artes Visuais, através de desenhos, pintura, fotografia, escultura, recursos digitais, entre outros. Espera-se também, que os estudantes possuam olhar crítico e sensível para com as Artes Visuais, e que identifiquem diferentes movimentos e estilos de arte, bem como seus contextos históricos, contextualizando-os no tempo e no espaço (BNCC, 2017).

Com relação ao conhecimento e uso de tecnologias, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2019, 90,2% dos jovens entre 14 e 19 anos acessaram a internet. Ademais, “Navegar na Internet” é a principal atividade realizada por jovens de 15 a 19 anos durante o tempo livre, ficando à frente de atividades como “Assistir TV” e “Ouvir ou tocar música” (Nodari *et al.*, 2017), o que mostra que esse público possui familiaridade com os meios digitais.

De acordo com o Censo Escolar Covid-19 (IFSC, 2021), realizado com alunos do Ensino Médio e graduação da instituição, 75% dos entrevistados possuem ao menos um *notebook* disponível na família e 30% possuem ao menos um computador de mesa disponível para realização de atividades educacionais on-line. Além disso, quase 90% dos alunos entrevistados participaram das atividades educacionais à distância, sendo que entre os alunos que não participaram, somente 2,7% alegaram a falta de um computador disponível e 2,4%

alegaram possuir conexão fraca com a internet como justificativa. A partir desses dados, é possível inferir que a maioria dos estudantes do Ensino Médio possuem infraestrutura suficiente para a realização de atividades educacionais on-line.

3.2.2 Instrutores

A formação de professores para o ensino de computação na Educação Básica é um dos principais desafios para o Brasil. O principal curso de graduação responsável pela formação desses professores, é o curso de Licenciatura em Computação (Oliveira; Cambraia, 2020). De acordo com o Censo da Educação Superior, realizado pelo INEP (2021), o curso de Licenciatura em Computação não faz parte dos 15 cursos de Licenciatura que apresentaram os maiores números de matrículas no ano de 2021.

Ainda segundo o Censo (Figura 15), em uma análise realizada entre os anos de 2015 a 2021, o número de alunos, a cada 10.000 habitantes, que concluíram cursos nos quais a área geral é Educação, supera em até quase seis vezes o número de concluintes em cursos da área geral em Computação e Tecnologias da Informação e Comunicação.

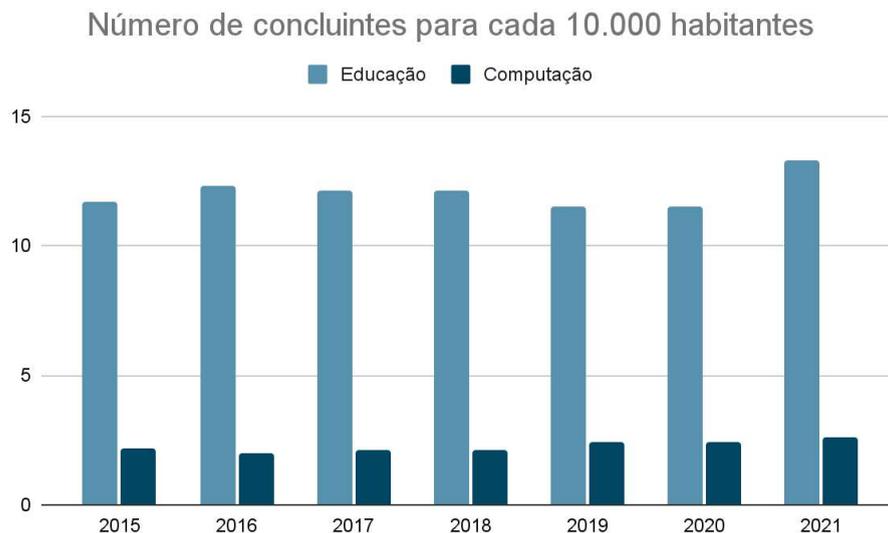


Figura 15. Número de concluintes de cursos de graduação para cada 10.000 habitantes, segundo a Área Geral do Curso (Adaptado a partir de INEP, 2021).

Em meio a esse cenário, há iniciativas que buscam capacitar professores com formações em áreas variadas, para que utilizem conceitos de computação de

forma interdisciplinar. Barbosa *et al.* (2006), sugere que sejam utilizados recursos computacionais em aulas de física no Ensino Médio, buscando aprimorar o aprendizado. Williams *et al.* (2022) buscou realizar um recrutamento de professores do da Educação Básica de diversas escolas dos Estados Unidos para capacitá-los em Computação, tornando-os aptos para utilizarem recursos computacionais durante suas aulas.

3.2.3 Ambiente

Um fator determinante para o sucesso da aplicação de um curso de Inteligência Artificial na Educação Básica é a estrutura disponibilizada pelas unidades de ensino. No Brasil, de acordo com os dados da Sinopses Estatísticas da Educação Básica realizada pelo INEP em 2022, o número de turmas de Ensino Médio é de 266.874. Ofertadas por 24.413 escolas em todo o território nacional, essas turmas possuem um número médio de 29,5 alunos (INEP, 2022). As aulas ministradas, habitualmente possuem duração de 45 minutos cada.

Segundo dados do Painel de Conectividade nas Escolas, elaborado pela ANATEL, cerca de 94% das escolas públicas de Educação Básica no Brasil possuem conectividade com a internet, embora somente cerca de 30% possuam laboratórios para ensino de informática. Entre as unidades de ensino que não possuem conectividade com a internet, a maioria está localizada em áreas rurais (Figura 16).

Localização das escolas sem acesso à internet

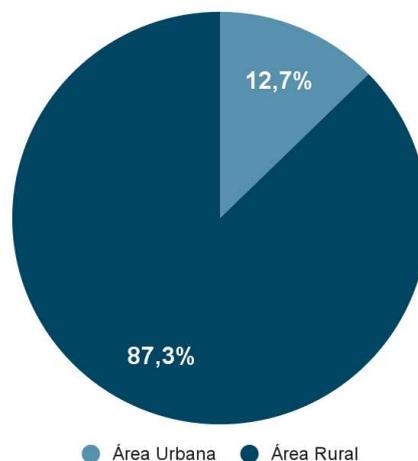


Figura 16. Porcentagem de escolas de Educação Básica que não possuem acesso à internet por área de localização (Adaptado a partir de ANATEL, 2022).

De acordo com dados do IBGE (2021), os celulares são os dispositivos mais utilizados por estudantes brasileiros para acessarem a internet, superando outros aparelhos como computadores e *tablets* (Figura 17). Assim, pode ser viável utilizar os dispositivos dos próprios estudantes em sala de aula para a realização de atividades educacionais.

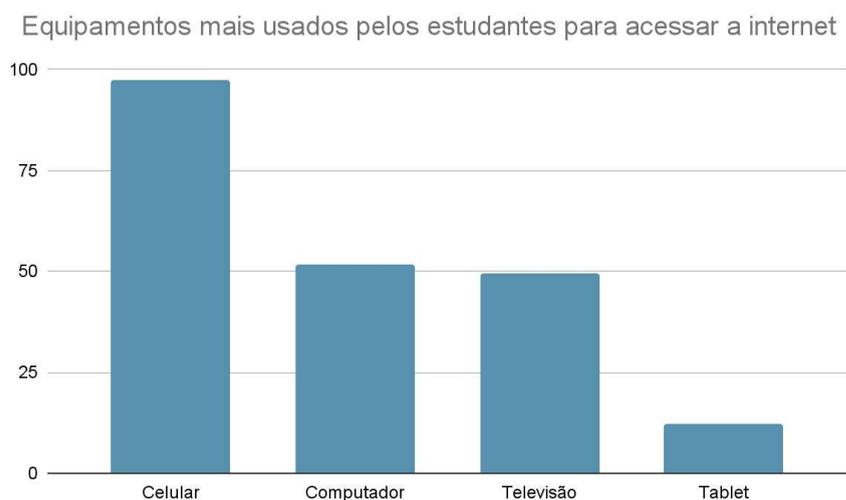


Figura 17. Equipamentos mais utilizados pelos estudantes brasileiros para acessar a internet (Adaptado a partir de IBGE, 2021).

Segundo dados do Comitê Gestor de Internet no Brasil, por meio do levantamento TIC Educação 2019, o percentual de professores que utilizam celulares para desenvolver atividades com os alunos, cresceu de 56% em 2017 para 67% em 2019, o que mostra que esse dispositivo vem ganhando espaço na educação, apesar de algumas escolas proibirem o uso em sala de aula. Algumas instituições proíbem o uso por razões de políticas internas, enquanto outras estão sujeitas a leis que não permitem a utilização.

4 ESTADO DA ARTE

Visando a análise do estado de arte em relação a Unidades Instrucionais voltadas ao ensino de Inteligência Artificial no Ensino Médio aplicada a artes, foi realizado um mapeamento sistemático seguindo os procedimentos propostos por Petersen *et al.* (2015).

4.1 Definição do Protocolo de Revisão

A pergunta de pesquisa é: Quais Unidades Instrucionais (UIs) existem para ensinar conceitos de Inteligência Artificial no contexto do Ensino Médio aplicando ML a Artes Visuais? Essa pergunta de pesquisa é refinada nas seguintes questões de análise:

AQ1. Quais UIs com esse foco existem?

AQ2. Quais conceitos de Artes Visuais são ensinados nessas UIs?

AQ2. Quais conceitos de Inteligência Artificial são ensinados nessas UIs?

AQ3. Quais são as características instrucionais dessas UIs?

AQ4. Como cada UI foi desenvolvida e como a sua qualidade foi avaliada?

Critérios de inclusão/exclusão. Foram consideradas quaisquer Unidades Instrucionais (curso, atividade, tutorial, etc.) que tivessem foco no ensino de computação, incluindo conceitos de Inteligência Artificial no Ensino Médio, aplicando conceitos na área de Artes Visuais. Foram considerados materiais e artigos publicados em inglês. Unidades Instrucionais que focam no ensino de IA para alunos do ensino superior, ensino infantil, e/ou que abordassem o ensino de computação sem aprofundar-se em conceitos de IA foram excluídas. Também foram excluídas publicações em forma de resumos, blogs, vídeos ou ferramentas que não apresentam uma Unidade Instrucional.

Critérios de qualidade. Foram considerados apenas artigos ou materiais com informações suficientes relacionadas a conceitos de IA, indicando, por exemplo, conteúdo de aulas, materiais de apoio, etc.

Fontes dos dados. Foram examinados todos os materiais e artigos disponíveis nas mais importantes bibliotecas digitais acessíveis por meio do Portal Capes, incluindo IEEE Xplore, Digital Portal ACM, Scopus. O Google e o Google

Scholar também foram incluídos, por indexar um grande conjunto de dados de diferentes fontes (Haddaway *et al.*, 2015), incluindo publicações na área de artes .

Definição da *String de Busca*. A *string de busca* foi composta de conceitos relacionados à questão de pesquisa, incluindo sinônimos.

