



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA MULTICAMPI DE MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
HUMANAS, SOCIAIS E DA NATUREZA

RICARDO LUCAS PIRES

**SONDAGEM DA HIPÓTESE DE ESCRITA UTILIZANDO
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

DISSERTAÇÃO

LONDRINA
2024

RICARDO LUCAS PIRES

SONDAGEM DA HIPÓTESE DE ESCRITA UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

EXPLORING THE WRITING HYPOTHESIS THROUGH ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Dissertação apresentada ao Programa Multicampi de Mestrado em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza.

Área de concentração: Ensino, Ciências e Novas Tecnologias

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Filgueiras Damasceno

LONDRINA
2024



4.0 Internacional

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina**



RICARDO LUCAS PIRES

SONDAGEM DA HIPÓTESE DE ESCRITA UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Ciências Humanas, Sociais E Da Natureza da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Ensino, Ciências E Novas Tecnologias.

Data de aprovação: 05 de Julho de 2024

Eduardo Filgueiras Damasceno, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Armando Paulo Da Silva, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Camila Dias De Oliveira Sestito, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Eliana Merlin Deganutti De Barros, Doutorado - Universidade Estadual do Norte do Paraná (Uenp)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 05/07/2024.

Dedico este trabalho a todos os educadores cujo compromisso incansável com a formação das mentes jovens é a essência da transformação educacional. Aos professores que, com dedicação e paixão, desempenham um papel crucial no processo de alfabetização nas séries iniciais, esta obra é dedicada. Que este aplicativo, resultado deste esforço coletivo, seja uma ferramenta valiosa em suas mãos habilidosas, auxiliando no aprimoramento do ensino e no acompanhamento do progresso dos estudantes. Que a luz da educação continue a iluminar o caminho da aprendizagem, graças ao comprometimento daqueles que moldam o futuro por meio do saber.

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha mais sincera gratidão às pessoas e instituições que foram essenciais para a realização deste trabalho.

Sou profundamente grato aos professores que participaram das entrevistas, compartilhando suas valiosas experiências e percepções sobre a sondagem de hipóteses de escrita. Suas contribuições foram essenciais para uma compreensão aprofundada do processo educacional, enriquecendo significativamente este projeto. Aos docentes que se envolveram nos testes do aplicativo, avaliando suas funcionalidades, meu sincero agradecimento. Suas observações e retornos foram inestimáveis para aprimorar a usabilidade e eficácia do aplicativo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Filgueiras Damasceno, expressei minha profunda gratidão por me conceder a oportunidade de realizar esta pesquisa e por seu excepcional direcionamento. Sua orientação foi fundamental para responder às questões norteadoras deste trabalho. Ao Prof. Dr. Armando Paulo da Silva, sou grato pelo apoio e assistência constantes durante toda esta jornada.

Agradeço a toda minha família, especialmente ao Miguel, Samara, Enzo e minha parceira Glauthiara, por compreenderem minha ausência neste período e me motivarem a seguir em frente. Aos amigos que ofereceram apoio moral e encorajamento durante todo o processo de pesquisa e desenvolvimento, meu muito obrigado. Em particular, aos meus colegas educadores: Alecsandro, André, Daniel, Elizabeth, Fábio, Gizely, e Graciliano, que contribuíram ao longo desta jornada. Suas palavras de incentivo foram fundamentais para superar os desafios e perseverar.

Por fim, agradeço à instituição de ensino Centro Paula Souza, que proporcionou o ambiente propício para a realização deste projeto, oferecendo recursos e suporte indispensáveis.

Cada um de vocês desempenhou um papel crucial neste empreendimento, e suas contribuições são verdadeiramente apreciadas. Este trabalho é o resultado de uma colaboração valiosa e representa o esforço coletivo de todos os envolvidos. Muito obrigado.

"O conhecimento é a luz que guia os passos da educação; que cada descoberta seja uma estrela a iluminar o caminho do aprendizado."

RESUMO

PIRES, Ricardo Lucas. **Sondagem da Hipótese de Escrita utilizando Inteligência Artificial**. 2024. 111 f. Dissertação – Programa Multicampi de Mestrado em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2024.

O desenvolvimento da escrita é um processo complexo que engloba o aprimoramento de habilidades motoras finas, percepção visual e integração visual-motora, especialmente durante a fase inicial de alfabetização. Este estudo enfatiza o papel dos pedagogos e psicopedagogos no acompanhamento da psicogênese da linguagem escrita. Educadores da primeira infância desempenham um importante papel na promoção da alfabetização, necessitando de formação contínua para aprimorar suas práticas pedagógicas. O ambiente educacional, abrangendo desde o Ensino Infantil até o Ensino Fundamental, exerce influência significativa na aquisição de conhecimento, embora desafios como a organização escolar e metas estabelecidas possam desviar o foco dos educadores na identificação do progresso ou dificuldades na aprendizagem. Reconhecendo a importância da alfabetização, os educadores devem receber treinamento contínuo para criar ambientes propícios ao desenvolvimento integral dos alunos. A complexidade de ensinar muitas crianças a ler e escrever demanda que os educadores considerem variações na escrita alfabética, incorporando elementos psicológicos e contextos culturais. Este estudo descreve o processo de desenvolvimento da ferramenta Scribens Pro que utiliza técnicas de inteligência artificial e algoritmos de aprendizado de máquina para facilitar o registro histórico e a identificação eficiente do desenvolvimento da linguagem escrita em crianças iniciantes, com idades entre quatro e sete anos. O aplicativo desenvolvido auxilia os educadores da primeira infância na categorização e identificação do estágio de escrita de cada criança.

Palavras-chave: Sondagem, Hipótese, Escrita, Inteligência Artificial.

ABSTRACT

PIRES, Ricardo Lucas. *Exploring the Writing Hypothesis through Artificial Intelligence*. 2024. 111 f. Dissertação – Programa Multicampi de Mestrado em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2024.

The development of writing is a complex process that encompasses the enhancement of fine motor skills, visual perception, and visual-motor integration, especially during the initial phase of literacy. This study emphasizes the role of educators and educational psychologists in monitoring the psychogenesis of written language. Early childhood educators play a crucial role in promoting literacy, requiring continuous training to improve their pedagogical practices. The educational environment, ranging from Early Childhood Education to Elementary Education, has a significant influence on knowledge acquisition, although challenges such as school organization and established goals can divert educators' focus from identifying learning progress or difficulties. Recognizing the importance of literacy, educators must receive ongoing training to create environments conducive to the comprehensive development of students. The complexity of teaching many children to read and write requires educators to consider variations in alphabetic writing, incorporating psychological elements and cultural contexts. This study describes the development process of the Scribens Pro tool, which uses artificial intelligence techniques and machine learning algorithms to facilitate historical recording and efficient identification of written language development in young children, aged four to seven years. The developed application assists early childhood educators in categorizing and identifying each child's writing stage.

Keywords: *Survey, Hypothesis, Writing, Artificial Intelligence.*

Lista de Figuras

Figura 1 – Distribuição do Percentual dos Estudantes 2019 e 2021	17
Figura 2 – Produções Escritas	18
Figura 3 – Exemplos de Folhas de Exercícios para SHE	21
Figura 4 – Alfabetização e Letramento	27
Figura 5 – Ilustração dos Estágios de Escrita da palavra Pato	28
Figura 6 – Exemplos de Construção nos diferentes estágios da Psicogênese da Escrita.	30
Figura 7 – Classificação das Hipóteses de Escrita	32
Figura 8 – Neurônio Biológico Simplificado	36
Figura 9 – Representação de um Neurônio Artificial	36
Figura 10 – Exemplo de Arquitetura de uma RNA de Múltiplas Camadas	37
Figura 11 – Comparação entre uma Rede Neural Convencional e uma Rede Neural Profunda	40
Figura 12 – Rede Neural Convencional	40
Figura 13 – Estratégia de Busca	42
Figura 14 – Processo de Seleção de Estudos através da Busca Automática	44
Figura 15 – Aplicativo Sondagem Descomplicada - Telas	46
Figura 16 – Protótipo PEI - Telas	47
Figura 17 – Protótipo NEA - Telas	48
Figura 18 – Aplicativo CLAT - Telas	48
Figura 19 – Ciclo de Desenvolvimento	51
Figura 20 – Análise de Requisitos	52
Figura 21 – Classes de Treinamento para as Palavras Seleccionadas	53
Figura 22 – Etapas do Treinamento	55
Figura 23 – Gerando Modelo de Treinamento	57
Figura 24 – Detecção de Classes	61
Figura 25 – Imagens do Aplicativo Scribens Pro	63
Figura 26 – Página Web do Laboratório de Tecnologia Visual Interativa	64
Figura 27 – Acurácia por Classes	65
Figura 28 – Matriz de Confusão	66
Figura 29 – Acurácia por Épocas	67
Figura 30 – Perdas por Épocas	68
Figura 31 – Dados - Perfil Profissiográfico	70
Figura 32 – Dados - Pré-Teste	71
Figura 33 – Dados - Pós Intervenção	73
Figura 34 – ITEA-2024	110
Figura 35 – CSEDU-2024	110

Figura 36 – EDUIT-2024	111
----------------------------------	-----

Lista de Quadros

Quadro 1 – Critérios de Qualidade	42
Quadro 2 – Comparação dos Aplicativos quanto a Tecnologia e avanços no Reconhecimento de Escrita.	45
Quadro 3 – Divulgação Científica	76
Quadro 4 – Divulgação Científica	106

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Avaliação dos Critérios de Qualidade	43
---	----

Lista de Siglas

AM	Aprendizado de Máquina
ANN	<i>Artificial Neural Networks</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
AP	Aprendizagem Profunda
BD	Banco de Dados
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CQ	CrITÉrios de Qualidade
CV	<i>Computer Vision</i>
DB	<i>Database</i>
DL	<i>Deep Learning</i>
DSR	<i>Design Science Research</i>
EF	Ensino Fundamental
EI	Educação Infantil
GNU	<i>GNU's Not Unix</i>
GPL	<i>GNU General Public License</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GPU	<i>Graphics Processing Unit</i>
IA	Inteligência Artificial
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
MB	<i>Megabyte</i>
ME	Máquina Ensinável
ML	<i>Machine Learning</i>
MSL	Mapeamento Sistemático da Literatura
NEA	Nível de Escrita Alfabética
NLP	<i>Natural Language Processing</i>
OCR	<i>Optical Character Recognition</i>
ORM	<i>Object-Relational Mapping</i>
PE	Produto Educacional
PLE	Psicogênese da Língua Escrita
PLN	Processamento de Linguagem Natural
POC	Prova de Conceito
RAM	<i>Random-Acess Memory</i>
RNA	Redes Neurais Artificiais
RNC	Redes Neurais Convolucionais
ROC	Reconhecimento Óptico de Caracteres
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica

SDK *Software Development Kit*
SEA Sistema de Escrita Alfabética
SHE Sondagem de Hipótese de Escrita
SQL *Structured Query Language*
STEM *Science, Technology, Engineering and Mathematics*
TCLE Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TFLite *TensorFlow Lite*
TIC Tecnologias da Informação e Comunicações
TI Tecnologia da Informação
TL *Transfer Learning*
TM *Teachable Machine*
UI *User Interface*
UTFPR Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VC Visão Computacional
WWW *World Wide Web*

Sumário

1 – Introdução	17
1.1 Justificativa	22
1.2 Questões Principais de Pesquisa	24
1.3 Objetivos	24
1.3.1 Objetivo Geral	24
1.3.2 Objetivos Específicos	24
1.4 Área de Pesquisa	24
1.5 Organização da Dissertação	25
2 – Fundamentação Teórica	26
2.1 Alfabetização e Letramento	26
2.1.1 Aprendizagem Inicial da Escrita	27
2.1.2 O Processo de Identificação e Categorização	28
2.1.3 Perspectiva Fonológica	28
2.1.4 Perspectiva Construtivista	29
2.1.5 Perspectiva da Aprendizagem Estatística	29
2.1.6 Classificação das Hipóteses de Escrita segundo Ferreiro, Teberosky e Lichtenstein (1986)	30
2.1.7 Classificação das Hipóteses de Escrita segundo Soares (2023)	31
2.1.8 Comparação entre a Classificação dos Níveis de Escritas	33
2.1.9 Recursos Tecnológicos para Leitura e Escrita	34
2.2 Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina	34
2.3 Redes Neurais Artificiais	35
2.3.1 Sistema Nervoso Biológico	35
2.3.2 Neurônio Artificial	36
2.3.3 Arquiteturas de Redes Neurais Artificiais	37
2.3.4 Processos de Treinamento e Aprendizagem	38
2.4 Aprendizado Profundo	39
2.5 Redes Neurais Convolucionais	39
2.6 Mapeamento Sistemático da Literatura	40
2.6.1 Conduta do Mapeamento	43
2.6.2 Análise dos Resultados	43
2.7 Análise das Obras Seleccionadas	46
2.8 Considerações sobre as obras analisadas	49
3 – Materiais e Métodos	50

3.1	Jornada Tradicional para Avaliação de Escrita Inicial	50
3.2	Metodologia do Produto	51
3.3	Base de Conhecimento - <i>Dataset</i>	52
3.4	Treinamento do Modelo - Teachable Machine	53
3.5	Configurando o Treinamento	54
3.6	Gerando arquivo com o Modelo de Treinamento	55
3.7	Desenvolvimento do Aplicativo	58
3.8	Implementação	59
3.8.1	Justificativa da escolha das Ferramentas de Desenvolvimento	59
3.8.2	Avaliação Treinamento dos Algoritmos	60
3.9	Produto Tecnológico - Aplicativo Scribens Pro	61
4	– Análise e interpretação dos resultados	65
4.1	Acurácia por Classes	65
4.2	Matriz de Confusão	65
4.3	Acurácia por Época	66
4.4	Perdas (<i>Loss</i>) por Época (<i>Epochs</i>)	67
4.5	Demonstração de Funcionamento	68
4.6	Aplicação do Produto Educacional	68
4.7	Apresentação do Produto Tecnológico	68
4.8	Respostas do Questionário com os Docentes	69
4.9	Resumo dos Dados de Pré-Teste sobre Avaliação da Escrita com Ferramentas Digitais	69
5	– Considerações Finais	74
5.1	Trabalhos Aceitos para publicação em Eventos Internacionais	76
	Referências	77
	Apêndices	82
	APÊNDICE A–Apêndices	83
A.1	Questionário Aplicado aos Profissionais da Educação	83
A.2	Mapeamento Sistemático	97
A.3	Trabalhos Aceitos em Eventos Internacionais	106
	Anexos	107
	ANEXO A–Anexos	108

A.1	ITEA-2024-Acceptance-Letter	108
A.2	CSEDU-2024	110
A.3	EDUIT-2024	111

1 Introdução

O Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), conduzido pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), desempenha um papel central na coleta de dados estatísticos sobre a educação brasileira desde os anos 1990. Essas informações têm sido fundamentais para embasar políticas públicas educacionais visando garantir uma educação de qualidade para todos os estudantes do país (BRASIL, 2023).

Os resultados do SAEB revelaram baixos níveis de desempenho, especialmente em língua portuguesa e matemática, nos anos iniciais do Ensino Fundamental (EF), indicando deficiências no processo de alfabetização. Como resposta, o governo federal implementou diversas ações, incluindo programas de formação continuada para professores e a avaliação periódica dos alunos.

A Portaria INEP nº 336 de 2019 estabeleceu os parâmetros para avaliação do 2º ano do EF, revelando que cerca de 84 mil estudantes participaram da avaliação em 2019, com 4,6% não alcançando o nível mais básico de proficiência. Na segunda edição, em 2021, realizada durante a pandemia, houve um aumento na concentração de estudantes nos níveis mais baixos de proficiência, evidenciando uma piora no cenário educacional.

Os resultados apontam para uma disparidade na aprendizagem entre os estudantes brasileiros, destacando a insuficiência da alfabetização infantil, especialmente nas competências de *leitura e escrita*. A análise da distribuição do percentual de estudantes por níveis de proficiência em língua portuguesa no 2º ano do EF oferece um panorama detalhado da situação educacional do país nos anos de 2019 e 2021.

Figura 1 – Distribuição do Percentual dos Estudantes 2019 e 2021

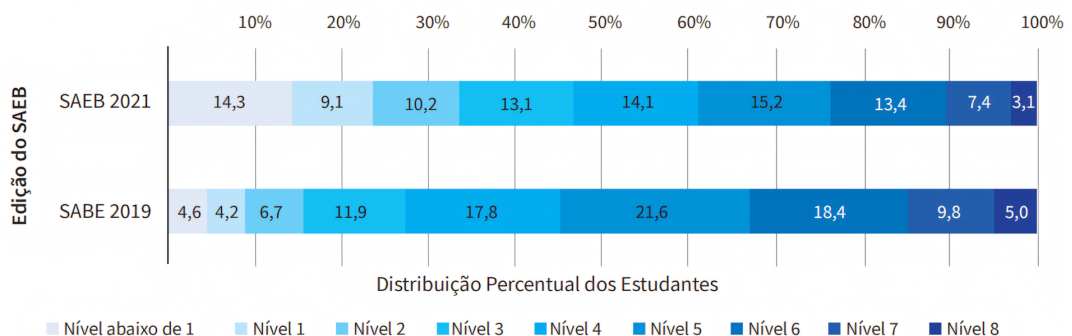


GRÁFICO 1

Fonte: Elaborado por SAEB (BRASIL, 2023).