Termo chave	Sinônimo
"Artificial Intelligence"	"Machine Learning", "Deep Learning", "Neural network", "GANs", "Generative Models"
Education	Teach*, course, mooc, learn*
"Visual arts"	Arts, media
K-12	school, teen*, kids, children

A partir disso um *string* de busca genérico é definido:

("artificial intelligence" OR "machine learning" OR "deep learning" OR "neural network" OR gans OR "generative models") AND (education OR teach* OR course OR mooc OR learn*) AND ("visual arts" OR arts OR media) AND ("k-12" OR school OR teen* OR kids OR children).

Esse *string* de busca genérico foi adaptado para cada fonte de dados apresentada na Tabela 7.

Fonte	<i>String</i> de busca
ACM	[[Abstract: "artificial intelligence"] OR [Abstract: "machine learning"] OR [Abstract: "deep learning"] OR [Abstract: "neural network"] OR [Abstract: gans] OR [Abstract: "generative models"]] AND [[Abstract: education] OR [Abstract: teach*] OR [Abstract: course] OR [Abstract: mooc] OR [Abstract: learn*]] AND [[Abstract: "visual arts"] OR [Abstract: arts] OR [Abstract: media]] AND [[Abstract: "k-12"] OR [Abstract: school] OR [Abstract: teen*] OR [Abstract: kids] OR [Abstract: children]]
IEEE	((("Abstract": "artificial intelligence") OR ("Abstract": "machine learning") OR ("Abstract": "deep learning") OR ("Abstract": "neural network") OR ("Abstract": GANS) OR ("Abstract": "Generative Models")) AND (("Abstract": education) OR ("Abstract": teach*) OR ("Abstract": course) OR ("Abstract": "mooc") OR ("Abstract": learn*)) AND (("Abstract": "visual arts") OR ("Abstract": arts) OR ("Abstract": media)) AND (("Abstract": "k-12") OR ("Abstract": school) OR ("Abstract": teen*) OR ("Abstract": kids) OR ("Abstract": Children)))
Scopus	TITLE-ABS-KEY (("artificial intelligence" OR "machine learning" OR "deep learning" OR "neural network" OR "generative model" OR gans) AND (education OR teach* OR course OR mooc OR learn*) AND (arts OR "visual arts" OR media) AND ("k-12" OR school* OR teen* OR kids OR children))
Google	("Artificial intelligence" OR GANs) AND (education OR learn) AND (arts OR media) AND ("K-12" OR Children)

Tabela 7. *String* de busca para cada fonte.

4.2 Execução da Busca

A pesquisa foi realizada em maio de 2023 pelo autor e revisada pela orientadora (Tabela 8). Após a adaptação das *strings* de busca, constatou-se que algumas pesquisas ainda resultaram em um grande número de resultados, em virtude do fato de que artigos que descrevem a aplicação da IA na educação, em diferentes contextos, compartilham os mesmos termos de busca.

Fonte	No. de resultados da busca	No. de resultados analisados	No. de resultados potencialmente relevantes	No. de resultados relevantes
ACM	40	40	4	1
IEEE	184	184	2	0
SCOPUS	1,773	400	10	4
Google	147,000	400	6	4
Total (Sem duplicatas)		1024	22	7

Tabela 8. Número de artigos identificados por repositório e por fase de seleção.

Durante a etapa inicial, foram analisados os títulos e resumos. Em plataformas de pesquisa científica, uma variedade de artigos foi descartada devido ao seu enfoque na aplicação de Inteligência Artificial no âmbito da educação, não se concentrando no ensino de IA para estudantes do ensino fundamental e médio (etapa K-12). Além disso, foram excluídos resultados da pesquisa no Google Scholar de artigos superficiais com poucas referências, bem como cursos que não estavam disponíveis gratuitamente para o público em geral. Como resultado inicial foram identificados 22 artefatos potencialmente relevantes. Posteriormente, todos os documentos foram lidos integralmente de maneira que fossem assegurados os critérios de inclusão e exclusão. Algumas UIs foram descartadas por não abordarem conteúdos de Inteligência Artificial, apesar de aplicarem conceitos de computação às Artes Visuais. Este é o caso dos programas educacionais de Yanco *et al.* (2007) e de Burhans (2017) que aplicam conceitos de robótica para ensinar computação aplicada às artes. A UI desenvolvida por Huang, Qiao (2022) foi descartada por falta de detalhes a respeito dos conteúdos abordados, visto que o objetivo final é realizar uma comparação por meio da implantação do modelo STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes, Matemática). Materiais duplicados e documentos que descrevem o mesmo projeto de UI foram unificados.

4.3 Análise dos Resultados

4.3.1 Quais UIs existem?

Foram identificadas sete UIs consideradas relevantes para o ensino de Inteligência artificial aplicadas às Artes Visuais para alunos do Ensino Médio (Tabela 9).

Referência	Nome da UI	Descrição
(Ali <i>et al.</i> , 2021a) (Ali <i>et al.</i> , 2021b)	Exploring Generative Models with Middle School Students What are GANs?: Introducing Generative Adversarial Networks to Middle School Students	Conjunto de <i>workshops</i> on-line que desenvolve uma trajetória de aprendizado sobre <i>GANs</i> .
(Ali <i>et al.</i> , 2021c)	Children as creators, thinkers and citizens in an AI-driven future	<i>Workshop</i> on-line que ensina técnicas de Inteligência Artificial generativa com foco nas implicações éticas.
(Ali <i>et al.</i> , 2023)	Constructing Dreams using Generative AI	Workshop que ensina conceitos de Inteligência Artificial generativa para geração de imagens e reflete sobre os benefícios e malefícios dessa tecnologia.
(Lyu <i>et al.</i> , 2022)	Introducing Variational Autoencoders to High School Students	Curso que utiliza um jogo e ferramentas interativas para ensinar conceitos de <i>Variational Autoencoders</i> .
(Monteith <i>et al.</i> , 2022)	Teaching Artificial Intelligence Through the Arts in Beijing Breadcrumb	Mini-curso que ensina conceitos de Inteligência Artificial aplicados no campo das artes.
(Virtue, 2021)	GANs Unplugged	Atividade em papel que ensina o funcionamento das <i>GANs</i> .
(Williams <i>et al.</i> , 2022)	AI + Ethics Curricula for Middle School Youth: Lessons Learned from Three Project-Based Curricula	Conjunto de <i>Workshops</i> on-line que combina atividades práticas e teóricas sobre Inteligência Artificial.

Tabela 9. Unidades Instrucionais de ensino de Inteligência Artificial aplicada às Artes Visuais.

Com exceção de duas UIs (Ali *et al.*, 2023) (Virtue, 2021), todas as demais foram aplicadas virtualmente, seja de forma síncrona ou assíncrona. Todas as UIs encontradas foram publicadas a partir de 2021, período que compreende a duração e o final da pandemia de COVID-19, fato esse que influenciou diretamente na forma de aplicação dessas UIs. Das sete UIs encontradas, quatro citam a influência da pandemia no desenvolvimento das atividades. Ali *et al.* (2021c) afirma que as atividades foram conduzidas de forma virtual por conta da pandemia. De forma semelhante, Lyu *et al.* (2022) relata que devido a situação de isolamento, foram necessárias adaptações nas atividades planejadas para a UI, enquanto Monteith *et al.* (2022) afirma que se não houvesse pandemia conduziria uma série de experimentos no início de cada aula. Além disso, cabe ressaltar que a pandemia

pode ter influenciado os resultados das pesquisas e o rendimento dos estudantes. William *et al.* (2022) ressalta que a pandemia estava na mente de muitos alunos.

Influência da Pandemia de COVID-19 na UIs

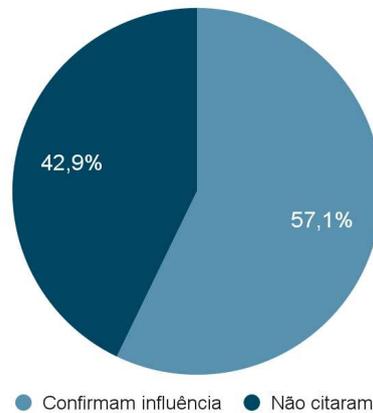


Figura 18. Influência da Pandemia de COVID-19 no desenvolvimento das Unidades Instrucionais.

4.3.2 Quais conceitos de Artes Visuais são ensinados nessas UIs?

Com exceção das Unidades Instrucionais desenvolvidas por Monteith *et al.* (2022) e Ali *et al.* (2023), em todas as outras os alunos são instigados a realizarem desenhos, seja de forma física, em papel, conforme proposto por Virtue (2021), ou de forma digital, usando aplicações web como o “Sketch RNN” (Ha; Eck, 2017), onde os estudantes desenhavam juntamente com uma rede neural, que ao longo do processo, mostra possíveis caminhos para completar o desenho do objeto escolhido. Nas UIs de Ali *et al.* (2021a) (2021b) e de Williams *et al.* (2022), os alunos converteram os desenhos realizados em artes digitais e fotografias utilizando modelos generativos.

Nas UIs de Ali *et al.* (2021a) (2021b) (2021c) e por Lyu (2022) os alunos analisam obras de Artes Visuais, como pinturas e fotografias e identificar se foram realizadas por humanos ou por modelos de Inteligência Artificial Generativa. Algumas Unidades trabalham com fotografias de rostos de pessoas geradas por Modelos de Inteligência Artificial Generativa (*Deep Fakes*), é o caso de Ali *et al.* (2021a) (2021b) (2021c) e de Williams (2022), onde os alunos são conduzidos e analisar e criar essas imagens.

A atividade de transferência de estilo, que aplica o estilo de pinturas famosas à fotografias, é realizada nas Unidades de Williams *et al.* (2022) e de Monteith *et al.* (2022). Enquanto que os autores Ali *et al.* (2023) e Monteith *et al.* (2022), propõem o uso de ferramentas que geram imagens a partir de entradas de texto do usuário, essas imagens podem ser realistas, artísticas ou harmonizar com algum outro estilo visual.

4.3.2 *Quais conceitos de Inteligência Artificial são ensinados nessas UIs?*

Todas as Unidades Instrucionais trabalham com Modelos Generativos. Seis das UIs abordam Redes Adversárias Generativas, introduzindo os fundamentos sobre o tema e conduzindo atividades interativas para que os estudantes compreendam seu funcionamento de forma prática. A UI de Lyu *et al.* (2022) é uma exceção ao introduzir o tema "Variational Autoencoders" (VAEs) para os estudantes. Foram apresentados conceitos básicos como codificador, decodificador e espaço latente, utilizando uma abordagem filosófica, onde é realizada uma comparação com o mito da Caverna de Platão para explicar o funcionamento dos VAEs. Posteriormente, os estudantes re-treinaram os modelos utilizando da plataforma Google Colab. Como resultado, é relatado que, no geral, a UI teve uma boa aceitação na aplicação, embora houvesse confusão por parte dos estudantes com os conceitos de VAEs ensinados.

Das seis Unidades Instrucionais que abordam Redes Adversárias Generativas, cinco delas utilizam ferramentas disponíveis gratuitamente na internet para a realização das atividades práticas. Entre as ferramentas mais citadas pelas UIs, que estão disponíveis *on-line* gratuitamente, destacam-se a "Sketch RNN" (Ha; Eck, 2017) , uma Rede Neural Recorrente que mostra ao usuário como completar o desenho de um determinado objeto, e o site "This Person Does Not Exist" (This Person Does Not Exist, 2019), que é capaz de gerar rostos de pessoas que não existem.

Ali *et al.* (2021a) (2021b) desenvolve uma trajetória de aprendizado sobre os modelos generativos, apresentando gradualmente os fundamentos e conceitos básicos sobre as GANs. São abordadas as aplicações práticas da tecnologia e realizadas atividades interativas com aplicações *on-line*, como "Sketch RNN". A UI

criada por Monteith *et al.* (2022) também faz uso de diversas ferramentas de Inteligência Artificial Generativa disponíveis *on-line* de forma gratuita e leva os estudantes a criarem um projeto artístico multimídia relacionado com a cultura local como trabalho final do curso. Ao final são discutidos os impactos e as aplicações práticas das GANs.

Referência	Abordagens de <i>Deep Learning</i>				Aspectos relacionados às abordagens		
	CNN	Neural Style Transfer	GANs	Outros	Fundamentos	Aplicações	Implicações éticas e sociais
(Ali <i>et al.</i> , 2021a) (Ali <i>et al.</i> , 2021b)		x	x	x	x	x	x
(Ali <i>et al.</i> , 2021c)			x		x	x	x
(Ali <i>et al.</i> , 2023)			x		x	x	x
(Lyu <i>et al.</i> , 2022)				x	x		
(Monteith <i>et al.</i> , 2022)	x	x	x		x	x	x
(Virtue, 2021)			x		x	x	x
(Williams <i>et al.</i> , 2022)			x		x	x	x

Tabela 10. Análise do conteúdo das Unidades Instrucionais.

Com foco em ferramentas generativas de texto-para-imagem, a UI de Ali *et al.* (2023) ensina os fundamentos da tecnologia e discute métodos para que os estudantes criem entradas de texto, chamadas "*prompts*", apropriadas, de forma a gerar o resultado que eles desejam. Além disso, os estudantes são instigados a pensar no futuro, criando representações artísticas sobre a forma como se vêem dentro de alguns anos.

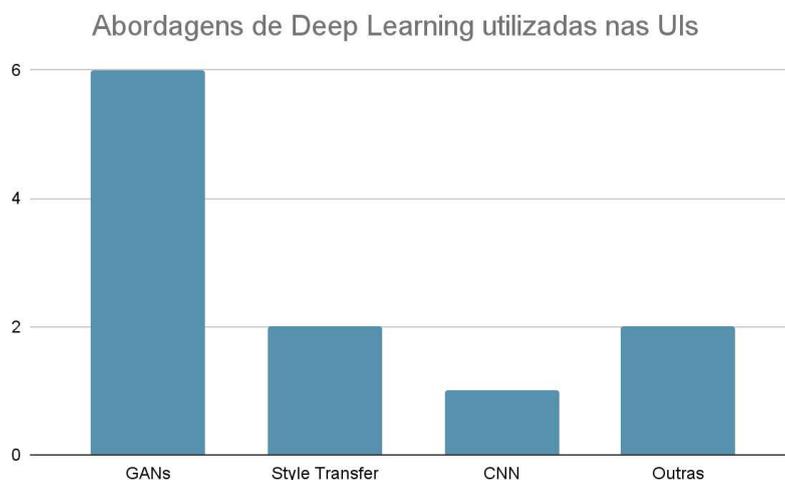


Figura 19. Abordagens de *Deep Learning* presentes nas Unidades Instrucionais identificadas.

Virtue (2021) desenvolve uma abordagem diferente das demais UIs. São apresentados conceitos básicos sobre GANs e depois é realizada uma atividade prática em papel (*unplugged*), que divide os alunos em três equipes, fazendo-os assumir a função de componentes de uma GAN: gerador, discriminador e dados verdadeiros. Dessa forma, os estudantes que representam os dados reais e o gerador fazem desenhos, enquanto os estudantes do discriminador avaliam se os dados são reais ou criados pelo gerador, fornecendo um *feedback* ao desenho. Assim, a atividade prossegue até que os estudantes do gerador aprendam a imitar os dados reais, com base nos *feedbacks*, e os estudantes do discriminador aceitem os desenhos do gerador. A avaliação da atividade foi realizada com base no sucesso do gerador em confundir o discriminador, fato que ocorreu entre 20 e 40 minutos após o início da atividade. Após o término da atividade, são realizadas discussões para analisar o progresso dos desenhos e também as implicações éticas das GANs.

Em seis das UIs, são discutidas as implicações éticas e sociais a respeito das GANs. Na UI de Ali *et al.* (2021a) (2021b) há uma grande preocupação com o assunto de *Deep Fakes*, sendo este amplamente explorado. Os estudantes recebem treinamento sobre métodos para identificarem *Deep Fakes* e realizam atividades práticas de reconhecimento destas, utilizando a aplicação web “*This Person Does Not Exist*”. Como forma de avaliação, foram realizadas perguntas a respeito do tema, antes e depois da aplicação da Unidade Instrucional, o que demonstrou que os alunos absorveram a maioria dos conceitos ensinados. A UI de Ali *et al.* (2021c) utiliza uma abordagem semelhante, concentrando-se na discussão crítica sobre suas questões sociais e éticas e incentivando os alunos a serem consumidores responsáveis e criadores da tecnologia.

Na UI de Lyu *et al.* (2022) não são abordados os aspectos éticos sobre as GANs, contudo o autor reconhece essa lacuna e cita que essa reflexão poderia ajudar os alunos a tomar decisões de forma mais consciente, guiados pela moral e pelos valores. De modo oposto, Williams *et al.* (2022) aborda de forma mais profunda as implicações éticas e sociais das aplicações das GANs, tratando de assuntos como a produção de *Fake News* e de *Deep Fakes*. A Unidade Instrucional foi desenvolvida com base em três princípios chave: Aprendizado ativo, ética integrada e baixas barreiras de acesso, visando tornar a UI mais eficaz e acessível.

Além disso, é demonstrada uma preocupação com a formação dos professores, sendo realizado um treinamento com profissionais de diversas escolas para que estivessem aptos a ministrar atividades sobre IA de forma *on-line*.

4.3.3 Quais são as características instrucionais dessas UIs?

A maioria das Unidades Instrucionais identificadas são oficinas com duração variada de uma a três horas. A Unidade desenvolvida por Ali *et al.* (2021a, 2021b), é identificada como um conjunto de oficinas, com cerca de cinco encontros que possuem de duas a três horas de duração, sendo necessários, portanto, mais de um encontro para aplicar todo o conteúdo planejado. A UI criada por Monteith *et al.* (2022), é definida como um "mini-curso", que realiza dez encontros, cada um com duas horas de duração. A única exceção é a pesquisa realizada por Virtue (2021), que pode ser realizada como uma atividade isolada. De acordo com o autor, a duração da atividade é de 20 a 40 minutos.

Todas as Unidades Instrucionais realizam atividades teóricas como forma de introduzir os conceitos aos alunos e atividades práticas para a exploração de conhecimentos pelos estudantes. Com exceção da UI de Lyu *et al.* (2022), todas as outras realizam, além das atividades teóricas e práticas, discussões sobre os resultados e aplicações práticas, bem como sobre os impactos éticos e sociais das tecnologias.

Com relação às abordagens, duas das UIs se baseiam em jogos (Ali *et al.*, 2021a) (Ali *et al.*, 2021b) (Virtue, 2021), enquanto uma utiliza uma abordagem filosófica para introduzir o tema (Lyu *et al.*, 2022). Com exceção da Unidade Instrucional de Virtue (2021), que realiza um exercício em papel, todas as outras empregam dispositivos eletrônicos para a realização das atividades práticas.

Tendo em vista que não exigem conhecimentos prévios de computação ou conhecimentos avançados em matemática dos educandos, todas as UIs podem ser consideradas como de nível iniciante. Seis UIs foram desenvolvidas especificamente para estudantes do Ensino Médio, enquanto a UI de Williams *et al.* (2022) foi aplicada com alunos das séries finais do ensino fundamental. Das Unidades Instrucionais analisadas, três delas aplicam quizzes antes, durante ou depois da realização da oficina para avaliar o aprendizado dos alunos em relação ao

tema (Ali *et al.* 2021a) (Ali *et al.* 2021b) (Ali *et al.* 2021c) (Lyu, 2022). As exceções são as atividades desenvolvidas por Virtue (2021), que utilizam como critério de avaliação o sucesso da atividade proposta aos estudantes. A UI de Monteith *et al.* (2022) avalia o projeto final desenvolvido pelos estudantes como critério de qualidade e a UI de Ali *et al.* (2023) apenas coleta os *feedbacks* dos estudantes durante a realização das atividades, sem a aplicação formal de quizzes. Enquanto duas UIs utilizam questionários para avaliar o curso ou as atividades desenvolvidas (Ali *et al.* 2021a) (Ali *et al.* 2021b) (Lyu, 2022).

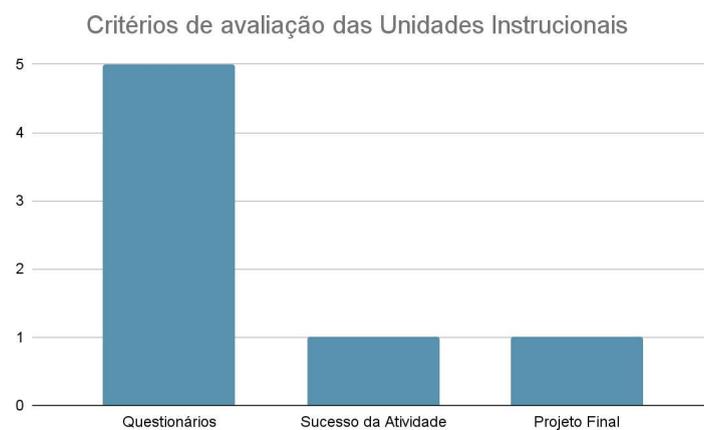


Figura 20. Critérios de avaliação das Unidades Instrucionais.