Os dados obtidos pelo SAEB, especialmente após o período da pandemia de COVID-19, revelam uma defasagem considerável no aprendizado das crianças, em contraposição aos

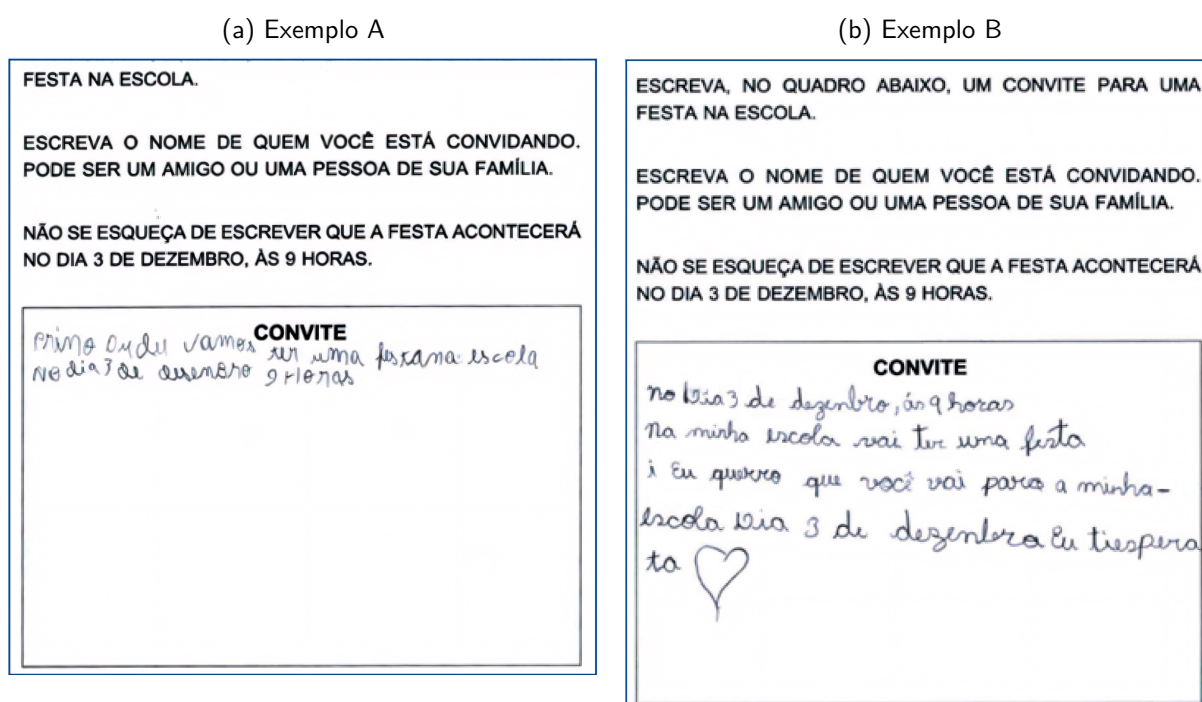
parâmetros estabelecidos pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o término do 2º ano do EF. Esta constatação ressalta a existência de um contingente significativo de crianças em todo o país que estão ficando aquém no processo educacional, demandando atenção especial.

Diante desse contexto, o INEP, como órgão competente na esfera federal para promover o acesso à educação, realizou o estudo chamado *Alfabetiza Brasil*. O objetivo deste estudo é oferecer diretrizes para a formulação de políticas que busquem resolver os problemas identificados, em conformidade com o direito social à educação estabelecido pela Constituição Federal de 1988.

Segundo o relatório obtido da pesquisa *Alfabetiza Brasil - SAEB*, conduzida com alunos do segundo ano do EF, constatou-se que, no que se refere às *convenções da escrita*, embora a ortografia das palavras não afete diretamente a compreensão textual, são evidentes os desvios na segmentação apropriada do texto (BRASIL, 2023).

A pesquisa *Alfabetiza Brasil* analisou as produções escritas, apresentando características dos estudantes considerados alfabetizados. A Figura 2 destaca essas discrepâncias. Os resultados indicam que, embora os alunos sejam capazes de formar palavras corretamente, eles frequentemente falham na segmentação adequada de sentenças, o que pode levar a dificuldades na leitura e na interpretação de textos.

Figura 2 – Produções Escritas



Fonte: Relatório Alfabetiza Brasil. (BRASIL, 2023).

A linguagem escrita, é uma atividade humana complexa que requer controle motor fino, percepção e habilidades de integração visual-motora. É durante a fase de alfabetização que essa capacidade é desenvolvida (PARK et al., 2019). A qualidade da linguagem escrita

está intimamente ligada à habilidade de segmentar corretamente as palavras e frases, já que uma escrita clara e bem estruturada facilita a compreensão textual.

O profissional responsável por monitorar esse desenvolvimento nos alunos deve ter um perfil psicopedagógico e ser capaz de acompanhar a Psicogênese da Língua Escrita (PLE) em diferentes momentos da instrumentação da linguagem. Esse monitoramento é um processo mental que vai desde a formação da imagem até a construção sensório-motora.

Além disso, a avaliação contínua das produções escritas dos alunos permite identificar dificuldades específicas, possibilitando a implementação de intervenções pedagógicas direcionadas. Essas intervenções podem incluir atividades lúdicas que estimulem a percepção visual e a coordenação motora, bem como exercícios específicos para melhorar a segmentação de palavras e a estruturação de frases.

A pesquisa também enfatiza a importância do ambiente escolar no desenvolvimento das habilidades de escrita. Um ambiente alfabetizador rico em materiais impressos, atividades interativas e suporte individualizado, contribui significativamente para o progresso dos alunos. Professores bem preparados e recursos adequados são fundamentais para proporcionar um ensino de qualidade e promover o sucesso na alfabetização.

Conclui-se que a integração de políticas educacionais, práticas pedagógicas eficazes e avaliação contínua é essencial para melhorar a qualidade da alfabetização no Brasil. O estudo *Alfabetiza Brasil* fornece uma base sólida para a elaboração de estratégias que visem não apenas a correção das dificuldades de escrita, mas também o desenvolvimento integral das habilidades linguísticas das crianças.

Para os educadores da primeira infância, o processo de alfabetização é uma responsabilidade séria, pois cabe a eles iniciar a jornada de aprendizado da *leitura e da escrita* nas crianças. O treinamento contínuo é importante para que os educadores aprimorem suas práticas pedagógicas e, conseqüentemente, contribuam para o desenvolvimento integral dos alunos (GEBRAN, 2004).

O ambiente de alfabetização é relevante na aquisição de conhecimento, influenciando diretamente o processo de aprendizagem. Ele promove a interação entre os alunos e o conhecimento, estimulando a curiosidade e a exploração (DOCKRELL; MARSHALL; WYSE, 2016).

No entanto, a organização escolar, a agenda de trabalho docente e os diversos objetivos impostos pelo sistema educacional podem fazer com que o educador se concentre apenas no processo de ensino da linguagem escrita, deixando de lado a identificação da evolução ou até mesmo da falha na aprendizagem causada por um transtorno cognitivo (BONNETON-BOTTE et al., 2023).

Os educadores da primeira infância devem conhecer a importância da alfabetização e seu papel nesse processo. Além disso, devem ter treinamento contínuo que lhes permitam criar ambientes de alfabetização que contribuam para o desenvolvimento pleno dos alunos (POLYAKOVA; KARPOV, 2020).

O professor enfrenta então uma tarefa hercúlea: ensinar 35 a 40 alunos a ler e escrever por turma, observando as variações na escrita da linguagem, considerando os elementos da psicologia e o contexto cultural em que essas crianças estão inseridas (FARIAS; BORTOLANZA, 2013).

No contexto da alfabetização de alunos, é de suma importância que o educador estabeleça, de maneira contínua, um objetivo pedagógico definido, acompanhado da delimitação de períodos regulares para a avaliação do progresso da aprendizagem. Além das metas predefinidas pelo sistema educacional, é primordial que essas metas sejam estabelecidas como garantidoras da qualidade do ensino, abrangendo uma diversidade de estudantes. No entanto, para alcançar tais metas, torna-se imperativo proceder a uma avaliação constante dos resultados obtidos durante a condução da prática pedagógica.

No curso desse processo, diversas abordagens metodológicas podem ser aplicadas, mediante a utilização de avaliações, exames e outros métodos de análise, os quais não somente permitem aferir o progresso dos alunos, mas também avaliar a eficácia do educador, possibilitando ajustes no conteúdo ministrado, de acordo com as necessidades identificadas em alunos que enfrentem desafios na aprendizagem (LUCKESI, 1998).

Os principais autores e suas contribuições no estudo da sondagem de hipóteses de escrita são fundamentais para compreender seu impacto no desenvolvimento da alfabetização infantil:

1. Emilia Ferreiro e Ana Teberosky são reconhecidas internacionalmente por suas pesquisas sobre o desenvolvimento da escrita infantil. Propuseram o modelo de progressão das hipóteses de escrita, fundamental para a sondagem (FERREIRO; TEBEROSKY, 1985).
2. Solange Batista é autora de "Sondagem: Hipóteses de Escrita e o Processo de Alfabetização", um trabalho de referência que oferece uma abordagem teórica e prática detalhada sobre a sondagem (BATISTA, 2010).
3. Dorathy Turim, doutora em Educação, contribuiu significativamente para a compreensão do papel da sondagem na alfabetização. Seu livro "Sondagem de Hipóteses de Escrita: Um Instrumento para o Acompanhamento da Aprendizagem" fornece um guia abrangente para a aplicação e análise da sondagem na prática educacional (TURIM, 2007).

Esses estudos são essenciais para entender como a sondagem de hipóteses de escrita pode ser aplicada eficazmente, contribuindo para o desenvolvimento da alfabetização em crianças.

Uma estratégia de avaliação frequentemente adotada por docentes, no sentido de medir o progresso dos estudantes em sua jornada de alfabetização, envolve a observação das hipóteses de escrita manifestadas pelos alunos, considerando os diferentes níveis de desenvolvimento da escrita. Esse procedimento é utilizado na determinação de um referencial que orienta as próximas etapas do processo de ensino, caracterizado como *Sondagem de Hipótese de Escrita (SHE)*.

Tradicionalmente, a SHE é executada mediante uma atividade pedagógica em que os alunos são instruídos a escrever um conjunto de palavras semanticamente relacionadas,

variando apenas a estrutura silábica.











Além disso, os alunos são incumbidos de formular uma frase que inclua uma palavra preestabelecida, todas elas ditadas pelo docente ou profissional psicopedagogo que realizará o acompanhando individualizado as crianças para praticarem a escrita por meio de folhas de exercícios ensinadas na sala de aula essas folhas não seguem uma padronização e geralmente são encontrados diversos modelos disponibilizados na *World Wide Web* ([WWW](http://www)), conforme exemplos da Figura 3.

Figura 3 – Exemplos de Folhas de Exercícios para SHE

(a) Exemplo A

NOME: _____ DATA: / / _____

ESCREVA OS NOMES:













	_____		_____
	_____		_____
	_____		_____
	_____		_____
	_____		_____

(b) Exemplo B

ATIVIDADE PARA SONDAGEM

NOME: _____ DATA: / / _____

ESCREVA O NOME DAS FIGURAS:

	_____		_____
	_____		_____
	_____		_____
	_____		_____
	_____		_____
	_____		_____

Fonte: ([Pinterest](https://www.pinterest.com), 2024).

Com o avanço da Inteligência Artificial (IA), as Redes Neurais Artificiais (RNA), baseadas em algoritmos de Aprendizado de Máquina (AM), têm ganhado destaque crescente devido à sua eficácia na análise de padrões e classificações. Isso pode auxiliar o profissional de educação na avaliação do Nível de Escrita Alfabética (NEA) e na categorização dos resultados obtidos. Ao proporcionar um tratamento mais direcionado para a melhoria da qualidade da educação, é relevante estudar maneiras de integrar essa tecnologia no cotidiano educacional.

Os dispositivos móveis, como *smartphones*, tornaram-se onipresentes na sociedade contemporânea. Oferecem uma ampla gama de aplicativos que vão desde redes sociais e entretenimento até serviços comerciais e operações bancárias exclusivamente móveis.

A ampla variedade de modelos de dispositivos móveis, com diferentes faixas de preço, marcas e especificações técnicas, os torna ferramentas indispensáveis para profissionais de diversas áreas. São utilizados para uma variedade de finalidades, como por serviços de *delivery*

e comunicação em redes sociais. Além de serem portáteis e facilmente transportáveis, esses dispositivos podem ser utilizados a qualquer momento, independentemente da disponibilidade de conexão à internet. Muitos deles também estão equipados com câmeras de alta resolução, úteis para documentar atividades educacionais e realizar inspeções técnicas. (MELO; SILVA, 2021)

Essas características fazem dos dispositivos móveis não apenas uma ferramenta de comunicação e entretenimento, mas também uma plataforma versátil para a integração de tecnologias educacionais avançadas, promovendo uma educação mais dinâmica e adaptativa.

Este estudo propõe investigar como a integração da IA e tecnologia móvel podem auxiliar a SHE na Educação Infantil (EI) e EF, aproveitando a ampla disponibilidade de dispositivos móveis. Tal abordagem pode permitir que os profissionais da educação identifiquem problemas de forma mais eficiente e tomem medidas apropriadas para melhorar a qualidade do ensino, reduzindo, assim, as dificuldades enfrentadas pelos alunos e maximizando o potencial de aprendizagem das crianças.

Dessa forma, a premissa deste trabalho é apresentar um produto tecnológico que possa auxiliar os professores a monitorar e identificar mais rapidamente o estágio de formação da linguagem escrita de crianças entre 4 a 7 anos de idade, iniciantes no processo de alfabetização.

Este produto educacional foi desenvolvido com tecnologia baseada em algoritmos de AM, com treinamento realizados com Máquina Ensinável (ME), do inglês *Teachable Machine* (TM) aplicados para identificar e categorizar a escrita das crianças. Portanto, o aplicativo Scribens Pro ajudará os professores do EI e EF a identificar e categorizar o estágio de cada estudante.

1.1 Justificativa

A BNCC no Brasil, promulgada em 2017¹, define diretrizes educacionais para todas as instituições de ensino do país. Esta normativa descreve competências específicas para o EF, incluindo a capacidade de compreender e utilizar tecnologias digitais de informação e comunicação de maneira crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais, inclusive as escolares. Isso implica habilidades de comunicação através de diferentes linguagens e mídias, produção de conhecimento, resolução de problemas e desenvolvimento de projetos autorais e coletivos.

Ademais, a BNCC estabelece objetivos de aprendizagem e habilidades que estão diretamente vinculados ao uso responsável e crítico das tecnologias digitais. Tais objetivos e habilidades têm como propósito preparar os alunos para enfrentar os desafios e demandas da sociedade digital contemporânea.

No que se refere à EI, no domínio “escuta, fala, pensamento e imaginação”, alguns dos objetivos de aprendizagem e experiências propostos pela BNCC são:

¹<<http://portal.mec.gov.br/conselho-nacional-de-educacao/base-nacional-comum-curricular-bncc>>

1. *Expressar ideias, desejos e sentimentos*: Os alunos devem ser capazes de expressar suas vivências por meio da linguagem oral e escrita espontânea, bem como por meio de outras formas de expressão, como fotos e desenhos (EI03EF01).

2. *Levantar hipóteses em relação à linguagem escrita*: Os alunos devem ser capazes de formular suposições e realizar registros de palavras e textos por meio de escrita espontânea, desenvolvendo assim a capacidade de compreender e interagir com a linguagem escrita (EI03EF09).

Para o 1º ano, uma habilidade específica de Língua Portuguesa relacionada a esses objetivos é:

- *Escrever palavras e frases de forma alfabética*: Os alunos devem ser capazes de escrever, de forma espontânea ou por ditado, palavras e frases utilizando letras e grafemas que representem fonemas, ou seja, compreender e aplicar princípios básicos da escrita alfabética (EF01LP02).

Diante do exposto, para os profissionais da educação a democratização das Tecnologias da Informação e Comunicações (TIC) possibilita-lhes a compreensão e aplicação de conceitos relacionados à IA e do AM em suas vidas profissionais. Isso não apenas amplia significativamente o acesso ao conhecimento, mas também capacita as pessoas para os desafios e oportunidades que o futuro digital apresenta.

Com o aumento do número de estudantes, deve-se aprimorar as técnicas de ensino e desenvolvimento escolar para garantir o bem-estar educacional de todos.

As RNA, do inglês *Artificial Neural Networks* (ANN) possuem a capacidade de detectar e classificar diferentes problemas, ao testar vários modelos de redes neurais para classificação de imagens (SILVA, 2018).

Em particular, nos ambientes de EI e EF, onde o acesso a recursos e tecnologias pode ser limitado, um aplicativo móvel surge como uma alternativa acessível. Esse aplicativo pode identificar e classificar com precisão os diferentes níveis de escrita, auxiliando os educadores no acompanhamento e desenvolvimento das habilidades dos alunos.

Os dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*, apresentam a vantagem de serem portáteis, permitindo sua utilização no ambiente escolar. Isso possibilita que os profissionais da educação acessem diversos recursos anteriormente indisponíveis. Por exemplo, eles podem identificar dificuldades, buscar soluções e colaborar com especialistas diretamente na escola, eliminando a necessidade de deslocamento para grandes centros ou o uso de computadores convencionais.

Considerando que nem sempre há conexão com a internet disponível, é essencial que o sistema opere de forma independente, realizando a classificação *offline* com agilidade e precisão. Essa funcionalidade é crucial para garantir que os educadores possam utilizar a tecnologia a qualquer momento, sem depender de uma conexão estável.

Em resposta a esses requisitos, optou-se por utilizar a tecnologia TM², uma rede

²<<https://teachablemachine.withgoogle.com/>>

baseada em *MobileNet*³ e uma estrutura *TensorFlow Lite (TFLite)*⁴, que oferecem vantagens para uso em ambiente escolar. Essas tecnologias não apenas suportam a operação *offline*, mas também são leves e eficientes, adequadas para dispositivos móveis com recursos limitados.

1.2 Questões Principais de Pesquisa

1. É viável desenvolver uma ferramenta fundamentada em tecnologias computacionais que possa auxiliar o educador ao longo de todo o processo de SHE e na identificação dos níveis de escrita dos alunos?
2. De que maneira uma ferramenta tecnológica, utilizando IA, pode prestar apoio ao docente na identificação de regras e padrões manifestados pelos alunos durante o processo de avaliação?
3. Como os resultados obtidos a partir do uso dessa ferramenta tecnológica podem ser utilizados pela instituição para orientar o processo de alfabetização dos alunos?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

De acordo como exposto, o presente estudo visa desenvolver um produto tecnológico destinado a auxiliar professores na avaliação da escrita inicial infantil, utilizando IA e AM na educação.

1.3.2 Objetivos Específicos

A pesquisa foi estruturada em torno dos seguintes objetivos específicos:

- Realizar o treinamento do modelo utilizando uma arquitetura baseada na rede *MobileNet*;
- Conduzir testes e coletar métricas de desempenho do modelo;
- Avaliar criticamente os resultados obtidos por meio da análise qualitativa e quantitativa;
- Desenvolver o aplicativo de SHE para EI e EF e disponibilizá-lo para uso público, seguindo os padrões e diretrizes estabelecidos para publicação na área educacional.