Referência	Tipo de UI	Nível de dificuldade	Modo de aplicação	Método instrucional	Características do método instrucional	Material instrucional	Método de avaliação da aprendizagem	Idioma
(Ali <i>et al.</i> , 2021a) (Ali <i>et al.</i> , 2021b)	Conjunto de Oficinas	Iniciante	On-line	Atividades teóricas e práticas	Abordagem baseada em jogo	AI Duet, Sketch RNN, AI News Anchor, This Person Does Not Exists.	Questionário	Inglês
(Ali <i>et al.</i> , 2021c)	Oficina	Iniciante	On-line	Atividades teóricas, práticas e discussão	Reflexão sobre impactos da IA	Apresentações, vídeos.	Questionário	Inglês
(Ali <i>et al.</i> , 2023)	Oficina	Iniciante	Presencial/ On-line	Atividades teóricas e práticas	Reflete sobre os planos futuros de cada estudante	Apresentações, Dream Studio	Questionário, avaliação de resultados	Inglês
(Lyu <i>et al.</i> , 2022)	Oficina	Iniciante	On-line	Atividades teóricas e práticas	Abordagem filosófica	Apresentações, Google Colab Notebook, MusicVAE, Sketch RNN.	Questionário, avaliação de resultados	Inglês
(Monteith <i>et al.</i> , 2022)	Curso	Iniciante	On-line	Atividades teóricas e práticas	Projeto final relacionado a arte	Apresentações, Python	Avaliação do projeto final	Inglês
(Virtue, 2021)	Atividade	Iniciante	Presencial	Atividade teóricas, prática e discussão	Atividade <i>Unplugged</i>	Mesas/carteiras, papel, canetas pretas e coloridas.	Observação dos resultados	-
(Williams <i>et al.</i> , 2022)	Oficina	Iniciante	On-line	Atividades teóricas, práticas e discussão	Discussão sobre ética	Apresentações, AI Duet, Sketch RNN, AI News Anchor, This Person Does Not Exists.	Questionário	Inglês

Tabela 11. Características das Unidades Instrucionais.

4.4 Discussão

A partir do levantamento realizado, foi possível identificar poucas Unidades Instrucionais que aplicam conceitos de Inteligência Artificial Generativa no campo das Artes Visuais para alunos da Educação Básica, sendo a maioria no Ensino Médio. Todas as UIs foram desenvolvidas para estudantes com pouco conhecimento sobre o tema e não foram exigidos conhecimentos técnicos específicos, além dos esperados para a etapa escolar dos participantes. Além disso, foram adotadas abordagens que visam simplificar os conceitos complexos por trás dos modelos de Inteligência Artificial, conforme destacado por Ali *et al.* (2021a).

Muitas das UIs foram desenvolvidas para aplicação on-line devido ao período em que foram criadas, que coincidiu com a pandemia de COVID-19. Além disso, houve uma preocupação, por parte dos autores, para tornar o material mais acessível, buscando ultrapassar barreiras físicas e disponibilizar o conteúdo para estudantes do mundo inteiro. De forma semelhante, muitos autores deram preferência para aplicações web ou em nuvem, excluindo a necessidade de um *hardware* de alto custo, possibilitando assim, que estudantes com dispositivos mais antigos ou com poder computacional reduzido pudessem também participar das atividades.

Cabe destacar o cuidado dos autores em conscientizar os estudantes a respeito dos impactos éticos e sociais da Inteligência Artificial, buscando não somente capacitá-los para o uso de tais tecnologias, mas torná-los usuários responsáveis. Na única Unidade Instrucional que não realizou discussões a respeito desse assunto, o autor reflete sobre a importância desse debate e reconhece a carência de atividades com esse foco em sua UI, sugerindo que exercícios com esse objetivo possam ser adicionados no futuro (Lyu *et al.* 2022).

Apesar do sucesso geral da aplicação das UIs, alguns autores relataram que os alunos tiveram dificuldades para assimilar alguns conceitos mais complexos (Ali *et al.*, 2021a) (Lyu *et al.*, 2022). Por fim, observa-se também uma falta de Unidades Instrucionais e materiais didáticos em língua portuguesa, visto que muitas das ferramentas utilizadas, incluindo aplicações *web* gratuitas, exigem entendimento da língua inglesa para correta utilização.

Ameaças à validade da revisão da literatura. Existem algumas potenciais ameaças que podem afetar a validade do estudo de mapeamento. Essas ameaças foram identificadas e foram organizadas estratégias para minimizar seus impactos. Todos os estudos foram cuidadosamente analisados pelo autor, seguindo um protocolo rigoroso, e revisados pela orientadora. Para mitigar ameaças relacionadas à seleção de UIs relevantes e à extração de dados, foram estabelecidos critérios claros de inclusão e exclusão, bem como critérios de qualidade. O risco de uma possível omissão de estudos relevantes foi minimizado por meio da criação de *strings* de busca abrangentes, que incluíram uma variedade de termos e seus sinônimos, sendo o mais amplo possível. A busca também foi realizada em diversos pontos para minimizar este risco. É importante mencionar que mapeamentos sistemáticos podem ser suscetíveis a viés, uma vez que resultados positivos têm maior probabilidade de serem publicados em comparação com resultados negativos. No entanto, é importante ressaltar que o objetivo deste estudo é analisar as características técnicas e instrucionais das UIs, não se preocupando se os resultados são positivos ou negativos, o que torna esse estudo menos suscetível a essa ameaça.

5 CURSO - Explorando as Artes Visuais com IA Generativa

Neste capítulo é apresentado o curso "Explorando as Artes Visuais com IA Generativa", voltado ao ensino, compreensão e aplicação de Inteligência Artificial Generativa no campo das Artes Visuais no Ensino Médio.

5.1 Objetivos de Aprendizagem

Os objetivos de aprendizagem foram definidos a partir das competências do ensino de artes para a etapa do Ensino Médio definidas pela BNCC (2017). Foi utilizado como referência também, as diretrizes propostas pela iniciativa AI4K12 (2020), principalmente os objetivos definidos na *Big Idea* 3. Também foram levadas em conta as diretrizes da Sociedade Brasileira de Computação para o ensino de computação na Educação Básica.

ID	Objetivo de aprendizagem	Área de conhecimento	Fonte
OA1	Conhecer aplicações de IA nas Artes Visuais	IA/Artes	EM13LGG601 (BNCC, 2017). Processos Criativos (Eixo estruturante da BNCC, 2017); Linguagens e Suas Tecnologias (Itinerários Formativos da BNCC, 2017)
OA2	Compreender e utilizar conceitos básicos de técnicas de IA aplicadas na área de Artes Visuais (<i>Style Transfer</i> , GANs, Modelos de Difusão)	IA	3-B-i (AI4K12, 2020); Aplicação de Computação em diversas áreas (Competências da SBC, 2020)
OA3	Compreender e exercitar conceitos de Artes Visuais (desenho, estilo de pintura, criação de artes, criação de imagens)	Artes	EM13LGG601 (BNCC, 2017); Linguagens e Suas Tecnologias (Itinerários Formativos da BNCC, 2017)
OA4	Consolidar conhecimentos teóricos de IA e/ou Artes adquiridos, por meio de atividades práticas (análise, criação de artes, expressão)	IA/Artes	EM13LGG602, EM13LGG603 (BNCC, 2017); Linguagens e Suas Tecnologias (Itinerários Formativos da BNCC, 2017)
OA5	Compreender e refletir sobre os pontos positivos (possibilidades de carreira, produtividade) e negativos (<i>Deep Fakes</i> , desinformação, direitos autorais, vieses, privacidade de dados) do uso de IA na área de Artes Visuais.	IA/Artes	3-C-iii (AI4K12, 2020); EM13LGG604 (BNCC, 2017); Mediação e Intervenção Sociocultural (Itinerários Formativos da BNCC, 2017)

Tabela 12. Objetivos de aprendizagem do curso proposto.

5.2 Design do Curso

De acordo aos objetivos de aprendizagem, o curso foi desenvolvido para ensinar conceitos básicos de Inteligência Artificial Generativa para estudantes do

ensino médio e demonstrar a aplicação destes conceitos no campo das artes visuais.

Prevê-se uma aplicação interdisciplinar deste curso na área de conhecimento de arte, considerando o desenvolvimento de criação autoral e a exploração da interseção de novas tecnologias neste campo (BNCC, 2017). Os estudantes serão estimulados a fazerem uso de diversas ferramentas (Tabela 13) a fim de exercitarem o conhecimento sobre arte e os conceitos de Inteligência Artificial Generativa.

Espera-se que os estudantes aprendam conceitos básicos sobre Inteligência Artificial Generativa e entendam como estes conhecimentos podem ser aplicados ao campo das artes visuais.

O curso visa a aprendizagem no nível *use-modify* do ciclo *use-modify-create*. Para isso, são utilizados vídeos explicativos que introduzem os conceitos, seguidos de atividades de exploração de ferramentas, onde os alunos podem exercitar os conhecimentos aprendidos. Por fim são introduzidos quizzes, que buscam revisar e reforçar o conteúdo estudado.

Ferramenta	Descrição
Quick, Draw!	Jogo que utiliza Inteligência Artificial aplicada a desenhos.
Sketch RNN	Utiliza Inteligência Artificial para ensinar a desenhar.
AutoDraw	Utiliza Inteligência Artificial para ajudar a desenhar.
Neural Style Transfer	Transferência de estilo.
vToonify!	Transferência de estilo em rostos.
Craiyon	Geração de imagens a partir de textos.
Text-to-Pokemon	Geração de Pokémon a partir de textos.
Runway	Geração de vídeos a partir de textos.
AnimeGAN	Transferência de estilo em vídeos.
DeepAI	Geração de imagens artísticas a partir de texto.
Which Face is Real?	Jogo sobre o reconhecimento de imagens falsas.

Tabela 13. Ferramentas usadas no curso.

Projetou-se um curso de curta duração para aplicação de forma *on-line*. Cada aula foi estimada em 1,5 horas, considerando a maior parte desse tempo para a exploração das ferramentas pelos estudantes. Contudo, esse tempo pode ser reduzido ao diminuir o tempo de exploração das ferramentas.

Este curso pode ser aplicado de forma remota assíncrona, inclusive sem instrutor, ou de forma presencial com instrutor, neste caso a aplicação é facilitada, não necessitando de professores com formação em computação, uma vez que o curso provê todo o conteúdo necessário para a compreensão do tema.

O plano de ensino (Tabela 14) foi desenvolvido com base nas Unidades Instrucionais e experiências levantadas na revisão da literatura e nas diretrizes AI4K12 (2020). Além disso, foram levados em conta as competências da BNCC sobre Artes para o Ensino Médio (2017) e a informações da análise de contexto sobre aprendizes, professores e ambiente das escolas brasileiras

Encontro (1,5 hora)	Conteúdo	Objetivos de aprendizagem	Estratégia instrucional	Atividade prática	Material instrucional	Avaliação da aprendizagem
1	<p>Aprendizado de Máquina</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teoria • Prática (exploração) <p>Redes Neurais Artificiais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teoria • Prática (exploração) <p><i>Style Transfer</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Teoria • Aplicações • Prática (exploração) 	OA1, OA2, OA3, OA4.	<p>Vídeo expositivo / Atividade prática.</p> <p>Realizar atividades práticas e explicar como funcionam as ferramentas de desenho.</p> <p>Realizar atividades práticas e explicar teoria e aplicações do <i>Style Transfer</i>.</p>	Demonstração: Alunos devem usar as ferramentas Quick, Draw!, Sketch RNN, Autodraw, demo online de <i>Style Transfer</i> , vToonify.	Vídeos, descrição de atividades, ferramentas: Quick, Draw!, Sketch RNN, Autodraw, demo online de <i>Style Transfer</i> , vToonify.	Quiz
2	<p>Modelos de Difusão</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teoria • Prática (exploração) • <i>Prompts</i> • Geração de vídeos 	OA1, OA2, OA3, OA4.	<p>Realizar atividades práticas e explicar de forma simplificada como funcionam os modelos de difusão.</p> <p>Discussão sobre técnicas para <i>prompts</i> mais precisos.</p> <p>Explorar a geração de vídeos.</p>	Demonstração: Alunos devem usar as ferramentas Crayon, <i>Text to Pokémon</i> , Runway.	Vídeos, slides, descrição de atividades, ferramentas: Crayon, <i>Text-to-pokemon</i> , Runway.	Quiz
3	<p>GANs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teoria • Atividade Unplugged • Prática (exploração) 	OA1, OA2, OA3, OA4.	<p>Realizar atividades práticas e explicar de forma simplificada como funcionam as GANs.</p> <p>Realizar atividade em papel (<i>unplugged</i>) para demonstrar o funcionamento dos componentes de uma GAN.</p>	<p>Demonstração: Alunos devem usar as ferramentas <i>AnimeGAN</i>, <i>DeepAI</i>.</p> <p><i>Unplugged</i>: simulação de GAN (com papel e caneta).</p>	Vídeos, slides, descrição de atividades, ferramentas: <i>AnimeGAN</i> , <i>DeepAI</i> .	Quiz

4	<p>Questões Éticas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dados de treinamento • Direitos Autorais • Fake News • Uso responsável • Como identificar imagens falsas. 	<p>OA1, OA2, OA4, OA5.</p>	<p>Provocar a reflexão dos estudantes sobre as questões éticas envolvendo a geração de imagens e incentivar o uso responsável das ferramentas apresentadas durante o curso.</p> <p>Apresentar métodos para identificar imagens geradas artificialmente.</p>	<p>Demonstração: Alunos devem usar as ferramentas <i>"This Person Does Not Exist"</i>, <i>"Which Face is Real"</i>.</p>	<p>Vídeos, slides, ferramentas: <i>"This Person Does Not Exist"</i>, <i>"Which Face is Real"</i>.</p>	<p>Quiz</p>
---	--	--	---	---	---	-------------

Tabela 14. Plano de ensino.

5.3 Material Didático

O material didático desenvolvido é composto por vídeos, apresentações de *slides* e textos descritivos, que introduzem os conceitos básicos, ensinam a utilizar as ferramentas e apresentam exemplos de uso de Inteligência Artificial aplicada às artes visuais.

Os vídeos visam apresentar o conteúdo e explicar os conceitos básicos. Eles foram criados a partir de materiais sem direitos autorais de diversas fontes, incluindo Pexels, Biblioteca de Áudio do Youtube e Google Autodraw, além de imagens criadas com ferramentas generativas como Crayon, Stable Diffusion e Bing Image Creator.

Com objetivo de facilitar a aprendizagem dos estudantes, visou-se desenvolver vídeos breves, com duração entre 2 e 6 minutos, e que utilizam elementos audiovisuais atrativos, como imagens chamativas, animações e trilha sonora.



Figura 21. Exemplos de cenas do vídeo sobre aprendizado de máquina.



Figura 22. Exemplos de cenas do vídeo sobre redes neurais artificiais.



Figura 23. Exemplos de cenas do vídeo sobre transferência de estilo.



Figura 24. Exemplos de cenas do vídeo sobre modelos de difusão.



Figura 25. Exemplos de cenas mostrando imagens geradas com Inteligência Artificial.

Adotando uma estratégia de ensino ativa, são especificadas também atividades práticas (Figura 22), que incluem título, descrição textual, imagens e endereços de acesso das ferramentas.

Atividade 1 - Quick, Draw!



Uma das aplicações mais divertidas criadas com aprendizado de máquina é o jogo “Quick, Draw!” ou “Rápido, Desenhe!”, em português. Esse jogo foi criado pelo Google e a ideia é bem simples: Você faz um desenho e uma Inteligência Artificial tenta adivinhar com o que o seu desenho se parece.

Acesse o link abaixo e divirta-se com essa IA:

<https://quickdraw.withgoogle.com/>

Figura 26. Exemplo de uma descrição de atividade.

Nestas atividades práticas são utilizadas ferramentas externas (Tabela 13). Um exemplo é a aplicação “AutoDraw”, que permite aos estudantes obterem desenhos com boa qualidade a partir de rabiscos.

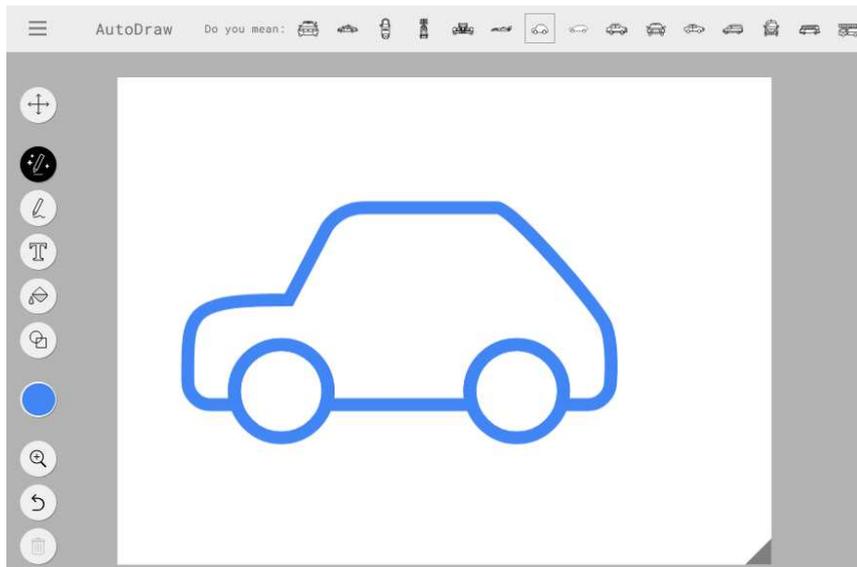


Figura 27. Exemplo da ferramenta AutoDraw.

As ferramentas utilizadas no curso foram selecionadas a partir do levantamento realizado na fundamentação teórica (Tabela 2). Todas elas atendem aos objetivos de aprendizagem definidos na etapa de planejamento do curso e podem ser acessadas via navegador *web*, inclusive através de dispositivos móveis, excluindo a necessidade de instalação ou de equipamento com *hardware* sofisticado.

As ferramentas "*Quick, Draw!*", "*Sketch RNN*" e "*AutoDraw*" demonstram, de forma lúdica e introdutória, o potencial das redes neurais e permitem a criação autoral de desenhos, uma das principais técnicas das artes visuais. Já as ferramentas de transferência de estilo, como "*Neural Style Transfer*", "*vToonify!*" e "*AnimeGAN*", oportunizam aos estudantes, aprofundarem seus conhecimentos em diferentes estilos de arte, reconhecendo e diferenciando cada um a partir de suas características. Além disso, mostra aos estudantes como a Inteligência Artificial está presente no cotidiano deles, visto que as técnicas de transferência de estilo ganharam grande popularidade na indústria digital (Jing et al., 2020).

De forma semelhante, as ferramentas de geração de arte a partir de descrições em texto, como "*Craiyon*", "*Text-to-Pokemon*", "*Runway*" e "*DeepAI*", fazem com que os alunos exercitem o processo criativo e compreendam o avanço da IA na área de arte. Por fim, o jogo "*Which Face Is Real?*" demonstra todo o potencial da IA Generativa e convida os alunos a uma reflexão sobre os limites dessa tecnologia e os impactos que ela pode ter na sociedade.

A avaliação do desempenho dos alunos neste curso extracurricular é realizada por meio de quizzes interativos, os quais são apresentados ao final das aulas. Esses quizzes, desenvolvidos com o auxílio da plataforma h5p.org (H5P, 2023), permitem a avaliação automática das respostas dos alunos, fornecendo instantaneamente o resultado da avaliação individual.

As questões envolvidas nesses quizzes possuem tipos variados, como múltipla escolha, escolha única, verdadeiro e falso e arrastar e soltar (Figura 28/29).

Quiz - Aula 1

Complete a frase, arrastando as palavras aos campos corretos:

Em um , os dados são recebidos na ,
processados no , e enviados como resposta através da
. Uma série de neurônios artificiais interligados, forma uma
.

Figura 28. Exemplo de questão de arrastar e soltar.

Quiz - Aula 3

É função do gerador (assinale as alternativas corretas):

Avaliar se as imagens geradas são autênticas ou falsas.

Criar novas imagens a partir do ruído.

Comparar as imagens criadas com as imagens que recebeu durante o treinamento.

Remover características específicas das imagens geradas

Ajustar a geração de imagens com base na resposta do discriminador.

Figura 29. Exemplo de questão de múltipla escolha.

O curso disponível na plataforma Moodle UFSC (Figura 30) é estruturado conforme o plano de ensino, com cada aula contendo um ou mais vídeos teóricos de até 6 minutos, junto a atividades práticas, que incluem a exploração das ferramentas externas. Ao final de cada aula, há um quiz, que permite revisar o conteúdo e que fornece um *feedback* de aprendizagem aos alunos.

Aula 3

 Vídeo 5 - Redes Adversárias Generativas



 Atividade 9 - GANs Unplugged

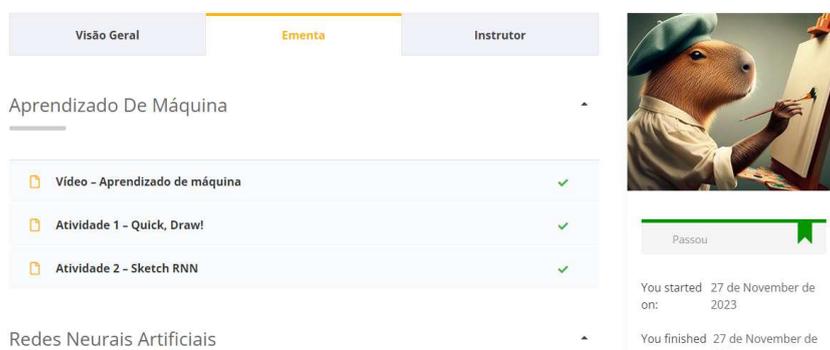
 Atividade 10 - AnimeGAN

 Atividade 11 - DeepAI

 Quiz - Aula 3

Figura 30. Curso na plataforma Moodle UFSC.

O curso também está disponível de forma gratuita no site de cursos da iniciativa Computação na Escola. (<https://cursos.computacaonaescola.ufsc.br/cursos/explorando-as-artes-visuais-com-ia-generativa/>).



Visão Geral	Ementa	Instrutor
Aprendizado De Máquina		
	Vídeo - Aprendizado de máquina	✓
	Atividade 1 - Quick, Draw!	✓
	Atividade 2 - Sketch RNN	✓
Redes Neurais Artificiais		

Figura 31. Ementa do curso no site da iniciativa Computação na Escola.



Atividade 2 – Sketch RNN

Vamos ver agora uma inteligência artificial que vai te ensinar a desenhar. Você já imaginou ter uma IA como professora de desenho?