1.4 Área de Pesquisa

O estudo aborda a convergência entre Tecnologia da Informação (TI) e Ciência da Computação, dentro da linha de pesquisa *Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM)*. Utilizando uma abordagem qualitativa e baseando-se em fontes como artigos *online*, livros e aplicativos existentes, a pesquisa amplia o entendimento nesse campo. A TI desempenha

³<<https://arxiv.org/abs/1704.04861>>

⁴<<https://www.tensorflow.org/lite/guide?hl=pt-br>>

um papel importante na **STEM**, aplicando sistemas computacionais na solução de problemas reais, enquanto a Ciência da Computação impulsiona a inovação com novas tecnologias e algoritmos. A metodologia qualitativa permite uma análise detalhada de casos e tendências, fornecendo *insights* valiosos para a comunidade científica. Ao utilizar fontes confiáveis, o estudo promove a inovação e o avanço do conhecimento na interseção entre **TI** e Ciência da Computação e Educação, contribuindo para a linha de pesquisa **STEM** (MOREIRA, 2018).

1.5 Organização da Dissertação

A presente dissertação está estruturada da seguinte forma:

No **Capítulo 1** - Introdução: Posiciona o leitor com relação ao projeto de pesquisa e apresenta o contexto da área de aplicação do mesmo.

O **Capítulo 2** - Fundamentação Teórica: Apresenta uma reflexão sobre os principais conceitos encontrados na literatura.

O **Capítulo 3** - Materiais e Métodos: Descreve o método de pesquisa adotado e apresenta o mapeamento sistemático realizado para elencar as ferramentas digitais existentes.

O **Capítulo 4** - Resultados: Discussões sobre os dados apurados.

O **Capítulo 5** - Conclusões: Destaca as considerações obtidas a partir do estudo e da análise dos dados coletados ao longo do trabalho. Também apresenta as contribuições da pesquisa e possíveis retomadas do tema em trabalhos futuros.

2 Fundamentação Teórica

Neste capítulo, serão discutidos os principais conceitos sobre alfabetização e letramento, as principais técnicas utilizadas na identificação do NEA, seguido por uma análise da evolução histórica da IA. Em seguida, será detalhada a arquitetura específica da rede neural utilizada neste trabalho, a ME. Por fim, serão revisadas pesquisas anteriores que abordam temas similares.

2.1 Alfabetização e Letramento

Na discussão sobre alfabetização e letramento, embora sejam processos distintos com características próprias, ambos são essenciais no ensino inicial da escrita. Soares (2003) define a *alfabetização* como o processo de aprender o sistema alfabético para ler e escrever, enquanto o *letramento* refere-se ao processo de aprender a utilizar esse sistema em contextos sociais, envolvendo atividades como interpretação de textos e produção de diferentes gêneros textuais [Figura 4](#).

Desta forma, a alfabetização, conceituada como o processo de ensino e aprendizagem das habilidades de leitura e escrita em um sistema alfabético, é uma área de estudo fundamental na educação.

Conforme salientado por Soares (2003), a alfabetização infantil abarca não somente a instrução nas letras e seus sons, mas também considera as etapas do desenvolvimento infantil, as bases teóricas educacionais e os métodos de ensino e avaliação apropriados para crianças do EI e nos primeiros anos do EF.

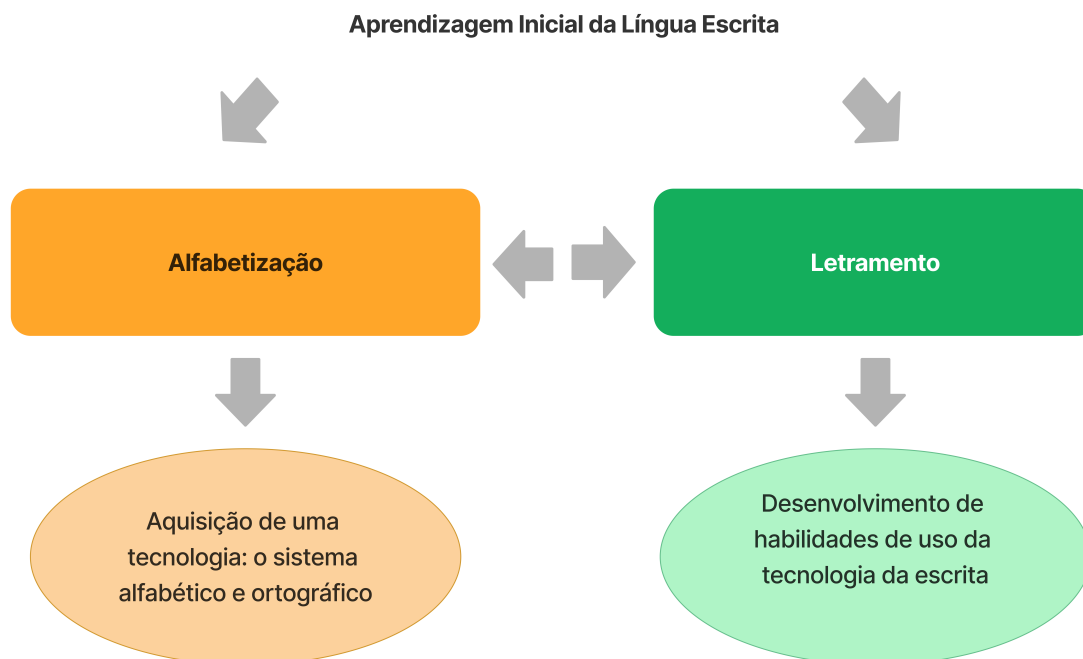
Portanto, a alfabetização infantil envolve um processo amplo e complexo, que demanda uma compreensão profunda das teorias educacionais e práticas pedagógicas adequadas às características e necessidades específicas das crianças em seu percurso de aprendizagem inicial (MORTATTI, 2011).

Diversos profissionais da educação criticam os métodos de alfabetização atuais, dizendo que “*antigamente as crianças aprendiam a ler mais rápido*” ou que “*os métodos atuais só ensinam as crianças a brincar e desenhar*”. No entanto, é importante lembrar que o processo de alfabetização atual se baseia no conhecimento holístico do texto que envolve uma palavra, sílaba ou letra (MORTATTI, 2011).

Isso é diferente do que acontecia no passado, quando as crianças aprendiam as letras por meio de seus fonemas, sem se preocupar com o contexto que as cercava. Essa forma de alfabetização por meio de fonemas ainda tem reflexos hoje para aqueles que a vivenciaram, principalmente em relação à interpretação de textos, formação crítica e argumentação, pois eles não foram preparados para essas situações.

Estudos como o de Clay et al. (2000) mostram que a alfabetização acontece em estágios. A primeira fase é a *consciência fonêmica*, que é a capacidade de identificar e manipular

Figura 4 – Alfabetização e Letramento



Fonte: Adaptado de (SOARES, 2003).

os sons da fala. Depois, as crianças começam a associar esses sons aos símbolos escritos, o que é essencial para entender a relação entre letras e sons.



Quando alguém se torna alfabetizado, passa pelas etapas já descritas, e o professor é treinado para identificar em qual estágio o aluno se encontra, de modo que possa adaptar as atividades para ajudá-lo a superar a fase atual e avançar para os estágios seguintes, como a alfabetização (LONGCAMP; ZERBATO-POUDOU; VELAY, 2005). Assim, o método geralmente utilizado para realizar avaliações é o teste de SHE. Como mostrado na Figura 5, identificar em qual nível de escrita as crianças se encontram é fundamental para que os professores possam definir propostas/atividades significativas e conflitos cognitivos para que as crianças em idade pré-escolar possam progredir nesse processo evolutivo.

Durante essa fase, a forma da letra é associada a um som (conhecimento perceptivo e linguístico). Em seguida, as crianças traçam e copiam as formas das letras (habilidades motoras), o que requer habilidades cognitivas como planejamento motor e execução motora (RE et al., 2023).

2.1.1 Aprendizagem Inicial da Escrita

Diversos autores propõem uma observação que depende da língua materna e do ambiente cultural e civilizacional em que a criança está inserida (QI; LAPKIN, 2001). No entanto, a maioria concorda que a primeira etapa das tentativas de escrita de uma criança busca representar o mundo de maneira direta e não arbitrária, ou seja, os elementos que compõem o

Figura 5 – Ilustração dos Estágios de Escrita da palavra Pato

Pré-Silábico			Silábico	Silábico-Alfabético	Alfabético
Icônica	Garatuja	Escrita Diferenciada			
		<u>SCO</u> <u>NI</u>	<u>PT</u> <u>AO</u>	<u>PAT</u> <u>PTO</u>	<u>PATO</u> <u>PATU</u>

Fonte: Autoria própria (2023).

sistema devem ser semelhantes ao que representam. Essa etapa é chamada de *não alfabética*. (GONZALEZ-LOPEZ, 2021).

O próximo passo no desenvolvimento das hipóteses da criança é a percepção da natureza arbitrária e convencional do sistema de escrita. Elas já sabem que a escrita é composta por símbolos e que esses símbolos não representam diretamente a realidade. (RE et al., 2023).

Cada criança passa por essas etapas em seu próprio ritmo, e não há um tempo definido para alcançá-las. O importante é que os pais ou responsáveis e os professores apoiem a criança durante esse processo e a incentivem a continuar aprendendo (FERREIRO; TEBEROSKY, 1986).

2.1.2 O Processo de Identificação e Categorização

A compreensão do mapeamento entre letras e sons começa a emergir entre os 3 e 4 anos de idade (FERREIRO; TEBEROSKY, 1986; POLLO; KESSLER; TREIMAN, 2005). As produções escritas das crianças dessa faixa etária exibem características comuns, estudadas por diversos teóricos. (POLLO; TREIMAN; KESSLER, 2007) revisaram criticamente três principais perspectivas sobre o desenvolvimento da escrita infantil: fonológica, construtivista e da aprendizagem estatística. Essas perspectivas se baseiam na investigação sobre como as crianças assimilam os processos de escrita e leitura. (SOARES, 2019b) destaca que, apesar das semelhanças em vários aspectos, as teorias do desenvolvimento da escrita infantil diferem essencialmente na delimitação de fases e critérios. A seguir, descrevem-se brevemente essas perspectivas.

2.1.3 Perspectiva Fonológica

A pesquisa de (READ, 1971) na década de 1970 teve um impacto significativo na compreensão do desenvolvimento da escrita infantil. Read sugeriu que as crianças inventam suas escritas com base na percepção dos sons da língua e no conhecimento das letras do alfabeto (SOARES, 2019b). Isso levou ao conceito de “escrita inventada”, onde a criança cria grafias

antes de aprender a escrita convencional. (GENTRY, 1982) analisou os padrões progressivos das escritas inventadas, determinando estágios de desenvolvimento. Décadas depois, (GENTRY, 2004) propôs uma escala de escrita em níveis, incluindo a escrita não alfabética, onde crianças se expressam por desenhos e traços, sem uso de letras (SOARES, 2019b).

Outras teorias fonológicas surgiram, como a de (EHRI, 2002), que descreve quatro fases progressivas do desenvolvimento da leitura, com foco na associação entre sons e letras. A perspectiva fonológica, de forma geral, descreve o desenvolvimento da escrita como uma habilidade crescente de mapear os sons das palavras, propondo modelos de fases ou estágios baseados no conhecimento dos fonemas e sua correspondência com grafemas (WESTWOOD, 2018; GENTRY, 1982; POLLO; TREIMAN; KESSLER, 2007).

2.1.4 Perspectiva Construtivista

Influenciada pela obra de Piaget (1964), a perspectiva construtivista postula que, em sociedades letradas, as crianças têm uma compreensão genuína sobre a escrita antes mesmo de entenderem que ela representa a fala ao nível dos fonemas (POLLO; TREIMAN; KESSLER, 2007; SOARES, 2019b). (FERREIRO; TEBEROSKY, 1986) estudaram as hipóteses das crianças sobre letras e sons antes da escolarização formal, propondo uma classificação em seis níveis de desenvolvimento. Esses níveis vão desde o estágio pré-silábico, onde a escrita é composta por traços e desenhos, até o estágio alfabético, onde a criança compreende que cada letra representa valores sonoros menores que a sílaba.

2.1.5 Perspectiva da Aprendizagem Estatística

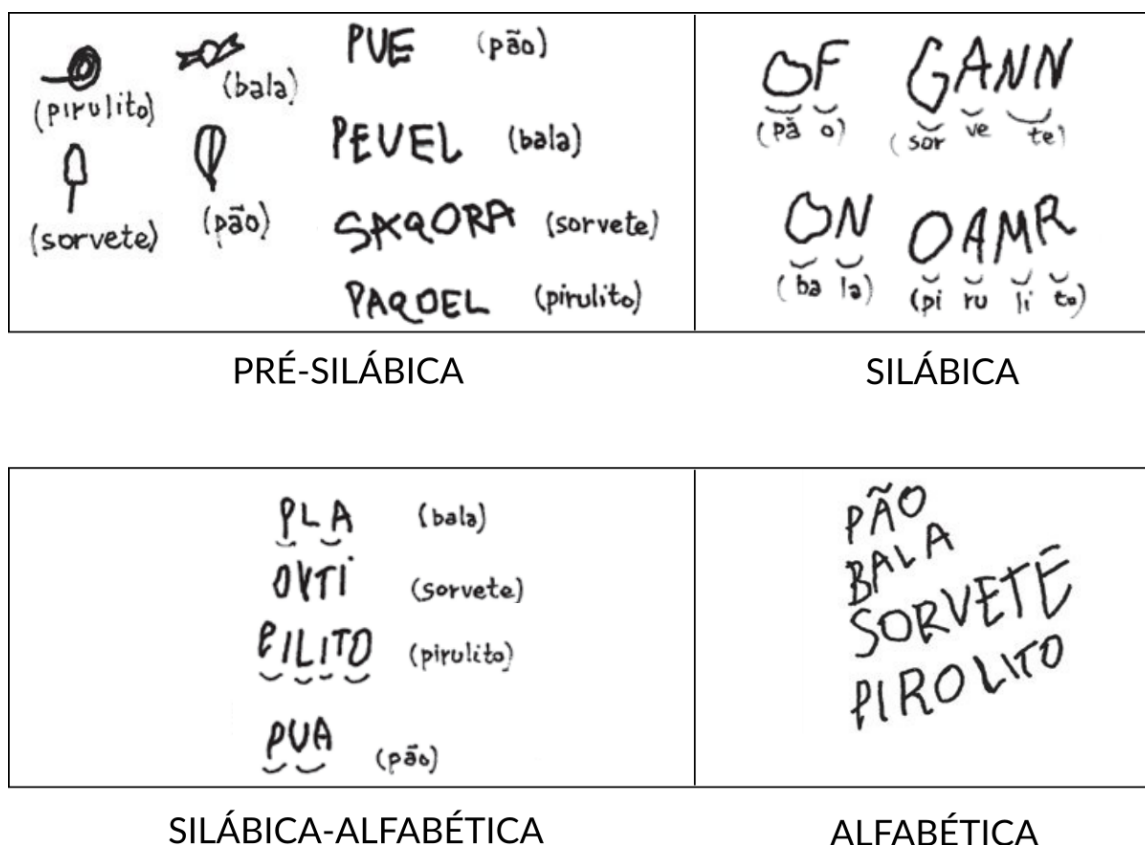
A perspectiva da aprendizagem estatística é relativamente nova e amplia o entendimento da escrita inicial para além das características fonológicas e não fonológicas (POLLO; TREIMAN; KESSLER, 2007). Esta perspectiva considera que as crianças aprendem implicitamente os padrões gráficos e fonológicos observando regularidades da escrita nos materiais de texto aos quais são expostas (TREIMAN, 2020; POLLO; KESSLER; TREIMAN, 2005). Ao contrário das perspectivas fonológica e construtivista, que enfatizam a progressão de estágios, a aprendizagem estatística sugere que as escritas iniciais não são universais, mas fortemente influenciadas pelas propriedades do sistema de escrita que estão aprendendo.

As avaliações de escrita inicial são comuns em ambientes educacionais e clínicas de desenvolvimento infantil. Independentemente da abordagem teórica adotada, o uso de papel e lápis permanece predominante nas atividades de escrita das crianças (VERHOEVEN et al., 2020; ENDLICH et al., 2021; DAWIDOWSKY et al., 2021). Isso evidencia a importância de familiarizar as crianças com materiais tradicionais de escrita desde cedo, tanto em casa quanto na escola.

2.1.6 Classificação das Hipóteses de Escrita segundo Ferreiro, Teberosky e Lichtenstein (1986)

As autoras (FERREIRO; TEBEROSKY, 1986) realizaram um estudo seminal sobre a psicogênese da língua escrita, propondo uma classificação em seis níveis para as hipóteses das crianças sobre a escrita. Esses níveis refletem a progressão das crianças na compreensão e uso da escrita, desde rabiscos até a escrita alfabética convencional. A Figura 6, detalham-se esses níveis:

Figura 6 – Exemplos de Construção nos diferentes estágios da Psicogênese da Escrita.



Fonte: Adaptado de (MORAIS, 2012).

Nível Pré-Silábico (Níveis 1 e 2): No nível 1 as crianças reproduzem traços típicos da escrita que identificam em seu ambiente. Exemplo: Elas podem não distinguir letras de desenhos e números. A escrita frequentemente aparece como rabiscos ou traços aleatórios. A escrita é uma imitação visual, sem uma correspondência fonológica. No nível 2, as crianças começam a usar letras, embora muitas vezes de forma desorganizada e sem relação fonética com os sons das palavras. Exemplo: Elas podem escrever várias letras em sequência e “ler” o que escreveram sem análise fonética. As letras usadas não correspondem aos sons da fala, indicando uma falta de compreensão da correspondência letra-som.

Nível Silábico (Níveis 3 e 4): No nível 3: As crianças tentam associar cada letra a um som, geralmente uma sílaba. No entanto, as letras escolhidas podem não ter correspondência fonética adequada. Exemplo: A palavra “macaco” pode ser escrita como “IXS”, com as crianças

associando cada letra a uma sílaba sem precisão fonética. O uso de letras é aleatório e não fonético. No nível 4: As crianças começam a usar letras que têm correspondência fonética com os sons das sílabas, mas ainda de forma incompleta. Exemplo: A mesma palavra “macaco” pode ser escrita como “AAO”, onde cada letra corresponde a um som da sílaba. Há um progresso na associação fonética, mas ainda falta precisão.

Nível Silábico-Alfabético (Nível 5): As crianças percebem que os sons não são representados por uma única letra e começam a transição para a escrita alfabética. Exemplo: “Macaco” pode ser escrito como “MACAO”, com a última sílaba incompleta. Este nível marca a transição entre a escrita silábica e alfabética, com tentativas de uso mais preciso de letras para sons.

Nível Alfabético (Nível 6): As crianças compreendem que cada letra representa um som específico e realizam uma análise fonética detalhada das palavras. Exemplo: “Raposa” pode ser escrita como “RAPOZA”, onde há uma compreensão geral da correspondência fonêmica, mas ainda com erros ortográficos comuns. As crianças ainda enfrentam dificuldades com regras ortográficas complexas, mas já utilizam uma abordagem sistemática para a escrita.

([FERREIRO; TEBEROSKY, 1986](#)) também desenvolveram um método para avaliar essas hipóteses de escrita, conhecido como SHE. Esse método envolve a ‘ditagem’ de palavras e frases para a criança, que deve escrevê-las e depois ler o que escreveu, tocando com o dedo no papel. O padrão de toque da criança ao ler suas palavras escritas indica ao avaliador sua compreensão das sílabas e dos sons representados pelas letras.

Embora a teoria de ([FERREIRO; TEBEROSKY, 1986](#)) tenha sido amplamente aceita e utilizada, especialmente na América Latina, algumas críticas destacam limitações na compreensão de sílabas e a influência das regularidades da escrita observada pelas crianças ([POLLO; TREIMAN; KESSLER, 2007](#)). A perspectiva da aprendizagem estatística, por exemplo, sugere que a fase silábica pode não se confirmar e que as escritas das crianças refletem padrões observados na língua, mais do que uma progressão de estágios.

A classificação dos níveis de escrita proposta por ([FERREIRO; TEBEROSKY, 1986](#)) oferece uma estrutura valiosa para entender o desenvolvimento da escrita infantil. Essa teoria continua a influenciar práticas educacionais e avaliações, ajudando educadores a adaptar suas estratégias de ensino conforme o nível de compreensão das crianças sobre a escrita.

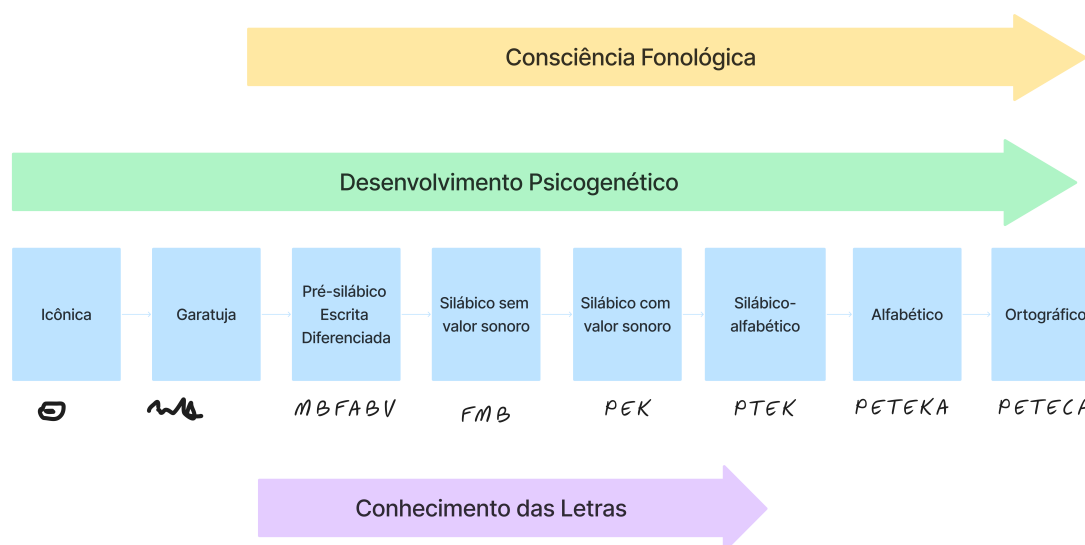
2.1.7 Classificação das Hipóteses de Escrita segundo Soares (2023)

Magda Soares, em seu livro *Alfabetar: Toda criança pode aprender a ler e a escrever*, detalha a classificação das hipóteses das crianças sobre a escrita em vários níveis de desenvolvimento ([SOARES, 2003](#)).

Essa classificação, conforme a [Figura 7](#) ajuda a compreender o processo gradual pelo qual as crianças passam ao aprender a ler e escrever. A obra de Soares não apenas descreve esses estágios, mas também explora como os educadores podem adaptar suas práticas pedagógicas para apoiar de maneira eficaz o desenvolvimento das habilidades de escrita das

crianças, proporcionando uma base sólida para o progresso educacional e cognitivo na infância.

Figura 7 – Classificação das Hipóteses de Escrita



Fonte: Adaptado de (SOARES, 2003).

A classificação das hipóteses de escrita, oferece uma estrutura fundamental para compreender o desenvolvimento inicial da alfabetização. Este sistema classificatório permite uma análise detalhada das etapas pelas quais as crianças passam ao aprender a ler e escrever, desde os estágios iniciais de representação pictórica até a aquisição das regras ortográficas convencionais (SOARES, 2003).

Icônica (Nível 1): Nesta fase, a criança utiliza desenhos e símbolos para representar ideias e objetos. Exemplo: Uma criança pode desenhar uma casa para representar a palavra “casa”. A escrita é predominantemente pictórica, sem entendimento de letras ou sons.

Garatuja (Nível 2): A criança faz rabiscos que se assemelham à escrita, mas sem formar letras reconhecíveis. Exemplo: Rabiscos curvilíneos ou linhas onduladas que a criança acredita representar escrita. É uma fase de imitação visual da escrita adulta, sem correspondência fonológica.

Escrita Diferenciada (Nível 3): A criança começa a distinguir que a escrita é composta por diferentes formas gráficas, ainda que não sejam letras. Exemplo: Pode usar uma série de formas e linhas para tentar diferenciar palavras. Há um reconhecimento inicial de que a escrita é diferenciada e não uma série de desenhos aleatórios.

Silábico Sem Valor Sonoro (Nível 4): A criança começa a associar uma letra a cada sílaba, mas sem correlação fonética correta. Exemplo: “Macaco” pode ser escrito como “A B C”. A compreensão da relação entre som e letra ainda está ausente, mas há um esforço para representar sílabas.

Silábico Com Valor Sonoro (Nível 5): A criança usa letras que têm uma correspondência fonética parcial com os sons das sílabas. Exemplo: “Macaco” pode ser escrito como

“M K K”. A criança entende que as letras representam sons, mas ainda de forma incompleta e muitas vezes imprecisa.

Silábico-Alfabético (Nível 6): A criança começa a usar letras que representam sons individuais das sílabas, mas não de forma consistente. Exemplo: “Macaco” pode ser escrito como “MKAO”. Esta fase é uma transição entre a escrita silábica e a alfabética, com tentativas de maior precisão fonética.

Alfabético (Nível 7): A criança compreende que cada letra representa um som específico e começa a escrever de forma mais correta. Exemplo: “Macaco” é escrito corretamente como “MACACO”. Apesar de ainda haver erros ortográficos, a criança demonstra uma compreensão clara da correspondência fonêmica.

Ortográfico (Nível 8): A criança domina as regras ortográficas e escreve de forma convencional. Exemplo: “Raposa” é escrita corretamente como “RAPOSA”. Há um entendimento completo das regras de escrita, incluindo uso correto de acentuação e grafemas complexos.

2.1.8 Comparação entre a Classificação dos Níveis de Escritas

A comparação entre a classificação dos níveis de escrita proposta por (FERREIRO; TEBEROSKY, 1986) na psicogênese da língua escrita e a classificação de (SOARES, 2019a) em *Alfaletrar: Toda Criança Pode Aprender a Ler e a Escrever* revela diferentes abordagens teóricas e ênfases no desenvolvimento da escrita infantil.

Ferreiro, junto com Teberosky e Lichtenstein, propôs uma classificação que se concentra na progressão cognitiva das crianças ao longo de seis níveis distintos, desde o estágio pré-silábico até o estágio alfabético (FERREIRO; TEBEROSKY, 1986). Este modelo enfatiza a evolução na compreensão das relações entre letras, sílabas e sons, destacando a transição gradual da escrita como um processo de construção ativa do conhecimento.

Por outro lado, Magda Soares amplia essa perspectiva ao introduzir uma classificação que também abrange estágios iniciais de representação pictórica e garatuja, além de subdividir os estágios silábicos em categorias que diferenciam entre silábico sem valor sonoro, silábico com valor sonoro e silábico-alfabético (SOARES, 2019a). Esta abordagem mais detalhada não apenas descreve os estágios de desenvolvimento da escrita, mas também considera a importância do reconhecimento visual e do entendimento inicial da estrutura da linguagem escrita.

Assim, enquanto Ferreiro foca na evolução cognitiva da criança na relação entre som e grafia (FERREIRO; TEBEROSKY, 1986), Soares expande essa visão ao incluir aspectos mais amplos do desenvolvimento da escrita, como a representação visual e as variações na correspondência entre som e letra em estágios intermediários (SOARES, 2019a).

Ambas as teorias são fundamentais para orientar práticas educacionais e compreender como as crianças constroem seus conhecimentos sobre a linguagem escrita, oferecendo *insights* valiosos para educadores e pesquisadores no campo da alfabetização infantil.

2.1.9 Recursos Tecnológicos para Leitura e Escrita

Recursos tecnológicos para leitura e escrita têm mudado recentemente alguns métodos escolares. Por exemplo, várias escolas introduziram *tablets* para complementar o trabalho escrito existente em sala de aula (MARQUARDT et al., 2016).

A tecnologia é uma solução viável para facilitar a aprendizagem das habilidades de caligrafia e envolver as crianças no processo de prática (MOMBACH; SOARES, 2021). Na tecnologia, o desenvolvimento de aplicativos especificamente para caligrafia pode ser aplicado a várias situações educacionais.

No entanto, mais informações sobre os resultados do uso desses aplicativos, especialmente em habilidades motoras finas especializadas como caligrafia, são necessárias.

2.2 Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina

IA é uma subárea da computação dedicada ao estudo e desenvolvimento de sistemas capazes de realizar tarefas inteligentes, como análise, raciocínio, aprendizado e resolução de problemas de maneira similar aos seres humanos (FERNANDES, 2005).

Segundo Faceli e al. (2011), no passado, a IA era predominantemente teórica e tinha poucas aplicações práticas, geralmente em problemas desafiadores, porém de escopo limitado no mundo real. Os problemas eram resolvidos utilizando linguagens de programação convencionais e métodos passo a passo. A partir da década de 1970, houve uma maior difusão de técnicas computacionais voltadas para a IA, o que possibilitou o desenvolvimento de aplicações mais amplas.

As primeiras aplicações práticas eram baseadas na aquisição de conhecimento em domínios específicos, como medicina, onde sistemas eram codificados com regras e fluxos de conhecimento para realizar diagnósticos (MASTELLA; ABEL, 2004). Essas aplicações foram denominadas como Sistemas Especialistas ou Sistemas Baseados em Conhecimento. Entretanto, esses sistemas apresentavam limitações, uma vez que dependiam grandemente da base de conhecimento embutida e poderiam ser ineficazes para resolver problemas fora de seu domínio. O conhecimento era adquirido por meio de entrevistas com especialistas, um processo muitas vezes demorado e que nem sempre envolvia todas as partes interessadas, devido à preocupação com a substituição do profissional pela máquina. (FACELI; AL., 2011); (MASTELLA; ABEL, 2004).

Com o aumento da complexidade dos problemas e da quantidade de informações disponíveis, surgiu a necessidade de métodos computacionais mais eficientes e autônomos, capazes de aprender com experiências passadas e formular soluções sem intervenção humana. Essa abordagem é conhecida como AM. (FACELI; AL., 2011); (FERNANDES, 2005).

No campo do AM, os computadores são programados para aprenderem com experiências passadas, seguindo o conceito de inferência por indução. Isso significa que eles são capazes de obter conclusões com base em um conjunto de dados conhecido como *datasets*. (FACELI;

AL., 2011).

Segundo (RUSSELL; NORVIG, 2003), as técnicas de AM podem ser classificadas em três categorias, de acordo com a natureza da resposta que a máquina recebe sobre seu aprendizado. Essas categorias são: *aprendizado supervisionado*, *aprendizado não supervisionado* e *aprendizado por reforço*, que serão abordados na Subseção 2.3.4.

O AM é uma área interdisciplinar proeminente na Ciência da Computação, que depende diretamente ou indiretamente de outras disciplinas, como Probabilidade e Estatística, Teoria da Computação, Neurociência e Teoria da Informação (FACELI; AL., 2011); (MITCHELL, 1997).

De acordo com (FACELI; AL., 2011), entre as aplicações do AM, vale a pena destacar: reconhecimento de palavras e voz, detecção de fraudes em cartões de crédito, veículos autônomos, ferramentas capazes de competir em jogos e vencer seres humanos, como também análise de clima.

2.3 Redes Neurais Artificiais

Os estudos em RNA surgem da constatação de que o cérebro humano processa informações de maneira diferente de um computador digital convencional. O cérebro humano é capaz de processar informações complexas de forma *não linear e paralela* (HAYKIN, 2007).

No cotidiano, muitas vezes realizamos inúmeras tarefas que demandam processamento de informações distintas e atenção a eventos variados, sem perceber. O simples ato de reconhecer um rosto conhecido representa um grande desafio para a computação. Uma caminhada, por exemplo, envolve conceitos de memória, coordenação física e aprendizado, tudo isso devido a um complexo sistema de processamento, o *cérebro* (FACELI; AL., 2011).

O cérebro humano organiza suas células constituintes, conhecidas como *neurônios*, de maneira a conduzir, receber e transmitir impulsos nervosos pelo corpo, reagindo adequadamente e processando informações muito mais rápido do que qualquer computador já criado (HAYKIN, 2007).

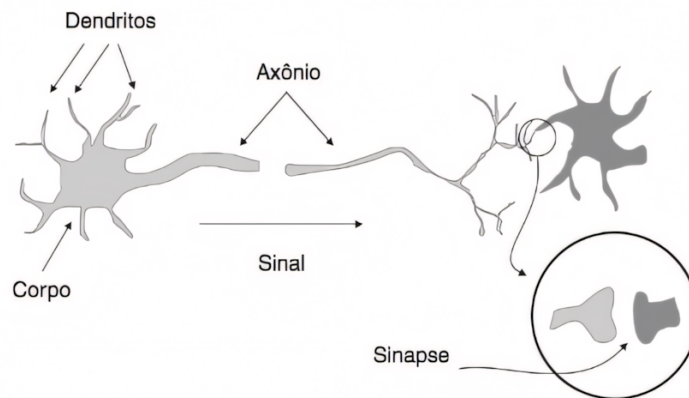
Pode-se concluir que as RNA se baseiam no funcionamento do cérebro humano, empregando neurônios e conexões para aprender, armazenar conhecimento e aplicá-lo na tomada de decisões e execução de ações.

2.3.1 Sistema Nervoso Biológico

Segundo (FACELI; AL., 2011), o sistema nervoso, do qual o cérebro é uma parte integral, constitui um sistema complexo de células que regula o funcionamento e comportamento dos seres vivos. Sua unidade fundamental são os neurônios, que têm a capacidade de reagir a estímulos, sejam eles internos ou externos, permitindo a transmissão de impulsos elétricos para outros neurônios. Um neurônio biológico é composto por três partes distintas: dendritos, corpo celular e axônio. A Figura 8 ilustra de forma simplificada um neurônio biológico.

Os *dendritos* recebem sinais elétricos ou químicos de outros neurônios por meio das

Figura 8 – Neurônio Biológico Simplificado



Fonte: Faceli et al. (2011).

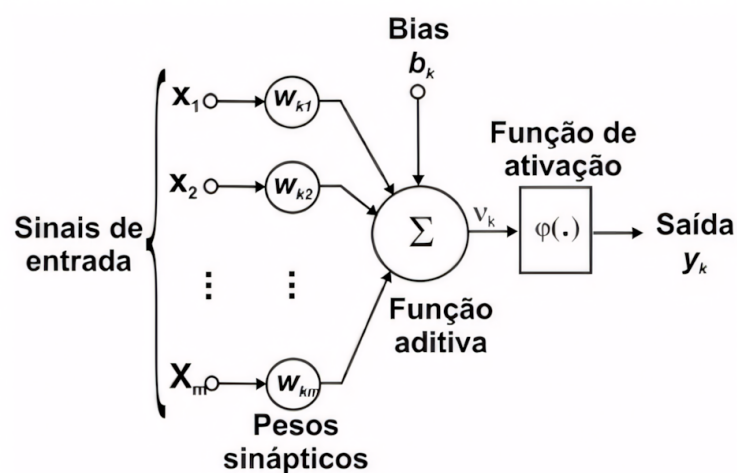
sinapses, enquanto o *corpo celular* processa esses sinais e os envia para o neurônio adjacente. O cérebro é composto por bilhões de neurônios, variando na quantidade de acordo com seu tamanho, formando uma enorme rede de comunicação (ACADEMY, 2019; ACADEMY, 2014).

2.3.2 Neurônio Artificial

Com base na estrutura dos neurônios biológicos, pesquisadores desenvolveram um modelo de neurônio artificial, também conhecido como neurônio matemático. A premissa é simples: se as redes neurais biológicas são responsáveis pela inteligência humana, então é possível criar IA por meio de RNA. (ACADEMY, 2019).

O primeiro modelo de neurônio matemático, proposto por (MCCULLOCH; PITTS, 1943)), ainda é amplamente aceito. Esse modelo busca simplificar a estrutura de um neurônio biológico. No modelo, o neurônio calcula a soma ponderada das várias entradas, aplica uma função de ativação e transmite o resultado adiante. A Figura 9 ilustra esse modelo.

Figura 9 – Representação de um Neurônio Artificial



Fonte: Martins-Filho, Mol e Rocha (2005).

2.3.3 Arquiteturas de Redes Neurais Artificiais

Segundo (HAYKIN, 2007), uma RNA é um processador distribuído de forma paralela, projetado para armazenar conhecimento com base em experiências passadas e disponibilizá-lo para uso posterior. Essa abordagem se assemelha ao funcionamento do cérebro humano em dois aspectos principais:

1. *Capacidade de Aprendizado*: Assim como o cérebro humano, uma RNA é capaz de adquirir conhecimento por meio de experiências e aprendizado.