O nome é Sketch RNN, e ela faz parte dos experimentos do Google. O nome "Sketch" em inglês, pode ser traduzido como esboço ou rascunho. Antes de testarmos essa aplicação, vamos a um rápido tutorial:

—

Usando o Sketch RNN:

Para usar essa ferramenta é bem simples. Basta escolher no menu superior, o objeto que você deseja desenhar. O sistema então carregará um modelo treinado especificamente em desenhos do objeto escolhido.

Figura 32. Exemplo de atividade do curso no site da iniciativa Computação na Escola.

Aprendizado De Máquina

- Video – Aprendizado de máquina
- Atividade 1 – Quick, Draw!
- Atividade 2 – Sketch RNN

Redes Neurais Artificiais

- Video – Redes neurais artificiais
- Atividade 3 – AutoDraw

Transferência De Estilo

Vídeo – Aprendizado de máquina



0:16 / 3:20

Figura 33. Exemplo de aula do curso no site da iniciativa Computação na Escola.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do curso Explorando as Artes Visuais com IA Generativa que visa o ensino de conceitos de Inteligência Artificial Generativa aplicados ao campo das artes visuais no ensino médio. Como parte deste trabalho, foi sintetizada a fundamentação teórica, com foco nas principais aplicações da IA Generativa atualmente. Foi realizado também um levantamento do estado da arte referente a unidades instrucionais semelhantes com o mesmo público alvo e a análise das suas características. Levando em conta todos esses fatores coletados na revisão bibliográfica e no estado da arte, foi projetado o curso Explorando as Artes Visuais com IA Generativa. Em alinhamento às diretrizes do currículo e o estado da arte, foi desenvolvido todo o material instrucional do curso, que conta com vídeos explicativos, apresentações e todo o conteúdo necessário para que os usuários possam realizar as atividades propostas e explorar as ferramentas externas selecionadas.

A partir deste curso, espera-se contribuir com a disseminação de conhecimento sobre Inteligência Artificial no ensino médio brasileiro e fomentar a aplicação desta tecnologia em diferentes campos do conhecimento. Destaca-se ainda o protagonismo deste curso, visto que ainda existem poucas iniciativas voltadas para a aplicação da IA generativa de forma interdisciplinar e em português.

Como trabalhos futuros, sugere-se a aplicação do curso com estudantes do público alvo, para avaliar o material desenvolvido, de forma a identificar os pontos positivos e negativos, visando promover o aprimoramento do curso e o destaque de características que possam inspirar o desenvolvimento de futuras iniciativas semelhantes. Sugere-se também que professores da área de artes personalizem e criem novas atividades para o curso, fazendo com que os alunos utilizem as aplicações selecionadas como ferramentas para gerar um resultado final, e os professores possam avaliar o conteúdo produzido a partir de critérios artísticos. Por fim, é sugerida a criação de novos cursos, com objetivo de aprofundar o conteúdo aqui abordado e impulsionar o ingresso de futuras gerações na área de tecnologia.

REFERÊNCIAS

ADOBE. Conheça o Adobe Firefly. Disponível em:

<https://www.adobe.com/br/sensei/generative-ai/firefly.html>. Acesso em: jun. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. Painel de Conectividade nas Escolas. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/paineis/infraestrutura/conectividade-nas-escolas>. Acesso em: jun. 2023.

AI4K12. 5 Big Ideas in AI. Disponível em:

https://ai4k12.org/wp-content/uploads/2022/01/AI4K12_Five_Big_Ideas_Poster_3_19_2021.pdf.

Acesso em: nov. 2022.

ALBAWI, S.; MOHAMMED, T. A.; AL-ZAWI, S. Understanding of a convolutional neural network, In: Proc. of the International Conference on Engineering and Technology, Antalya, Turkey, 2017.

ALI, S.; DIPAOLA, D.; BREAZEL, C. What are GANs?: Introducing Generative Adversarial Networks to Middle School Students. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, [S. l.], v. 35, n. 17, p. 15472-15479, 2021b.

ALI, S.; DIPAOLA, D.; HONG, J.; LEE, I.; BREAZEL, C. Exploring Generative Models with Middle School Students. In: ACM Computing Surveys. ACM, New York, NY, USA. 2021a.

ALI, S.; DIPAOLA, D.; LEE, I.; SINDATO, V.; KIM, G.; BLUMOFF, R.; BREAZEL, C. Children as creators, thinkers and citizens in an AI-driven future. Computers and Education: Artificial Intelligence, v. 2, p. 100040, 2021c.

ALI, S.; DIPAOLA, D.; WILLIAMS, R.; RAVI, P.; BREAZEL, C.. Constructing Dreams using Generative AI, ARXIV arxiv.org/abs/2305.12013, 2023.

AutoDraw. Disponível em: <https://www.autodraw.com/>. Acesso em: nov. 2023.

BARBOSA, A.; CARVALHAES, C.; COSTA, M. A computação numérica como ferramenta para o professor de Física do Ensino Médio. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, p. 249-254, 2006.

BASIL, V., CALDIERA, G. AND ROMBACH, H. D. The Goal Question Metric Approach. John Wiley & Sons, Encyclopedia of Software Engineering, 1994.

BERNARDELLI, R. Cristo e a Mulher Adúltera. Google Arts & Culture. Disponível em:

<https://artsandculture.google.com/asset/cristo-e-a-mulher-ad%C3%BAaltera-rodolfo-bernardelli/EwG-3fUq9f2hEQ?hl=pt-br>. Acesso em: mar. 2023.

Biblioteca de Áudio do Youtube. Disponível em: <https://www.youtube.com/audiolibrary>. Acesso em: nov. 2023.

BRANCH, R. Instructional design: The ADDIE approach. Springer US, 2009.

BRITANNICA. Arte. Disponível em: <https://www.britannica.com/art/visual-arts>. Acesso em: mar. 2023.

BURGSTEINER, H.; KANDLHOFER, M.; STEINBAUER, G. iRobot: Teaching the Basics of Artificial Intelligence in High Schools. In: Proc. of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, Symposium on Educational Advances in Artificial Intelligence, Phoenix, AZ, USA, 2016.

BURHANS, D.; DANTU,. ARTY: Fueling Creativity through Art, Robotics and Technology for Youth. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, [S. l.], v. 31, n. 1, 2017.

CAMPOS, B. Catedral Metropolitana de Florianópolis. Pexels. Disponível em: <https://www.pexels.com/pt-br/foto/arquitetonico-brasil-catolico-igreja-6104719/> Acesso em: mai. 2023.

CETINIC, E.; SHE, J. Understanding and creating art with AI: review and outlook. ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications, v. 18, n. 2, p. 1-22, 2021.

COLI, J. O que é arte. 13. ed. São Paulo: Brasiliense, 1993. 131 p. (Primeiros passos; 46).

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nas Escolas Brasileiras. CETIC, 2017.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nas Escolas Brasileiras. CETIC, 2019.

DANILYUK, P. Mulher jogando xadrez contra uma máquina. Pexels. Disponível em: <https://www.pexels.com/pt-br/foto/inteligencia-artificial-jogo-de-tabuleiro-xadrez-pecas-de-xadrez-8438958/> Acesso em: abr. 2023.

GARDNER-MCCUNE, C.; TOURETZKY, D.; MARTIN, F.; SEEHORN, D. AI for K-12: Making Room for AI in K-12 CS Curricula. In: Proc. of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education. ACM, New York, NY, USA, 1244, 2019.

GATYS, L. A.; ECKER, A. S.; BETHGE, M. Image Style Transfer Using Convolutional Neural Networks. In: Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition , Las Vegas, NV, USA, 2016.

GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A. Deep Learning Book. Cambridge: MIT Press, 2016. 800p. ISBN 9780262035613.

GOOGLE. Machine Learning Glossary. Disponível em: <https://developers.google.com/machine-learning/glossary>. Acesso em: mar. 2023.

GOOGLE. Overview of GAN Structure. Google Machine Learning. Disponível em: https://developers.google.com/machine-learning/gan/gan_structure?hl=pt-br. Acesso em: mar. 2023.

H5P. Disponível em: <https://h5p.org/>. Acesso em: jul. 2023.

HA, D.; ECK, D. A Neural Representation of Sketch Drawings. ARXIV arxiv.org/pdf/1704.03477.pdf, 2017.

HUANG, X.; QIAO, C.. Enhancing Computational Thinking Skills Through Artificial Intelligence Education at a STEAM High School. Science & Education, p. 1-21, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua. IBGE, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua. IBGE, 2021.

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA. IFSC Analytics: Censo Escolar Covid-19. 2021. Disponível em: https://censo.ifsc.edu.br/home_alunos.php. Acesso em: Jun. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. Censo da Educação Superior. Brasília: Inep, 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. Sinopses Estatísticas da Educação Básica. Brasília: Inep, 2022.

JANSON, H.; JANSON, A. Iniciação à História da Arte. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2009. 475 p. ISBN 9788578271749.

JING, Y.; YANG, Y.; FENG, Z.; YE, J.; YU, Y.; SONG, M. Neural Style Transfer: A Review. ARXIV arxiv.org/pdf/1705.04058.pdf, 2020.

JUDD, S. All Means All: Bringing Project-based, Approachable AI Curriculum to More High School Students through AI4ALL Open Learning. In: Proc. of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education. ACM, New York, NY, USA, 1409. 2020.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. *nature*, v. 521, n. 7553, p. 436-444, 2015.

LYU, Z.; ALI, S.; BREAZEL, C. Introducing Variational Autoencoders to High School Students. ARXIV arxiv.org/pdf/2111.07036.pdf, 2022.

MARQUES, L.; GRESSE VON WANGENHEIM, C.; HAUCK, J. Teaching Machine Learning in School: A Systematic Mapping of the State of the Art. *Informatics in Education*, vol. 19, no.2, 2020.

MEIRELLES, V. Estudo para Primeira Missa no Brasil. Museu Victor Meirelles. Disponível em: <https://museuvictormeirelles.acervos.museus.gov.br/mvm-acervo/estudo-para-primeira-missa-no-brasil-maos-2/>. Acesso em: mar. 2023.

MEIRELLES, V. Primeira Missa no Brasil. Google Arts & Culture. Disponível em: https://artsandculture.google.com/asset/primeira-missa-no-brasil-v%C3%ADtor-meireles/IQFUWbm_Wu1XaA?hl=pt-BR. Acesso em: mar. 2023.

MICHAELIS DICIONÁRIO BRASILEIRO DA LÍNGUA PORTUGUESA. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/arte/>. Acesso em: mar. 2023.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 24 de outubro de 2020.

MONTEITH, B.; NOYCE, P.; ZHANG, P. Teaching Artificial Intelligence Through the Arts in Beijing Breadcrumb. *The Science Teacher*, v. 89, n. 5, 2022.

NODARI, M; ROSA, E.; NASCIMENTO, C.; GUERRA, V. Os usos do tempo livre entre jovens de classes populares. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 32, 2017.

OLIVEIRA, W.; CAMBRAIA, A. Desafios na Formação de Professores de Computação: Reflexões e Ações em Construção. In: Anais do XXVI Workshop de Informática na Escola. SBC, 2020. p. 319-328.