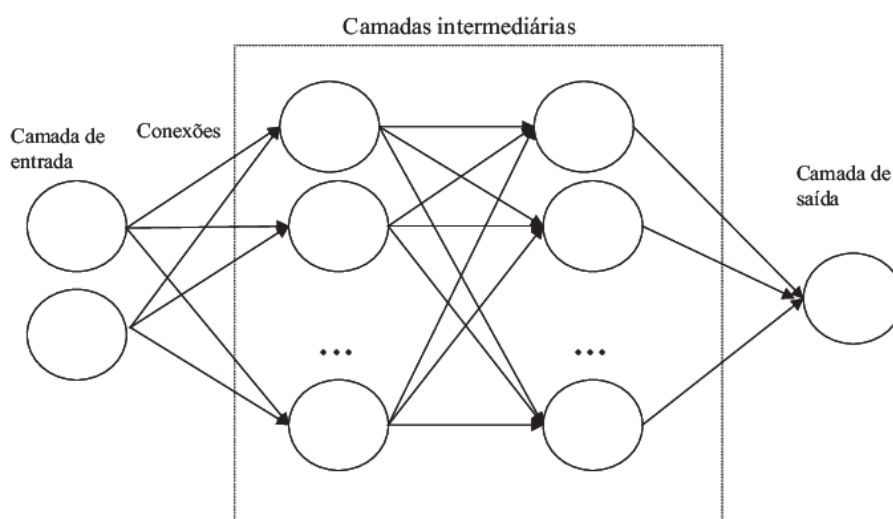
2. *Ligações entre Neurônios (Pesos Sinápticos)*: Os pesos sinápticos em uma RNA são responsáveis por armazenar o conhecimento adquirido. Essas conexões entre os neurônios permitem que a RNA processe informações e tome decisões com base em entradas externas.

Essa semelhança com o cérebro humano é o que torna as RNA uma poderosa ferramenta para resolver uma variedade de problemas complexos, como reconhecimento de padrões, Processamento de Linguagem Natural (PLN), do inglês *Natural Language Processing (NLP)*, Visão Computacional (VC), do inglês *Computer Vision (CV)* e muito mais.

(FACELI; AL., 2011) simplifica, dizendo que uma RNA é um conjunto de neurônios artificiais organizados em camadas, conectados aos nós da camada adjacente por meio de pesos sinápticos. Os neurônios artificiais representam funções matemáticas e as conexões sinápticas têm pesos que ponderam os valores de entrada dos neurônios na rede. Esses pesos são ajustados conforme a rede evolui e aprende.

A arquitetura de uma RNA determina como seus neurônios estão organizados, incluindo suas conexões e direções. As redes neurais podem ter várias camadas, categorizadas em camadas de entrada, intermediárias (ou ocultas) e camadas de saída. (CALDEIRA; SOUZA; MACHADO, 2009); (ACADEMY, 2019). A Figura 10 representa uma RNA com duas camadas intermediárias.

Figura 10 – Exemplo de Arquitetura de uma RNA de Múltiplas Camadas



Fonte: (CALDEIRA; SOUZA; MACHADO, 2009).

A *camada de entrada*, segundo (CALDEIRA; SOUZA; MACHADO, 2009), representa os padrões que serão introduzidos na rede. Ela é responsável por receber os dados vindos de

um meio externo e fazer a ligação com a primeira camada intermediária.

A *camada intermediária* (ou oculta) faz a maior parte do processamento em uma rede neural, pois os pesos sinápticos nessa camada sofrem mudanças durante o processo de treinamento, permitindo que a rede evolua e aprenda.

A *camada de saída* é responsável por apresentar e produzir os resultados da rede. Segundo [Caldeira, Souza e Machado \(2009\)](#), cada neurônio pertencente às camadas intermediárias e de saída podem ficar mais ativos ou não, pois possuem funções de ativação que irão se ajustar conforme os sinais recebidos pelos outros neurônios.

Para [Silva, Spatti e Flauzino \(2010\)](#) as principais arquiteturas de uma RNA podem ser definidas por quatro modelos: redes *feedforward* (propagadas para a frente) de camada simples, redes *feedforward* de camadas múltiplas, redes recorrentes e redes reticuladas.

2.3.4 Processos de Treinamento e Aprendizagem

O treinamento é a primeira fase na construção de uma rede, onde o algoritmo de treinamento irá ajustar os pesos sinápticos e a rede irá aprender por si própria. ([HAYKIN, 2007](#)) define a fase de treinamento em três etapas:

1. A RNA é estimulada por um ambiente;
2. A RNA sofre modificações nos seus parâmetros livres como resultado desta estimulação;
3. A RNA responde de uma maneira nova ao ambiente, devido às modificações ocorridas na sua estrutura interna.

Serão abordados três métodos de aprendizado, sendo eles: aprendizado supervisionado, não supervisionado e aprendizado por reforço.

Segundo [Silva, Spatti e Flauzino \(2010\)](#), as amostras aplicadas a uma RNA são comumente distribuídas em dois conjuntos: um para treinamento e outro para teste. O subconjunto de treinamento pode possuir entre 60% a 90% e o restante para teste, validando assim a RNA.

O *aprendizado supervisionado* é dado por um conjunto de dados com instâncias rotuladas (ou seja, já têm a saída desejada do classificador), seu objetivo é que a rede tenha um “instrutor”, que valide seu aprendizado, na mesma relação de professor e aluno. ([SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010](#)).

Assim, a rede moldará seus pesos sinápticos de maneira que a saída produzida se aproxime ao máximo da informada, e somente finalizará o processo de treinamento quando os resultados forem aceitáveis ([SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010](#));([HAYKIN, 2007](#)).

De outro lado tem-se o *aprendizado não-supervisionado*, no qual a rede não dispõe de objetos rotulados, ela precisa se organizar por conta própria de forma a entender os conjuntos similares, com o objetivo de, encontrar padrões nos dados, detectar anomalias e ruídos (dados fora do padrão) ([SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010](#)).

E por fim, o *aprendizado por reforço* é um método em que o agente deve aprender a se comportar em um ambiente dinâmico por meio de interações do tipo "tentativa e erro"([SILVA;](#)

SPATTI; FLAUZINO, 2010). Embora seja uma variação do aprendizado supervisionado, o aprendizado por reforço ajusta-se conforme o agente interage com o ambiente, buscando descobrir quais ações rendem as maiores recompensas ou menores punições. O objetivo é que o agente escolha ações que maximizem a recompensa esperada ao longo de um determinado período de tempo.

Um exemplo prático é uma rede neural treinada para jogar um determinado jogo. Inicialmente, a rede conhece apenas as regras básicas e sabe que precisa ganhar, mas não sabe como alcançar a vitória. A rede irá tentar inúmeras estratégias até finalmente descobrir uma que funcione. Esse processo de tentativa e erro pode demandar um tempo significativo de treinamento, mas é fundamental para o desenvolvimento de uma estratégia eficaz (SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010).

Alguns autores como (MATSUBARA, 2004) ainda consideram a existência de uma quarta categoria, denominada *aprendizado semi-supervisionado*. Constituem um misto dos anteriores, onde o *dataset* será composto de entradas rotuladas e não rotuladas (geralmente em sua maioria dados não rotulados).

Esse tipo de aprendizado pode ser empregado com métodos como classificação, regressão e previsão. Tal método torna-se útil quando é muito caro rotular todas as instâncias do conjunto de dados.

2.4 Aprendizado Profundo

Aprendizagem Profunda (AP), do inglês *Deep Learning* (DL), é uma área dentro da IA em ascensão, se destacando sobretudo para resolver problemas do mundo real em grandes *datasets*. Pode-se destacar o seu uso em aplicações destinadas a reconhecimento de fala, classificação de imagens, reconhecimento de padrões entre outras aplicações (WASON, 2018).

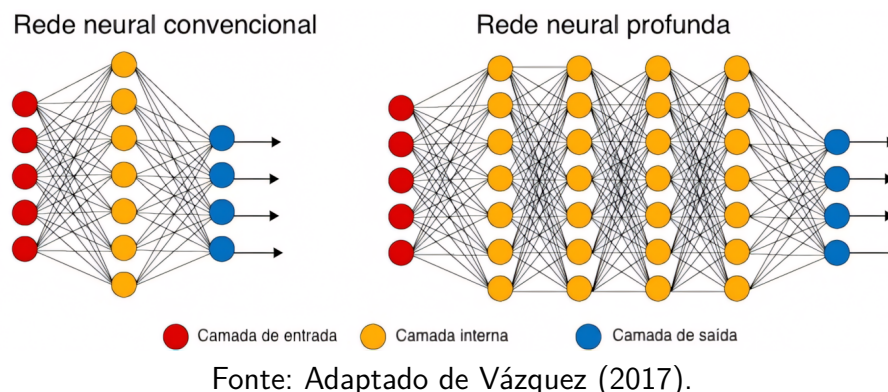
De acordo com Goodfellow e al. (2016), o que caracteriza essa arquitetura de rede é conter muitas camadas internas com várias camadas de neurônios, onde é realizado o treinamento e, posteriormente, geram resultados em uma camada de saída, como é ilustrado na Figura 11.

Com múltiplas camadas internas, a rede é capaz de realizar tarefas mais complexas, podendo prestar atenção e se adaptar até mesmo em pequenos detalhes do objeto, como uma imagem, descartando dados que sejam irrelevantes para o treinamento (LECUN; BENGIO; HINTON, 2015).

2.5 Redes Neurais Convolucionais

As Redes Neurais Convolucionais (RNC) teve sua inspiração no funcionamento do córtex visual. Essa área do cérebro, responsável por processar informações visuais, possui pequenas regiões celulares que possuem maior sensibilidade para regiões específicas do campo visual (HUBEL; WIESEL, 1962). Diferentes neurônios presentes no córtex visual respondem

Figura 11 – Comparação entre uma Rede Neural Convencional e uma Rede Neural Profunda

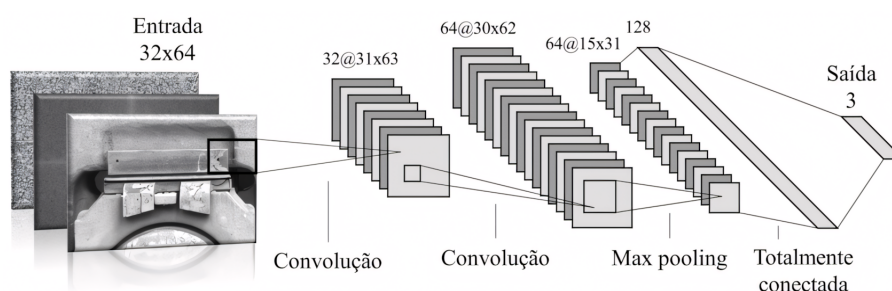


de maneira diferente de acordo com as diferentes bordas e orientações de um evento visual. Alguns neurônios tendem a disparar quando expostos a bordas horizontais, outros para bordas verticais ou diagonais.

Em suas observações, (HUBEL; WIESEL, 1962) concluem que esses neurônios se organizam em colunas, produzindo assim a percepção visual. Justamente essa arquitetura, com componentes especializados em tarefas distintas, é a base das RNC, o que, de acordo com (VARGAS; PAES; VASCONCELOS, 2016), é um dos modelos de redes neurais mais utilizados quando se trabalha com VC.

Uma RNC, segundo (VARGAS; PAES; VASCONCELOS, 2016), e também ilustrada pela Figura 12, é formada por uma sequência de camadas, que além de uma camada de entrada, que para esse caso é uma imagem, contendo largura, altura e profundidade, também é composta por três tipos camadas: camada convolucional, camada de *pooling* e camada totalmente conectada.

Figura 12 – Rede Neural Convencional



2.6 Mapeamento Sistemático da Literatura

O Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) é uma metodologia de revisão que tem como objetivo identificar, categorizar e mapear a quantidade e os tipos de pesquisas realizadas em uma área específica. O MSL oferece uma visão panorâmica do campo de estudo, permitindo a identificação de lacunas na pesquisa e áreas que necessitam de mais investigação.

Diferente das revisões sistemáticas tradicionais, que se concentram em responder perguntas de pesquisa específicas e sintetizar resultados detalhados, o [MSL](#) é mais amplo e menos profundo, focando na classificação e organização dos estudos por categorias como temas, métodos, tipos de estudos, entre outros ([PETERSEN; WOHLIN; BACA, 2008](#)).

Para identificar os estudos, é necessário definir uma estratégia de busca, composta por 4 fases: (i) identificação de palavras-chave, considerando a questão da pesquisa; (ii) sinônimos baseados em estudos relevantes sobre Engenharia de Requisitos e Aprendizado de Máquina; (iii) uso do operador “ou” entre sinônimos identificados; (iv) uso do operador “e” para conectar as palavras-chave.

As bases de dados selecionadas para a execução das *strings* de busca incluem:

- [IEEE Xplore](#)¹
- [ACM](#)²
- [ScienceDirect](#)³
- [Google Scholar](#)⁴

Essas fontes foram escolhidas por fornecerem mecanismos de consulta via web, permitirem filtro por ano de publicação e estarem relacionadas a temas de Ciência da Computação, Sistemas de Informação ou Engenharia de Software. Conforme ilustrado na figura 14

Definiu-se como filtro temporal para o conjunto de artigos a ser analisado por esta [MSL](#) o período de 2018 a 2023 (últimos cinco anos). Não foi utilizado nenhum critério de marco temporal para esse mapeamento. O [MSL](#) foi dividido em três etapas: a primeira realizada de Junho de 2022 a Março de 2023; a segunda, de Julho a Outubro de 2023; e a terceira de Dezembro de 2023 a Fevereiro de 2024, com o objetivo de atualizar os resultados obtidos nas etapas anteriores, seguindo o mesmo protocolo de mapeamento.

A seleção de estudos relevantes foi apoiada por critérios definidos para inclusão e exclusão. A inclusão de um estudo foi determinada pela relevância, analisando o título, resumo, introdução, conclusão e a leitura completa do estudo em diferentes estágios do processo de revisão.

O critério de inclusão (CI1) estipulado foi a presença de evidências do uso de processos de Sistema de Escrita Alfabética ([SEA](#)) com desenvolvimento de aplicações de [AM](#). Os critérios de exclusão foram:

- CE1: estudo primário que não está disponível em formato eletrônico;
- CE2: estudo preliminar repetido;
- CE3: estudo preliminar incompleto ou não apresenta Produto Educacional ([PE](#));
- CE4: estudo preliminar que não está escrito em inglês ou português;

Uma vez que os critérios de inclusão e exclusão foram estabelecidos, o próximo passo foi definir os Critérios de Qualidade ([CQ](#)). Para analisar a qualidade dos estudos primários, foi

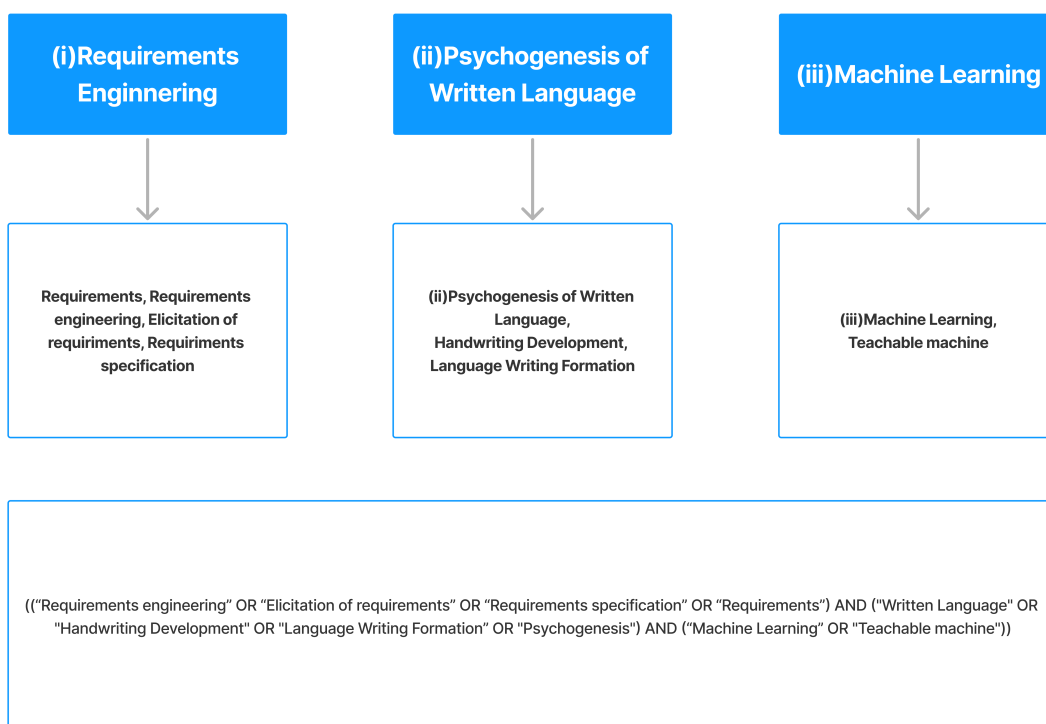
¹[1<https://www.ieeexplore.com.br>](https://www.ieeexplore.com.br)

²[2<https://dl.acm.org/>](https://dl.acm.org/)

³[3<https://www.sciencedirect.com>](https://www.sciencedirect.com)

⁴[4<https://scholar.google.com.br>](https://scholar.google.com.br)

Figura 13 – Estratégia de Busca



Fonte: Autoria própria (2024).

desenvolvida uma lista com quatro critérios de qualidade, conforme apresentado no [Quadro 1](#), baseada em (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007).

Quadro 1 – Critérios de Qualidade

ID	Critérios de Qualidade
CQ1	A proposta de estudo foi descrita de forma clara e apropriada?
CQ2	Os métodos ou técnicas utilizados nos estudos primários foram relatados de forma clara?
CQ3	O ambiente virtual utilizado nos estudos primários foi claramente relatado?
CQ4	Os resultados foram relatados claramente?

Fonte: Autoria própria (2024).

Para cada critério de qualidade foi utilizada a seguinte escala de pontuação: Sim = 1 ponto, Não = 0 ponto, Parcialmente = 0,5 ponto. O índice de qualidade final foi calculado pela soma das pontuações das perguntas, variando de 0 a 1 (muito ruim), 1,5 a 2 (ruim), 2,5 a 3 (razoável), 3,5 (muito bom) e 4,0 (excelente).

Para apoiar a extração de dados, os detalhes do estudo foram armazenados em um formulário [Seção A.2](#). O formulário para a extração de dados fornece informações importantes, como descrição de como o processo de [SEA](#) é utilizado no desenvolvimento de aplicações de

AM, título, autores e ano de publicação.

2.6.1 Conduta do Mapeamento

Na fase de condução do mapeamento, os estudos primários foram identificados nas bases eletrônicas e na busca manual. Foram encontrados um total de 278 estudos primários na primeira fase, dos quais 103 eram repetidos. Após a leitura dos títulos e resumos e a aplicação dos critérios de seleção e exclusão, restaram 19 estudos incluídos. Conforme [Figura 14](#)

Em seguida, as apresentações e conclusões dos estudos foram lidas novamente, e o processo de inclusão e exclusão foi aplicado mais uma vez, resultando em um total de seis estudos selecionados. Destes, três foram identificados por meio da busca manual e seis por pesquisas automáticas.

Após a seleção dos estudos, foi avaliada a qualidade de cada um de acordo com os critérios do [Quadro 1](#). A avaliação da qualidade é descrita na [Tabela 1](#), destacando quatro estudos classificados como excelente, um como muito bom e dois como razoáveis.

Tabela 1 – Avaliação dos Critérios de Qualidade

Estudos	CQ1	CQ2	CQ3	CQ4	Qualidade Final
E1	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0
E2	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0
E3	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0
E4	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0
E5	1,0	1,0	0,5	0,5	3,0
E6	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0
E7	0,5	0,5	1,0	1,0	3,0
E8	1,0	1,0	0,5	1,0	3,5
E9	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0

Fonte: Autoria própria (2024).

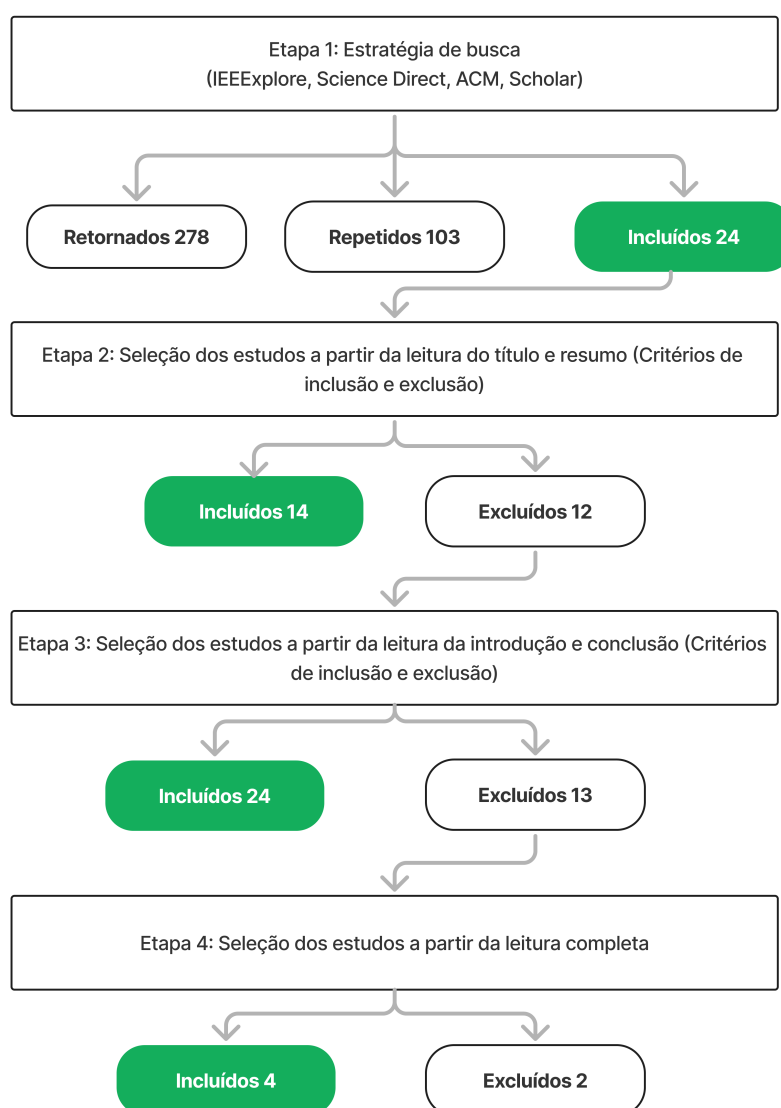
2.6.2 Análise dos Resultados

Nesta pesquisa foram selecionado alguns exemplares de software que são relatados nos eventos científicos e em dissertações e teses consultadas pelo site de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior ([CAPES](#)). ⁵

Dentre as obras relevantes, destacam-se “PEI” de autoria de ([ROSSETTO, 2017](#)); “Aplicativo para Auxiliar Professores nas Avaliações de Psicogênese da Escrita”, conduzido por ([MOMBACH; SOUZA; LEAL, 2017](#)), “Sondagem Descomplicada: sistema de informação aplicado à alfabetização”, apresentado por [BORGES, Oliveira e PIRES \(2016\)](#); e “Desenvolvimento de um Protótipo de Identificação do Nível de Escrita para Dispositivos Móveis: uma Ferramenta de Sondagem no Ensino”, elaborado por ([LIMA et al., 2019](#)).

⁵<https://periodicos.capes.gov.br>

Figura 14 – Processo de Seleção de Estudos através da Busca Automática



Fonte: Autoria própria (2024).

Essas pesquisas têm contribuído significativamente para o entendimento e o desenvolvimento de aplicativos destinados à avaliação da escrita, fornecendo *insights* e diretrizes importantes para a evolução desse campo de estudo, tais como: requisitos funcionais e não funcionais requeridos pelos potenciais usuários das ferramentas.

Os dados apresentados no Quadro 2, resumam os achados significativos de cada trabalho aqui apresentado.

Quadro 2 – Comparação dos Aplicativos quanto a Tecnologia e avanços no Reconhecimento de Escrita.

Autores	Nome	Tecnologia utilizada	Avanços no reconhecimento de escrita
(BORGES; OLIVEIRA; PIRES, 2016)	Sondagem Descomplicada: sistema de informação aplicado à alfabetização	Este aplicativo utilizou o BD do <i>Android (SQLite)</i> como mecanismo de armazenamento, e contou com o auxílio do <i>Google Vision</i> para detectar conjuntos de objetos em suas imagens, empregando a tecnologia de OCR.	O sistema de sondagem de escrita oferece funcionalidades abrangentes, incluindo registro e classificação de palavras escritas pelos estudantes conforme o número de sílabas, automatização na separação de sílabas, captura e armazenamento de imagens das escritas, geração de gráficos individuais de evolução durante o processo de sondagem, consultas das sondagens realizadas e modelos categorizados por campo semântico de imagens.
(ROSSETTO, 2017)	PEI	A pesquisadora responsável pelo primeiro protótipo do aplicativo PEI contou com o suporte inicial da plataforma gratuita "Fábrica de Aplicativos"(2017). Entretanto, para dar continuidade ao desenvolvimento do protótipo, foi necessário o auxílio de um programador, uma vez que a plataforma "Fábrica de Aplicativos" não proporcionava recursos suficientes para a evolução do aplicativo. Dessa forma, foram adotadas a ferramenta online " <i>Marvell App</i> " e o " <i>Google Firebase</i> ", além do SDK, conjunto de ferramentas utilizadas no processo.	Durante o desenvolvimento do projeto, uma série de atividades foram conduzidas para a criação do aplicativo. Isso incluiu o design das telas e a definição de esquemas de cores, a criação de módulos para cada aba do aplicativo, o desenvolvimento da logomarca, a implementação de algoritmos para uma leitura mais próxima da escrita real das crianças, a inclusão de elementos de áudio para enriquecer a experiência do usuário e a busca por imagens e áudios pertinentes ao campo semântico escolhido.
(MOMBACH; SOUZA; LEAL, 2017)	CLAT - Aplicativo para Auxiliar Professores nas Avaliações de Psicogênese da Escrita	O aplicativo em questão foi criado com o suporte da UML e do MIT <i>App Inventor 3</i> , especificamente para o sistema <i>Android 4</i> .	O aplicativo em questão oferece aos professores a capacidade de avaliar as habilidades de escrita dos alunos, permitindo-lhes também adicionar novas atividades adaptadas ao nível de escrita de cada estudante. Além disso, possibilita a análise do progresso dos alunos com base em testes anteriores, fornecendo assim uma ferramenta abrangente para o acompanhamento e desenvolvimento das habilidades de escrita.
(LIMA et al., 2019)	Protótipo NEA Desenvolvimento de um Protótipo de Identificação do Nível de Escrita para Dispositivos Móveis: uma Ferramenta de Sondagem no Ensino	O desenvolvimento do protótipo foi realizado utilizando a ferramenta <i>Android Studio</i> , com as linguagens de programação Java e <i>Kotlin</i> . Para o armazenamento dos dados, foi adotado o <i>Firebase</i> da Google. Essa escolha de tecnologias proporcionou uma base sólida para o desenvolvimento do aplicativo, aproveitando as capacidades avançadas oferecidas pelo ambiente de desenvolvimento do <i>Android Studio</i> e a eficiência do <i>Firebase</i> para armazenar e gerenciar os dados do aplicativo.	O protótipo oferece diversas funcionalidades, incluindo a inserção da logomarca, o desenvolvimento de uma função que se aproxima ao máximo da hipótese de escrita das crianças, a inserção de imagens vinculadas com listas de palavras do mesmo campo semântico, <i>feedback</i> para cada palavra respondida pelo estudante e a exibição de sugestão da hipótese do nível de escrita do estudante. Essas características combinadas tornam o protótipo uma ferramenta abrangente e eficaz para avaliação e apoio ao aprendizado da escrita.

Fonte: Autoria própria (2024).

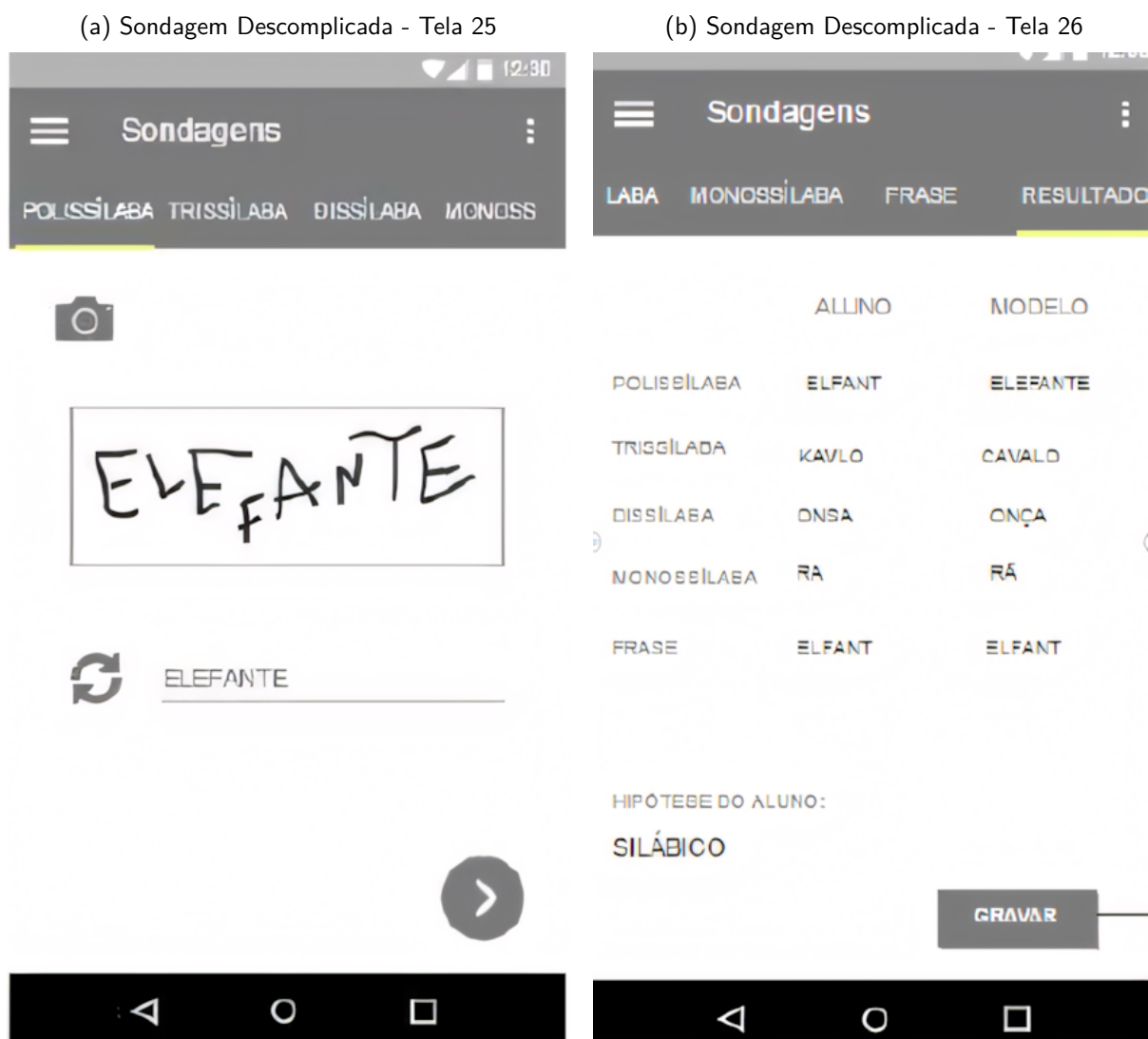
2.7 Análise das Obras Seleccionadas

O trabalho de [BORGES, Oliveira e PIRES \(2016\)](#), apresenta uma abordagem em forma de um relato técnico para incorporação de tecnologias de Reconhecimento Óptico de Caracteres (ROC), do inglês *Optical Character Recognition (OCR)* que realiza o esquadramento de imagens adquiridas (fotos digitais) de palavras escritas por crianças, com o objetivo de apresentar os ajustes ortográficos necessários para uma boa escrita.

Este trabalho, utiliza complementarmente as tecnologias de VC e armazenamento de imagens em Banco de Dados (BD), do inglês *Database (DB)* no próprio *Smartphone* do usuário.

Ademais suas funcionalidades abrangem o armazenamento de palavras, a habilidade de separar sílabas, a criação de gráficos de progresso e a inclusão de modelos de sondagem ortográficos, uma ideia de sua interface pode ser visualizada na Figura 15.

Figura 15 – Aplicativo Sondagem Descomplicada - Telas



Fonte: [BORGES, Oliveira e PIRES \(2016\)](#).

Análise: Neste trabalho observa-se o uso do OCR utilizando a *Application Programming Interface (API) Google Vision*.

Essa integração de recursos tecnológicos permitiu ao aplicativo fornecer uma gama diversificada de funcionalidades que apoiam eficazmente o processo de avaliação da escrita e acompanhamento do progresso dos alunos, tornando-o uma ferramenta valiosa para os educadores (BORGES; OLIVEIRA; PIRES, 2016).

Já o trabalho de Rossetto (2017), intitulado “PEI”, apresenta um protótipo de software para dispositivo móvel criada pela plataforma Fábrica de Aplicativos ⁶.

Neste protótipo é apresentado ao usuário uma imagem e é solicitado a digitação do que é apresentado, conforme visto na Figura 16. Como auxílio ao aluno o protótipo apresenta um áudio contendo a identificação do objeto mostrado em tela.

Figura 16 – Protótipo PEI - Telas



Fonte: Rossetto (2017).

⁶<<https://fabricadeaplicativos.com.br>>

Outro protótipo similar ao da Rossetto (2017) é o Protótipo NEA de Lima et al. (2019) que também foi desenvolvido para plataforma móvel *Android*, visto na Figura 17.

Já este aplicativo oferece funcionalidades que incluem a personalização por inclusão de logomarcas da escola, cadastro de novas palavras e suas imagens. Após o uso do aplicativo o usuário recebe uma nota conferindo se ele atingiu os objetivos de aprendizagem.

Figura 17 – Protótipo NEA - Telas



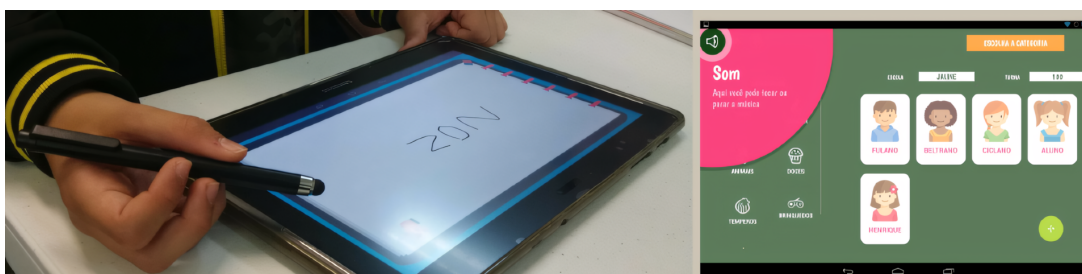
Fonte: Lima et al. (2019).

Já o trabalho de Mombach, Souza e Leal (2017), apresenta um protótipo para auxiliar professores nas avaliações de psicogênese da escrita, também em plataforma móvel.

Este aplicativo permite que professores avaliem a escrita dos alunos, adicionem atividades personalizadas com base no nível de escrita e analisem o progresso dos alunos com base em testes anteriores.

A forma de captura é pela escrita direta na tela do *tablet*, sendo utilizado tanto o dedo do aluno, quanto uma caneta para a introdução da escrita conforme Figura 18.

Figura 18 – Aplicativo CLAT - Telas



Fonte: Mombach, Souza e Leal (2017).

2.8 Considerações sobre as obras analisadas

De acordo com os objetivos estabelecidos, baseado no mapeamento sistemático realizado, e com a análise realizada no [Quadro 2](#).

Podemos afirmar que até este momento *não se tem conhecimento de uma aplicação similar que faça uso da IA para identificação dos NEA dos alunos*.

Destacando que os resultados decorrentes do uso de uma aplicação desse tipo podem ser altamente benéficos para o trabalho dos educadores no âmbito da alfabetização.

3 Materiais e Métodos

Como ponto de partida para a construção de um aplicativo destinado a auxiliar a atividade docente, foi essencial considerar a jornada tradicional dos docentes referente a SHE, de modo que o uso do aplicativo pudesse ser integrado como um suporte, sem alterar os processos consolidados ao longo de décadas. A seguir, descrevemos a jornada tradicional docente.

3.1 Jornada Tradicional para Avaliação de Escrita Inicial

O mapa da jornada do docente para criação e condução de avaliações de escrita inicial, considerando a abordagem de FERREIRO e TEBEROSKY (1986), pode ser delineado da seguinte forma:

1. *Preparação e Organização*: O docente se prepara revisando os critérios de avaliação baseados na abordagem das autoras e organiza o ambiente na sala de aula ou em outro local silencioso.
2. *Escolha do Momento*: O docente seleciona o momento adequado para realizar as avaliações, muitas vezes durante períodos de pracinha ou recreação, quando há menos distrações.
3. *Chamada das Crianças*: Uma por uma, o docente chama as crianças para a avaliação, conduzindo o processo individualmente para garantir atenção total.
4. *Condução da Avaliação*: Durante a interação com cada criança, o docente solicita que a criança escreva uma palavra e depois a leia, tocando com o dedo no papel. O gesto realizado pela criança ao ler é registrado pelo docente para análise posterior, observando se há percepção silábica ou não.
5. *Análise e Registro dos Resultados*: Após cada avaliação, o docente registra os resultados e analisa os gestos das crianças ao lerem o que escreveram, identificando padrões e dificuldades.