PETERSEN, K.; VAKKALANKA, S.; KUZNIARZ, L. Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering : An update. *Information and Software Technology*, vol. 64, 2015.

Pexels. Disponível em: <https://www.pexels.com/pt-br/>. Acesso em: nov. 2023.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. *Inteligência Artificial*, 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

SAHARIA, C.; CHAN, W.; SAXENA S.; LI, L.; WHANG, J.; DENTON, E.; GHASEMIPOUR, S.; AYAN, B.; MAHDAVI, S.; LOPES, R.; SALIMANS, T.; HO, J.; FLEET, D.; NOROUZI, M. Photorealistic text-to-image diffusion models with deep language understanding. *Advances in Neural Information Processing Systems*, v. 35, p. 36479-36494, 2022.

SANTOS, I., CASTRO, L., RODRIGUEZ-FERNANDEZ, N.; TORRENTE-PATINO, A.; CARBALLAL, A. Artificial neural networks and Deep Learning in the visual arts: A review. *Neural Computing and Applications*, v. 33, p. 121-157, 2021.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO. Diretrizes para ensino de Computação na Educação Básica. (2017). Disponível em: <https://www.sbc.org.br/documentos-da-sbc/send/203-educacao-basica/1220-bncc-em-itinerario-informativo-computacao-2>. Acesso em: out. 2020.

This Person Does Not Exist. 2019. Disponível em: <https://thispersondoesnotexist.com/>. Acesso em: jul. 2023.

TOURETZKY, D.; GARDNER-MCCUNE, C.; SEEHORN, D. Machine Learning and the Five Big Ideas in AI. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 32, 2022.

VIRTUE, P. GANs Unplugged. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, [S. l.], v. 35, n. 17, p. 15664-15668, 2021.

WILLIAMS, R.; ALI, S.; DEVASIA, N.; DIPAOLA, D.; HONG, J.; KAPUTSOS, S.; JORDAN, B.; BREAZEL, C. AI+ ethics curricula for middle school youth: Lessons learned from three project-based curricula. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, p. 1-59, 2022.

YANCO, H.; KIM, H.; MARTIN, F.; SILKA, L. Artbotics: Combining Art and Robotics to Broaden Participation in Computing. In: *Proc. of the AAAI Spring Symposium: Semantic Scientific Knowledge Integration*. Stanford, CA, USA, 2007.

YU, J.; XU, Y.; KOH, J.; LUONG, T.; BAID, G.; WANG, Z.; VASUDEVAN, V.; KU, A.; YANG, Y.; AYAN, B.; HUTCHINSON, B.; HAN, W.; PAREKH, Z.; ZHANG, X.; BALDRIDGE, J.; WU, Y. Scaling autoregressive models for content-rich text-to-image generation. *ARXIV arxiv.org/pdf/2206.10789.pdf*, 2022.

ZHANG, C.; ZHANG, C.; ZHANG M.; KWON, I. Text-to-image Diffusion Model in Generative AI: A Survey. *ARXIV arxiv.org/pdf/2303.07909*, 2023.

ZHANG, H.; LEE, I.; ALI, S.; DIPAOLA, D.; CHENG, Y.; BREAZEAL, C. Integrating Ethics and Career Futures with Technical Learning to Promote AI Literacy for Middle School Students: An Exploratory Study. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 32, 2022.

Desenvolvimento de um Curso para Aplicação de Inteligência Artificial Generativa no Campo das Artes Visuais no Ensino Médio

Gustavo Corrêa da Cunha

Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina,
Florianópolis, SC, Brasil

`gustavo.c.cunha@grad.ufsc.br`

***Abstract.** With the increasing advancement of Artificial Intelligence, the importance of teaching these concepts already in K-12 arises. Recently, initiatives aimed at teaching AI at this school stage have been emerging. However, most of them apply these concepts in the area of exact sciences, which can be demotivating for students who have little familiarity or interest in this field. Within this context, it may be beneficial to teach AI concepts applied to areas other than exact sciences, such as arts. Therefore, this work aims to enable high school students to know and understand concepts related to Generative Artificial Intelligence in the field of Visual Arts, through an online course.*

***Resumo.** Com o crescente avanço da Inteligência Artificial, surge a importância de ensinar esses conceitos na educação básica. Recentemente estão surgindo iniciativas voltadas ao ensino de IA neste estágio escolar. Porém, a maioria delas aplica estes conceitos na área das ciências exatas, o que pode ser desmotivante para estudantes que tenham pouca familiaridade ou interesse nesse campo. Dentro desse contexto, pode ser benéfico ensinar conceitos de IA aplicados a áreas diferentes das ciências exatas, como artes. Assim, o presente trabalho visa capacitar os alunos do Ensino Médio a conhecer e entender conceitos relacionados a Inteligência Artificial Generativa no campo das Artes Visuais, por meio de um curso on-line.*

1. Introdução

A revolução digital dos últimos anos transformou completamente a sociedade, de forma que hoje vivemos na Era da Informação (SBC, 2017). Entre as tecnologias que se destacam, encontra-se a Inteligência Artificial, que já está integrada ao cotidiano dos seres humanos em diversos aspectos. Contudo, apesar de grande difusão, poucos indivíduos compreendem o funcionamento desta tecnologia (Marques et al., 2020).

A Sociedade Brasileira de Computação define a Inteligência Artificial como um dos principais conceitos de computação a serem trabalhados no Ensino Médio (SBC, 2017), visto que os estudantes se encontram em um período caracterizado por maior autonomia e reflexão sobre o mundo (BNCC, 2017). Na Base Nacional Comum Curricular, o ensino de Inteligência Artificial é sugerido como parte flexível do currículo, além de ser abordada a necessidade de preparar os alunos para enfrentar as transformações digitais (BNCC, 2017).

Atualmente estão surgindo diversas iniciativas de ensino de IA em uso como cursos, vídeos e demonstrações (Marques et al., 2020), de forma que a maioria desses cursos aplica os conceitos de ML em áreas das ciências exatas. Contudo, a computação é uma área transversal, que possui relações interdisciplinares com outras áreas do conhecimento (SBC, 2017) e com o recente crescimento da aplicação de Inteligência Artificial Generativa em imagens (Cetinic et al., 2021), o campo das Artes Visuais mostrou seu grande potencial interdisciplinar junto à computação.

Analisando o estado da arte em relação a iniciativas que ensinam conceitos de IA aplicados às Artes Visuais, é possível encontrar exemplos pontuais. Contudo essas unidades são predominantemente desenvolvidas em inglês e não possuem as diretrizes de ensino alinhadas com os tópicos de ensino de artes definidos pela BNCC. Assim, observa-se uma falta de Unidades Instrucionais para ensinar IA no Ensino Médio em escolas brasileiras, aplicado na área de artes. Considerando esse contexto, o objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de um curso on-line para motivar e ilustrar a aplicação de Inteligência Artificial na área de Artes Visuais em escolas brasileiras em nível de Ensino Médio.

2. O Curso Explorando as Artes Visuais com IA Generativa

O curso foi desenvolvido com foco no público do ensino médio. A partir disso, foi realizada a análise de contexto em que o curso está inserido e conduzida uma revisão bibliográfica, resultando na criação do plano de ensino. Levando em conta estes resultados, todos os materiais didáticos foram desenvolvidos.

2.1. Análise de Contexto

O ensino médio brasileiro é regido pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que define a Arte como disciplina obrigatória. A BNCC também possui itinerários formativos que sugerem o aprofundamento de conhecimentos em tecnologias como a Inteligência Artificial. As turmas de ensino médio possuem uma média de 30 alunos e as aulas têm duração de 45 minutos cada.

Os estudantes desta etapa são jovens entre 15 e 18 anos que possuem conhecimentos prévios do ensino fundamental, o que inclui as artes visuais. Esses estudantes estão familiarizados com os meios digitais e utilizam o celular como principal equipamento para acessar a internet. Os instrutores que atuam nesta etapa, em sua maioria, não possuem formação em áreas da tecnologia, mas segundo dados do levantamento TIC Educação (2019), o percentual de professores que utilizam celulares como recurso educacional tem crescido nos últimos anos.

Cerca de 94% das escolas brasileiras possuem conectividade com a internet, embora somente cerca de 30% possuam laboratórios para o ensino de informática (ANATEL, 2023). Algumas escolas proíbem o uso de celulares em sala de aula ou estão sujeitas a leis que proíbem o uso.

2.2. Definição do Curso

O curso foi desenvolvido para ensinar conceitos básicos de Inteligência Artificial Generativa para estudantes do ensino médio e demonstrar a aplicação destes conceitos no campo das artes visuais. Prevê-se uma aplicação interdisciplinar deste curso na área de conhecimento de arte, considerando o desenvolvimento de criação autoral e a exploração da interseção de novas tecnologias neste campo (BNCC, 2017). Os estudantes serão estimulados a fazerem uso de ferramentas a fim de exercitarem o conhecimento sobre arte e os conceitos de Inteligência Artificial Generativa.

Projetou-se um curso de curta duração para aplicação de forma on-line. Cada aula foi estimada em 1,5 horas, considerando a maior parte desse tempo para a exploração das ferramentas pelos estudantes. Contudo, esse tempo pode ser reduzido ao diminuir o tempo de exploração das ferramentas. Este curso pode ser aplicado de forma remota assíncrona, inclusive sem instrutor, ou de forma presencial com instrutor. Neste caso a aplicação é facilitada, não necessitando de professores com formação em computação, uma vez que o curso provê todo o conteúdo necessário para a compreensão do tema.

2.3. Objetivos de Aprendizagem

Os objetivos de aprendizagem foram definidos a partir das competências do ensino de artes para a etapa do Ensino Médio definidas pela BNCC (2017). Foi utilizado como referência também, as diretrizes propostas pela iniciativa AI4K12 (2020), principalmente os objetivos definidos na Big Idea 3. Também foram levadas em conta as diretrizes da Sociedade Brasileira de Computação para o ensino de computação na Educação Básica.

Tabela 1. Objetivos de aprendizagem.