Um desafio nesta fase é que a aplicação das avaliações pode levar vários dias, dependendo do tamanho da turma e da disponibilidade do docente ou outro profissional que esteja com os demais alunos.

Esse mapa da jornada do usuário fornece uma visão geral do processo que os docentes seguem ao conduzir as avaliações de escrita inicial com as crianças, destacando os passos principais desde a preparação até a análise dos resultados, considerando a abordagem supra citada.

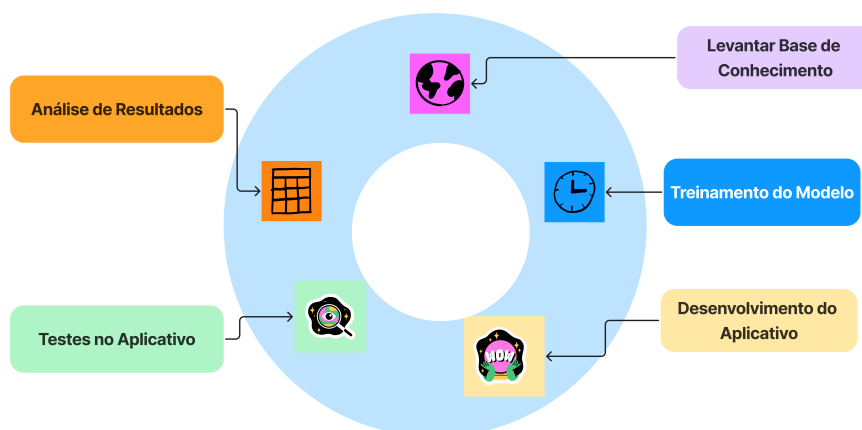
3.2 Metodologia do Produto

Pesquisas de *Design Science Research (DSR)* (PIMENTEL; FILIPPO; SANTORO, 2020) são um tipo específico de pesquisa que se concentra na criação e avaliação de artefatos de design, como sistemas, modelos ou métodos, para resolver problemas práticos e complexos em disciplinas como ciência da computação e engenharia de software, incluindo projetos de informática na educação. Caracterizadas por um ciclo iterativo de desenvolvimento e avaliação, essas pesquisas buscam contribuir tanto para a prática profissional quanto para o conhecimento teórico, por meio da criação de soluções inovadoras, validadas empiricamente.

O processo de desenvolvimento de produtos digitais envolve uma metodologia sistemática que orienta as etapas cruciais e as tecnologias subjacentes à sua implementação. Este capítulo apresenta a metodologia do produto educacional em questão, destacando as fases sequenciais e os principais fundamentos tecnológicos que nortearam sua concepção e execução.

Além da metodologia geral, o processo de desenvolvimento do produto digital em questão seguiu as etapas específicas ilustradas na Figura 19 e Figura 20:

Figura 19 – Ciclo de Desenvolvimento



Fonte: Autoria própria (2024).

O processo de desenvolvimento seguiu um diagrama estruturado composto por várias etapas cruciais.

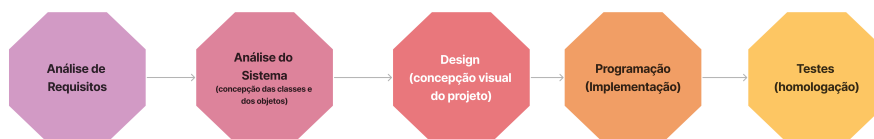
Levantamento da Base de Conhecimento: Nesta fase, foi realizada uma busca e coleta abrangente de dados escritos para treinar o modelo de IA;

Treinamento do Modelo: O modelo de IA foi treinado com o conjunto de dados preparado;

Desenvolvimento do Aplicativo: Com base no modelo treinado, foi desenvolvido um aplicativo que pode capturar imagens de uma câmera ou galeria. O aplicativo foi projetado para classificar as fases da escritas *offline*;

Testes do Aplicativo: O aplicativo foi submetido aos testes usando imagens que foram

Figura 20 – Análise de Requisitos



Fonte: Autoria própria (2024).

incluídas no conjunto de treinamento. Além disso, foram realizados testes de campo para avaliar o desempenho do aplicativo em condições do mundo real.

Análise de Resultados: Os resultados obtidos nos testes foram coletados e documentados. Isso incluiu métricas de desempenho, como precisão e tempo de resposta, bem como *feedback* dos usuários.

As etapas descritas serão detalhadas nas seções seguintes, junto com as ferramentas que serão utilizadas.

3.3 Base de Conhecimento - *Dataset*

Como base de conhecimento, foram pesquisados modelos disponíveis nas plataformas Kaggle¹, Roboflow² e Hugging Face³, que fornecem bases de dados de forma gratuita, para que pesquisadores do mundo todo possam utilizar em seus projetos.

Os modelos foram analisados por aproximação, mas até o momento não foi localizado nenhum *dataset* que contenha informações relevantes para o treinamento de detecção do nível de escritas de acordo com os requisitos e objetivos do projeto. Desta forma foi criado pelo autor, o Handwriting Development⁴, com a finalidade de adicionar novas amostras para treinamento no futuro.

Para este estudo, foi desenvolvido um conjunto de dados personalizado com oito fases baseado no Projeto Alfaetrar (SOARES, 2019a)⁵ para fins de Prova de Conceito (POC), composto por imagens de três palavras, capturadas com resolução de 224 por 224 *pixels*. Essas palavras incluíram uma com duas sílabas (Pato), outra com três sílabas (Macaco) e por último uma com quatro sílabas (Brigadeiro) conforme a Figura 21. Os resultados do treinamento e do reconhecimento foram considerados positivos, indicando a eficácia do modelo desenvolvido.

¹ <<https://www.kaggle.com/>>

² <<https://roboflow.com/>>

³ <<https://huggingface.co/>>

⁴ <<https://bit.ly/3WXBHaf>>

⁵ <<https://youtu.be/aovD7Kq-Dmg?si=fVXrC2MuC0PHi8ub&t=26>>

Figura 21 – Classes de Treinamento para as Palavras Seleccionadas



Fonte: Autoria própria (2024).

3.4 Treinamento do Modelo - Teachable Machine

Para o treinamento do modelo foi utilizada a plataforma **TM**, uma ferramenta web criada por (CARNEY; AL., 2020) capaz de criar modelos de *Machine Learning* (ML) customizáveis, de forma rápida e intuitiva. A plataforma permite treinar modelos com imagens obtidas por meio da *webcam*, diretório local e áudios, de maneira rápida e com múltiplas classes. Isso se deve ao fato da plataforma se utilizar da arquitetura *MobileNet*.

A ferramenta permite que se treine modelos de classificação de imagens, áudios e poses, e mais modelos devem ser adicionados conforme a ferramenta evolui segundo o próprio site, conforme Figura 22.

A ferramenta **TM** oferece vantagens significativas, como gratuidade, integração com o *Google Drive* e a capacidade de ajustar parâmetros-chave, como *Épocas* e *Lotes*, durante o treinamento. Ela automatiza o processo de definição de conjuntos de treinamento, teste e validação. O método empregado, denominado *Transfer Learning* (TL), envolve ajustes refinados no treinamento em vez de começar do zero, o que reduz a necessidade de alto poder computacional. Em vez disso, aproveita os pesos do modelo principal para realizar previsões.

Assim, **TL**, é uma técnica de aprendizado de máquina onde um modelo treinado em uma tarefa é reutilizado em outra tarefa relacionada. Isso economiza tempo e recursos, especialmente quando os dados para a nova tarefa são limitados.

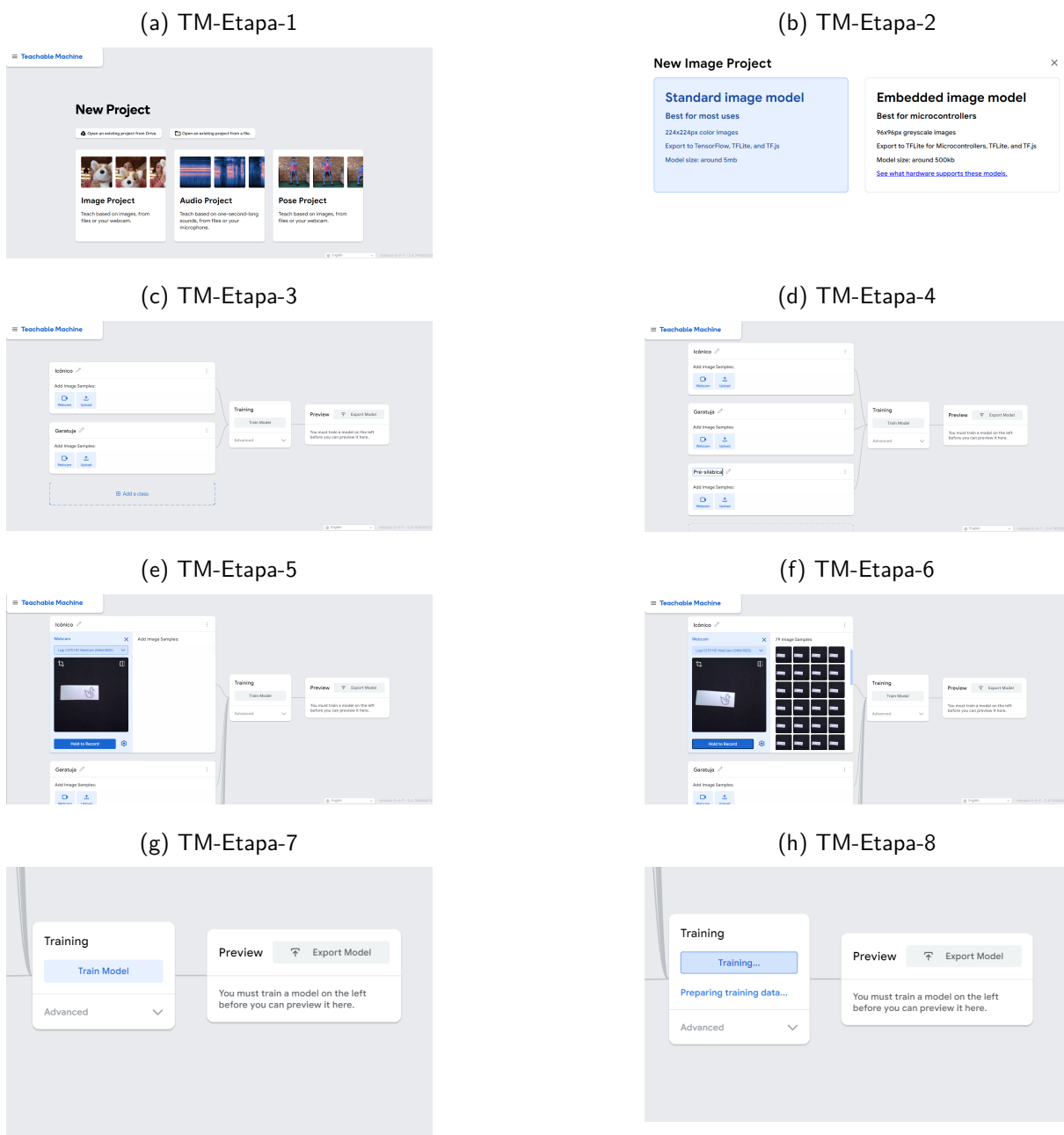
O modelo gerado pode ser exportado de diferentes maneiras, como TensorFlow.js (para rodar em navegadores), TensorFlow (rodando em APIs nativas como em Python⁶) e TFLite, normalmente utilizado em dispositivos móveis. Como neste trabalho o objetivo é a criação de um aplicativo para dispositivos móveis, foi utilizado o modelo no formato "tflite", um modelo de tamanho reduzido e compatível com as ferramentas de desenvolvimento mobile.

⁶<<https://www.python.org/>>

3.5 Configurando o Treinamento

Para iniciar, na tela de Novo Projeto, escolha (*Image Project*) Figura 22a; Selecione a opção (*Standard Image Model*) Figura 22b; A seguir adicione as classes desejadas para seu projeto Figura 22c; Para cada classe criada, adicione imagens para treinamento usando a *webcam* ou fazendo (e) *upload* dos arquivos (imagens selecionadas) Figura 22d; Neste exemplo, segue uma captura feita pela *webcam* Figura 22e; Ao lado direito, segue uma amostra de 79 imagens capturadas Figura 22f; Depois de adicionar as imagens para todas as classes criadas, clique em (*Train Model*) para iniciar o treinamento e aguarde a conclusão Figura 22g; Nesta tela, um outro exemplo da tela de preparação do treinamento Figura 22h.

Figura 22 – Etapas do Treinamento



Fonte: Autoria própria (2024).

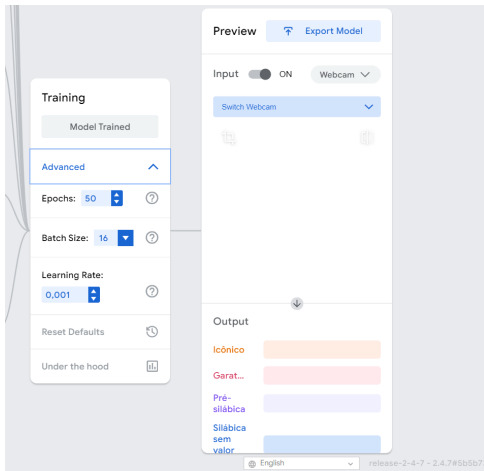
3.6 Gerando arquivo com o Modelo de Treinamento

Nesta tela é possível configurar a quantidade de épocas de treinamento: o padrão é 50. Aumentar a quantidade não garante melhores resultados; é preciso testar até encontrar a melhor combinação Figura 23a. Depois de concluído o treinamento é possível exportar seu modelo de treinado para uso em seus projetos Figura 23b. Para dispositivos móveis, escolha a opção TFLite Figura 23c. Para copiar o modelo treinado, clique em (*Download My Model*) e aguarde a conversão. Após a conclusão, escolha um local para salvar seu modelo em seu computador.

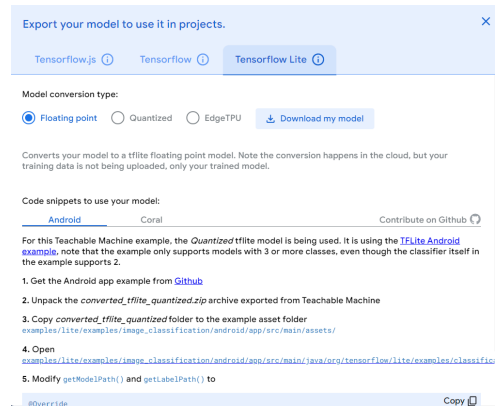
Dentro do arquivo compactado, você encontrará dois arquivos: (labels.txt) com os rótulos das classes e (model_unquant.tflite), que é o modelo treinado, esses arquivos serão integrados ao código de seu aplicativo Figura 23d. nas figuras 23e, observamos uma tela de pré-visualização, onde é possível testar os resultados do modelo treinado ainda dentro da plataforma 23f. Por fim, clique no menu no canto superior esquerdo para salvar o projeto para futuras utilizações Figura 23g e escolha um nome para o projeto Figura 23a.

Figura 23 – Gerando Modelo de Treinamento

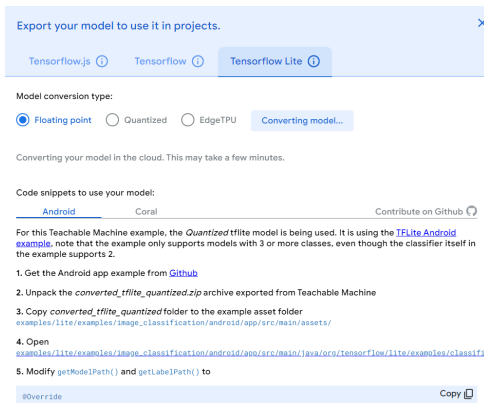
(a) TM-Etapa-9



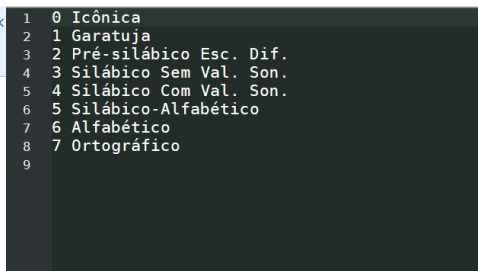
(b) TM-Etapa-10



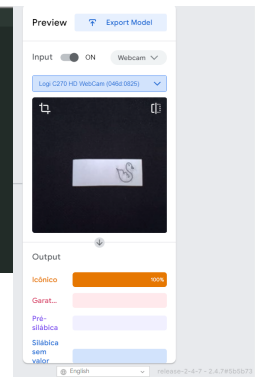
(c) TM-Etapa-11



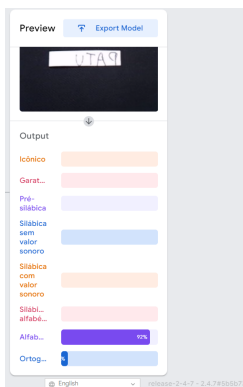
(d) TM-Etapa-12



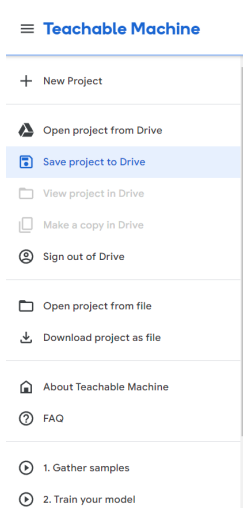
(e) TM-Etapa-13



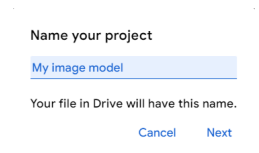
(f) TM-Etapa-14



(g) TM-Etapa-15



(h) TM-Etapa-16



Fonte: Autoria própria (2024).

3.7 Desenvolvimento do Aplicativo

Esta seção trata sobre os recursos do aplicativo, além de explicar sobre seu desenvolvimento e funcionamento.