ID	Objetivo de aprendizagem	Área de conhecimento	Fonte
OA1	Conhecer aplicações de IA nas Artes Visuais	IA/Artes	EM13LGG601 (BNCC, 2017). Processos Criativos (Eixo estruturante da BNCC, 2017); Linguagens e Suas Tecnologias (Itinerários Formativos da BNCC, 2017)
OA2	Compreender e utilizar conceitos básicos de técnicas de IA aplicadas na área de Artes Visuais (<i>Style Transfer</i> , GANs, Modelos de Difusão)	IA	3-B-i (AI4K12, 2020); Aplicação de Computação em diversas áreas (Competências da SBC, 2020)
OA3	Compreender e exercitar conceitos de Artes Visuais (desenho, estilo de pintura, criação de artes, criação de imagens)	Artes	EM13LGG601 (BNCC, 2017); Linguagens e Suas Tecnologias (Itinerários Formativos da BNCC, 2017)
OA4	Consolidar conhecimentos teóricos de IA e/ou Artes adquiridos, por meio de atividades práticas (análise, criação de artes, expressão)	IA/Artes	EM13LGG602, EM13LGG603 (BNCC, 2017); Linguagens e Suas Tecnologias (Itinerários Formativos da BNCC, 2017)
OA5	Compreender e refletir sobre os pontos positivos (possibilidades de carreira, produtividade) e negativos (<i>Deep Fakes</i> , desinformação, direitos autorais, vieses, privacidade de dados) do uso de IA na área de Artes Visuais.	IA/Artes	3-C-iii (AI4K12, 2020); EM13LGG604 (BNCC, 2017); Mediação e Intervenção Sociocultural (Itinerários Formativos da BNCC, 2017)

2.4. Plano de Ensino

O plano de ensino (Tabela 2) foi desenvolvido com base nas Unidades Instrucionais e experiências levantadas na revisão da literatura e nas diretrizes AI4K12 (2020). Além disso, foram levados em conta as competências da BNCC sobre Artes para o Ensino Médio (2017) e a informações da análise de contexto sobre aprendizes, professores e ambiente das escolas brasileiras.

Tabela 2. Plano de Ensino

Encontro (1,5 hora)	Conteúdo	OA	Estratégia Instrucional	Atividade prática	Material instrucional	Avaliação da aprendizagem
1	<p>Aprendizado de Máquina</p> <ul style="list-style-type: none"> Teoria e Prática <p>Redes Neurais Artificiais</p> <ul style="list-style-type: none"> Teoria e Prática <p>Style Transfer</p> <ul style="list-style-type: none"> Teoria e Prática Aplicações 	OA1, OA2, OA3, OA4.	<p>Vídeo expositivo / Atividade prática.</p> <p>Realizar atividades práticas e explicar como funcionam as ferramentas de desenho.</p> <p>Realizar atividades práticas e explicar teoria e aplicações do Style Transfer.</p>	<p>Demonstração: Alunos devem usar as ferramentas Quick, Draw!, Sketch RNN, Autodraw, demo online de Style Transfer, vToonify.</p>	<p>Vídeos, descrição de atividades, ferramentas: Quick, Draw!, Sketch RNN, Autodraw, demo online de Style Transfer, vToonify.</p>	Quiz
2	<p>Modelos de Difusão</p> <ul style="list-style-type: none"> Teoria e Prática Prompts Geração de vídeos 	OA1, OA2, OA3, OA4.	<p>Realizar atividades práticas e explicar de forma simplificada como funcionam os modelos de difusão.</p> <p>Discussão sobre técnicas para prompts mais precisos. Explorar a geração de vídeos.</p>	<p>Demonstração: Alunos devem usar as ferramentas Crayon, Text to Pokémon, Runway.</p>	<p>Vídeos, slides, descrição de atividades, ferramentas: Crayon, Text-to-pokemon, Runway.</p>	Quiz
3	<p>GANs</p> <ul style="list-style-type: none"> Teoria e Prática Atividade Unplugged 	OA1, OA2, OA3, OA4.	<p>Realizar atividades práticas e explicar de forma simplificada como funcionam as GANs.</p> <p>Realizar atividade em papel (unplugged) para demonstrar o funcionamento dos componentes de uma GAN.</p>	<p>Demonstração: Alunos devem usar as ferramentas AnimeGAN, DeepAI.</p> <p>Unplugged: simulação de GAN (com papel e caneta).</p>	<p>Vídeos, slides, descrição de atividades, ferramentas: AnimeGAN, DeepAI.</p>	Quiz
4	<p>Questões Éticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Treinamento Direitos Autorais Fake News Uso responsável Imagens falsas. 	OA1, OA2, OA4, OA5.	<p>Provocar a reflexão dos estudantes sobre as questões éticas envolvendo a geração de imagens e incentivar o uso responsável das ferramentas apresentadas durante o curso.</p> <p>Apresentar métodos para identificar imagens geradas artificialmente.</p>	<p>Demonstração: Alunos devem usar as ferramentas “This Person Does Not Exist”, “Which Face is Real”.</p>	<p>Vídeos, slides, ferramentas: “This Person Does Not Exist”, “Which Face is Real”.</p>	Quiz

2.5. Material Didático

O material didático desenvolvido é composto por vídeos, apresentações de slides e textos descritivos, que introduzem os conceitos básicos, ensinam a utilizar as ferramentas e apresentam exemplos de uso de Inteligência Artificial aplicada às artes visuais.

Os vídeos visam apresentar o conteúdo e explicar os conceitos básicos. Eles foram criados a partir de materiais sem direitos autorais de diversas fontes, incluindo Pexels, Biblioteca de Áudio do Youtube e Google Autodraw, além de imagens criadas com ferramentas generativas como Crayon, Stable Diffusion e Bing Image Creator. Com objetivo de facilitar a aprendizagem dos estudantes, visou-se desenvolver vídeos breves, com duração entre 2 e 6 minutos, e que utilizam elementos audiovisuais atrativos, como imagens chamativas, animações e trilha sonora.



Figura 1. Vídeo sobre aprendizado de máquina.



Figura 2. Vídeo mostrando as imagens geradas com Inteligência Artificial.

Adotando uma estratégia de ensino ativa, são especificadas também atividades práticas, que incluem título, descrição textual, imagens e endereços de acesso das ferramentas.

Atividade 1 - Quick, Draw!



Uma das aplicações mais divertidas criadas com aprendizado de máquina é o jogo "Quick, Draw!" ou "Rápido, Desenhe!", em português. Esse jogo foi criado pelo Google e a ideia é bem simples: Você faz um desenho e uma Inteligência Artificial tenta adivinhar com o que o seu desenho se parece.

Acesse o link abaixo e divirta-se com essa IA:

<https://quickdraw.withgoogle.com/>

Figura 3. Descrição de uma atividade do curso.

Nestas atividades são utilizadas ferramentas externas (Tabela 3), que foram selecionadas a partir do levantamento realizado na fundamentação teórica. Todas elas atendem aos objetivos de aprendizagem definidos na etapa de planejamento do curso e podem ser acessadas via navegador *web*, inclusive através de dispositivos móveis, sem a necessidade de instalação ou de equipamento com *hardware* sofisticado.

Tabela 3. Ferramentas utilizadas no curso.

Ferramenta	Descrição
Quick, Draw!	Jogo que utiliza Inteligência Artificial aplicada a desenhos.
Sketch RNN	Utiliza Inteligência Artificial para ensinar a desenhar.
AutoDraw	Utiliza Inteligência Artificial para ajudar a desenhar.
Neural Style Transfer	Transferência de estilo.
vToonify!	Transferência de estilo em rostos.
Crayon	Geração de imagens a partir de textos.
Text-to-Pokemon	Geração de Pokémon a partir de textos.
Runway	Geração de vídeos a partir de textos.
AnimeGAN	Transferência de estilo em vídeos.
DeepAI	Geração de imagens artísticas a partir de texto.
Which Face is Real?	Jogo sobre o reconhecimento de imagens falsas.

2.6. Avaliação de Aprendizagem

A avaliação do desempenho dos alunos neste curso extracurricular é realizada por meio de quizzes interativos, os quais são apresentados ao final das aulas. Esses quizzes, desenvolvidos com o auxílio da plataforma h5p.org (H5P, 2023), permitem a avaliação automática das respostas dos alunos, fornecendo instantaneamente o resultado da avaliação individual. As questões envolvidas nesses quizzes possuem tipos variados, como múltipla escolha, escolha única, verdadeiro e falso e arrastar e soltar (Figura 4).

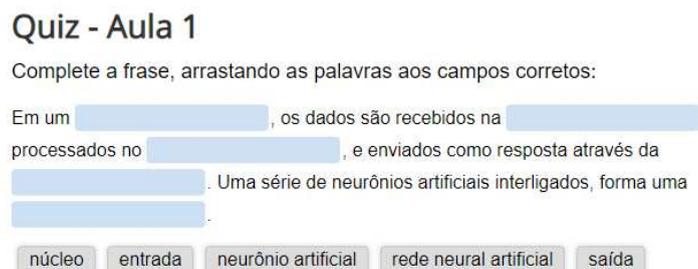


Figura 4. Exemplo de questão de arrastar e soltar.

3. Conclusão

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do curso Explorando as Artes Visuais com IA Generativa que visa o ensino de conceitos de Inteligência Artificial Generativa aplicados ao campo das artes visuais no ensino médio. Como parte deste trabalho, foi sintetizada a fundamentação teórica e um levantamento do estado da arte. A partir disso, foi projetado o curso, que é alinhado às diretrizes do currículo e o estado da arte, e desenvolvido todo o material instrucional, que conta com vídeos, apresentações e todo o conteúdo necessário para que os usuários possam realizar as atividades propostas e explorar as ferramentas externas selecionadas.

A partir deste curso, espera-se contribuir com a disseminação de conhecimento sobre Inteligência Artificial no ensino médio brasileiro e fomentar a aplicação desta tecnologia em diferentes campos do conhecimento. Destaca-se ainda o protagonismo deste curso, visto que ainda existem poucas iniciativas voltadas para a aplicação da IA generativa de forma interdisciplinar e em português.

Como trabalhos futuros, sugere-se a aplicação do curso com estudantes do público alvo para avaliar o material desenvolvido, de forma a identificar os pontos positivos e negativos, visando promover o aprimoramento do mesmo. Sugere-se também que professores da área de artes personalizem e criem novas atividades para o curso, fazendo com que os alunos utilizem as aplicações selecionadas como ferramentas para gerar um resultado final, e os professores

possam avaliar o conteúdo produzido a partir de critérios artísticos. Por fim, é sugerida a criação de novos cursos, com objetivo de aprofundar o conteúdo aqui abordado e impulsionar o ingresso de futuras gerações na área de tecnologia.

Referências

AI4K12. 5 Big Ideas in AI. Disponível em: https://ai4k12.org/wp-content/uploads/2022/01/AI4K12_Five_Big_Ideas_Poster_3_19_2021.pdf. Acesso em: nov. 2022.

ANATEL. Painel de Conectividade nas Escolas. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/paineis/infraestrutura/conectividade-nas-escolas>. Acesso em: jun. 2023

Cetinic, E.; She, J. Understanding and creating art with AI: review and outlook. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications*, v. 18, n. 2, p. 1-22, 2021.

Comitê Gestor da Internet no Brasil. Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nas Escolas Brasileiras. CETIC, 2017.

Comitê Gestor da Internet no Brasil. Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nas Escolas Brasileiras. CETIC, 2019.

Marques, L.; Gresse Von Wangenheim, C.; Hauck, J. Teaching Machine Learning in School: A Systematic Mapping of the State of the Art. *Informatics in Education*, vol. 19, no.2, 2020.

Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2017. Disponível em:

http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf.

Acesso em: 24 de outubro de 2020.

SBC. Diretrizes para ensino de Computação na Educação Básica. (2017). Disponível em: <https://www.sbc.org.br/documentos-da-sbc/send/203-educacao-basica/1220-bncc-em-itinerario-informativo-computacao-2>. Acesso em: out. 2020.