Os requisitos do projeto foram cuidadosamente definidos para garantir que o aplicativo atendesse às necessidades dos usuários e fornecesse uma experiência valiosa. Os principais requisitos incluem:

- *Compatibilidade multiplataforma:* O aplicativo deve ser compatível com dispositivos *Android* e *iOS*, ampliando seu alcance e acessibilidade para uma ampla base de usuários.
- *Detecção precisa de escritos:* A detecção precisa de escritos é crucial para o aplicativo. Ele deve ser capaz de identificar e analisar escritos de forma confiável, auxiliando os usuários na interpretação e compreensão.
- *Operação offline:* A operação *offline* é essencial para garantir que o aplicativo possa ser usado em áreas com conectividade limitada ou indisponível. Isso permite que os usuários acessem e utilizem o aplicativo em vários ambientes.
- *Rastreamento de localização via Global Positioning System (GPS):* O rastreamento de localização via *GPS* fornece informações valiosas sobre a origem das imagens coletadas. Isso pode ser útil para fins de pesquisa, documentação e análise geográfica.
- *Histórico de análises:* O histórico de análises permite que os usuários revisem e acompanhem os resultados anteriores. Isso facilita o monitoramento do progresso, a identificação de tendências e a tomada de decisões informadas.

E, para manter o foco e garantir a conclusão bem-sucedida do projeto, foram estabelecidas as seguintes limitações de escopo:

- *Ausência de recursos de autenticação:* O aplicativo não possui recursos de autenticação, o que simplifica o processo de uso e reduz a complexidade do desenvolvimento.
- *Utilização exclusiva de APIs nativas do dispositivo e do Google Maps:* O aplicativo utiliza apenas *APIs* nativas do dispositivo e do *Google Maps*, evitando o desenvolvimento de serviços *back-end* adicionais. Isso agiliza o processo de desenvolvimento e reduz a dependência de infraestrutura externa.
- *Foco na funcionalidade principal:* O projeto se concentra na funcionalidade principal de detecção e análise de escritos, deixando de fora recursos adicionais que poderiam ampliar o escopo do projeto.
- *Limitação de tipos de escritos:* O aplicativo pode ser limitado a tipos específicos de escritos, dependendo da disponibilidade de dados de treinamento e dos algoritmos de detecção usados.

3.8 Implementação

Durante o processo de implementação, foram considerados requisitos como o suporte a versões mais antigas do sistema operacional *Android* e a minimização do consumo de armazenamento e memória *Random-Access Memory (RAM)*. Isso se deve ao fato de que os dispositivos móveis disponíveis nas escolas muitas vezes não são atualizados com frequência e possuem recursos de processamento limitados.

Assim, foram selecionados apenas pacotes e bibliotecas com suporte mínimo para o *Software Development Kit (SDK)* 21 (*Android* 5.0), lançado em novembro de 2014. Essa versão do sistema operacional foi escolhida por oferecer compatibilidade com todos os recursos necessários para o desenvolvimento e por estar presente no mercado há um período significativo.

3.8.1 Justificativa da escolha das Ferramentas de Desenvolvimento

Com base nos requisitos estabelecidos, foi escolhido utilizar o Flutter para o desenvolvimento do aplicativo. *Flutter* é uma *User Interface (UI) Toolkit* desenvolvida pela *Google Inc* para desenvolvimento de aplicações *desktop*, *web* e *mobile*, compilando as aplicações em código nativo. O *framework* se utiliza de uma linguagem de programação chamada *Dart*, desenvolvida também pela Google. Sua escolha se deve ao fato dele ser capaz de gerar aplicações *Android* e *iOS* com um único código, além de ter uma performance muito boa que não deixa a desejar se comparado com as ferramentas verdadeiramente nativas. As versões utilizadas no trabalho serão o Flutter 3.16.9 e o Dart 3.2.6.⁷

Além do Flutter como *framework*, também foi utilizado a (*package tflite*), pois com o mesmo é possível acessar as APIs do *TFLite*, permitindo classificação de imagens, detecção de objetos entre outros recursos, tanto em sistemas *Android* quanto *iOS*.⁸

Como o aplicativo deve funcionar *offline*, e armazenar os registros das análises, se faz necessário possuir uma base local de dados. Para isso foi utilizado o *SQLite*⁹, sendo um **BD** do inglês **DB** leve e rápido, muito utilizado em desenvolvimento de aplicações *mobile*. Para facilitar a criação e gerenciamento do banco, suas tabelas e campos, foi utilizado o *package drift*¹⁰, que se trata de um *Object-Relational Mapping (ORM)*, o que possibilita acessar as APIs nativas do *SQLite* e manipular o banco com código, não sendo obrigatório o uso de linguagem *Structured Query Language (SQL)* além de agilizar a criação de modelos, consultas e todas as interações com o banco.

Para o serviço de localização foi utilizado o (*package geolocator*)¹¹, com ele foi possível acessar a localização do usuário sem necessitar de acesso a Internet, acessando o serviço nativo de **GPS** do aparelho. Para a navegação no mapa foi utilizado o (*map_launcher*)¹², ele permite

⁷ <<https://flutter.dev/>>

⁸ <<https://pub.dev/packages/tflite>>

⁹ <<https://www.sqlite.org/index.html>>

¹⁰ <<https://pub.dev/packages/drift>>

¹¹ <<https://pub.dev/packages/geolocator>>

¹² <https://pub.dev/packages/map_launcher>

listar todos os aplicativos de mapas instalados no dispositivo (*Google maps*, *Apple Maps*, *Waze*, dentre outros), assim o usuário pode utilizar o de sua preferência.

Para esse projeto não foi implementado o *Google Maps* dentro do aplicativo, pois o mesmo não é gratuito, e como o foco do projeto não é navegação em si, foi optado por se utilizar os aplicativos já instalados no celular.

A Figura 25a demonstra o aplicativo realizando corretamente uma análise, assim como um formulário para salvar essa análise para conferência posterior.

A Figura 25b representa a listagem das análises, com uma tela de detalhes e um botão para abrir o aplicativo de mapa do dispositivo.

Como ambiente de desenvolvimento, foi utilizado um *notebook* Dell Latitude com processador Core i5, 16GB de memória RAM e um Macbook Pro, com processador Core i5, 16GB de memória RAM junto com a *Integrated Development Environment (IDE) Visual Studio Code*¹³ com os *plugins* necessários para se trabalhar com Flutter na mesma. Como aparelho de teste, foram utilizados um iPhone 5 para testes no *iOS*, e para testes em sistema *Android* foi utilizado um Samsung J5 Pro.

3.8.2 Avaliação Treinamento dos Algoritmos

As métricas apresentadas foram obtidas nesta seção são referente a execução do TM. Assim, foram avaliadas as acurácias por classe de hipóteses de escrita.

Para validação deste modelo utilizado, serão aplicadas algumas métricas, tais como precisão por classe, matriz de confusão, precisão por época de treinamento e por fim a perda (*loss*) por época do treinamento. Todas estas medidas são fornecidas pelo TM¹⁴.

Para o treinamento do algoritmo, utilizou-se um conjunto de imagens segmentas por classes gerando os níveis a seguir:

- 0 Icônica (239 imagens);
- 1 Garatuja (243 imagens);
- 2 Pré-silábico Escrita Diferenciada (238 imagens);
- 3 Silábico Sem Valor Sonoro (231 imagens);
- 4 Silábico Com Valor Sonoro (233 imagens);
- 5 Silábico-Alfabético (238 imagens);
- 6 Alfabético (250 imagens);
- 7 Ortográfico (230 imagens).

Como medidas de treinamento foram utilizadas 75 épocas, com um *batch size* de 16 e uma taxa de aprendizado de 0,001¹⁵, sendo possível analisar os resultados em tempo real clicando em *Under the hood* (Sob o capô). Essa função permite uma visualização mais

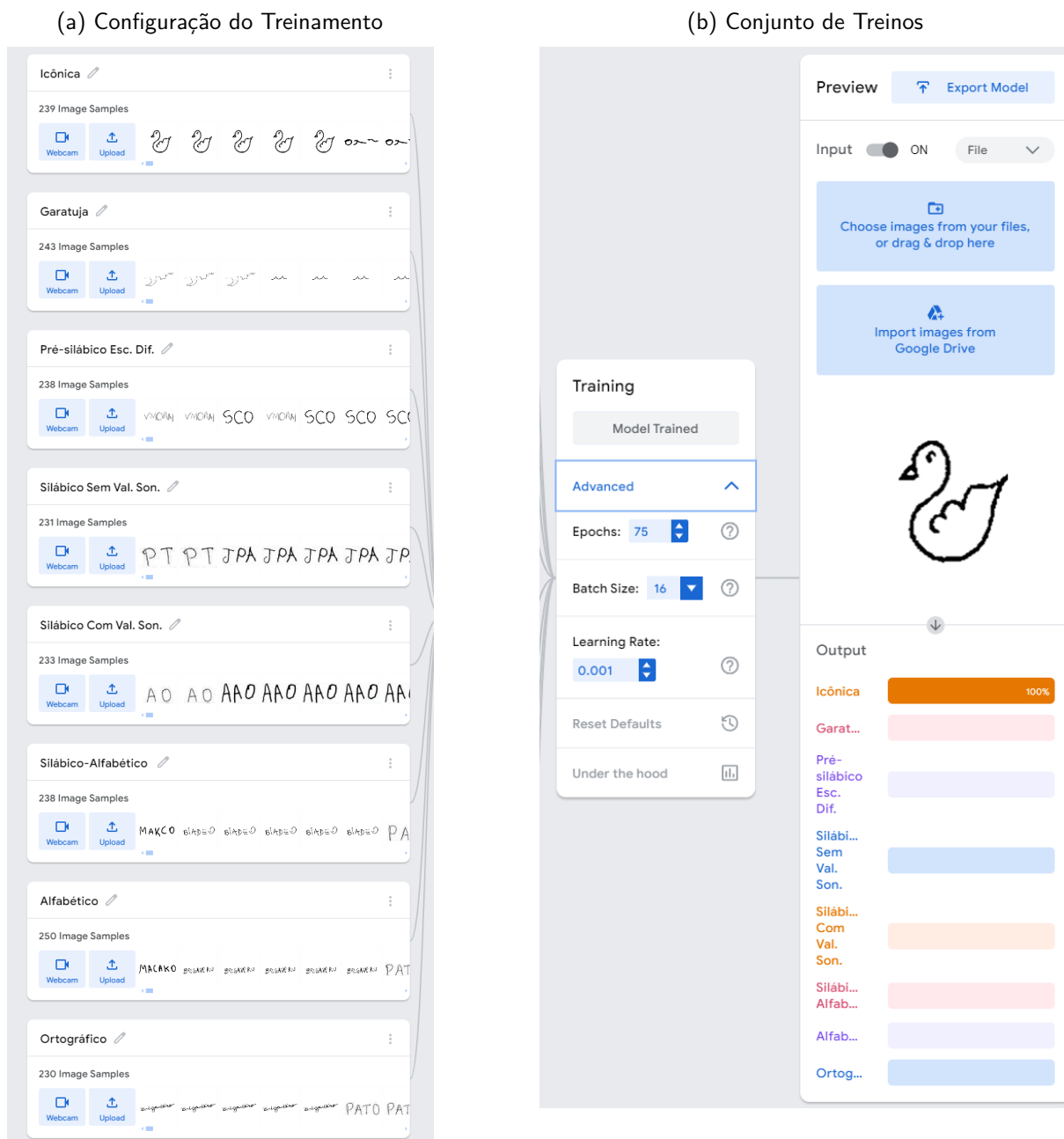
¹³<https://code.visualstudio.com/>

¹⁴<https://teachablemachine.withgoogle.com/>

¹⁵A precisão pode variar conforme a iluminação do ambiente e a qualidade das câmeras utilizadas.

detalhada do funcionamento interno do modelo, fornecendo *insights* sobre como as decisões são tomadas e como o modelo está processando os dados em tempo real.

Figura 24 – Detecção de Classes



Fonte: Autoria própria (2024).

3.9 Produto Tecnológico - Aplicativo Scribens Pro

O aplicativo Scribens Pro tem a capacidade de identificar estágios do nível de escrita previamente catalogados. A partir de uma imagem, que pode ser capturada pela câmera do dispositivo ou da galeria, é realizado um processamento utilizando a ferramenta **TFLite**. Essa

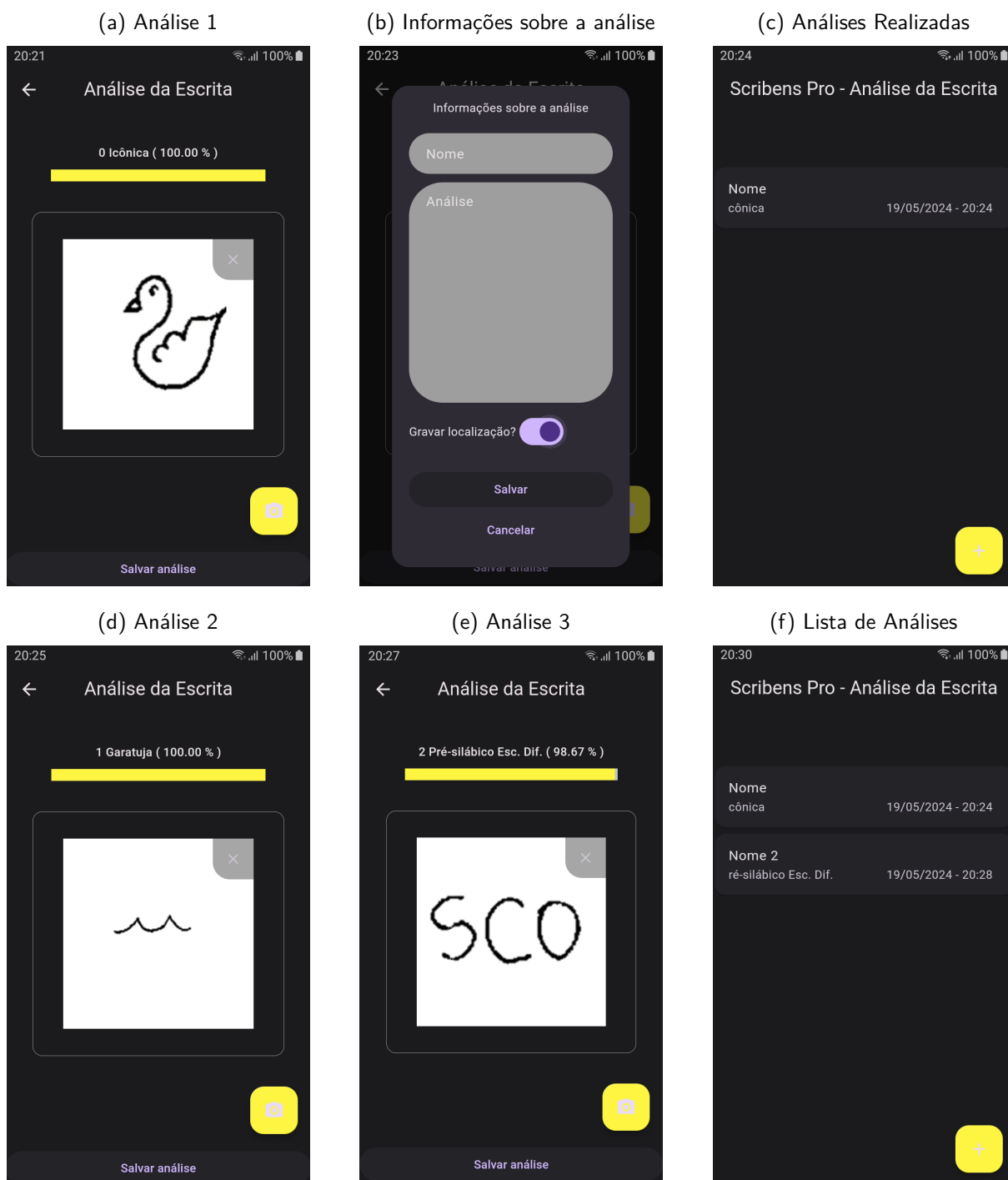
ferramenta classifica a imagem por meio de um modelo de RNC, que se baseia na arquitetura *MobileNet*, otimizada para dispositivos móveis, o que resulta em um tamanho reduzido e maior velocidade de processamento. Com a capacidade de classificar oito classes, o sistema alcançou resultados promissores, com uma média de acertos superior a 99%. O aplicativo está disponível gratuitamente sob uma licença de código aberto.

Nas telas a seguir seguem algumas imagens capturadas do aplicativo rodando em um dispositivo móvel, tela de análise com reconhecimento da fase Icônica 25a; tela para adicionar informações sobre a análise 25b; tela com uma análise registrado 25c; tela de análise com reconhecimento e percentual de probabilidade de cada classe 25d; tela com a imagem carregada e o botão X para remover a imagem caso tenha sido carregada por engano 25e; tela com duas análises registrados 25f.

Durante os testes em dispositivos físicos, foram aplicados a um conjunto de imagens que não foram apresentadas no treinamento inicial para configuração do TM. Após esse processo, considerou-se que o aplicativo estava pronto para testes reais com usuários.

Destarte, foi disponibilizado a aplicativo no site do Laboratório de Tecnologia Interativa Visual (Lab-Visual), disponível no site <<http://labvisual.cp.utfpr.edu.br>>, conforme Figura 26 e pode ser realizado o download direto no *Smartphone ou Tablet Android* de forma gratuita.

Figura 25 – Imagens do Aplicativo Scribens Pro



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 26 – Página Web do Laboratório de Tecnologia Visual Interativa

Laboratório de Tecnologia Visual
Onde a criatividade vive da experiência

- Home
- Docentes
- Pesquisadores
- Trabalhos Publicados
- Patentes e Registros

Trabalhos Recentes

Aqui uma pequena lista das contribuições à ciência e a sociedade
[Manual do OpenSpace 3D](#), [GOO Plataforma](#), [OVACE Bot](#), [Scribens - V0.9](#), [SUPA](#), [IBotHealthCare](#).

Este grupo de pesquisa se reúne por meio de videoconferências quinzenais abertas, venha e participe pelo link [WebConferencia](#)

Fonte: Autoria própria (2024).

4 Análise e interpretação dos resultados

Utilizando os materiais e métodos previamente apresentados, este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos nas etapas de treinamento e teste do modelo.

4.1 Acurácia por Classes

Os resultados obtidos demonstram que a aplicação da ferramenta **TM** no desenvolvimento de um modelo de reconhecimento do nível de escrita baseado em **AM** mostra-se promissora. O modelo de rede neural treinado com essa ferramenta foi capaz de identificar os oito níveis de hipótese de escrita na base de dados criada, alcançando uma precisão acima de 99%, esse número foi possível com uma base criada especificamente para esse propósito, conforme ilustrado na Figura 27.

Figura 27 – Acurácia por Classes

Accuracy per class ?		
CLASS	ACCURACY	# SAMPLES
Icônica	1.00	36
Garatuja	1.00	37
Pré-silábico Esc. ...	1.00	36
Silábico Sem Val. ...	1.00	35
Silábico Com Val. ...	1.00	35
Silábico-Alfabétic...	1.00	36
Alfabético	1.00	38
Ortográfico	1.00	35

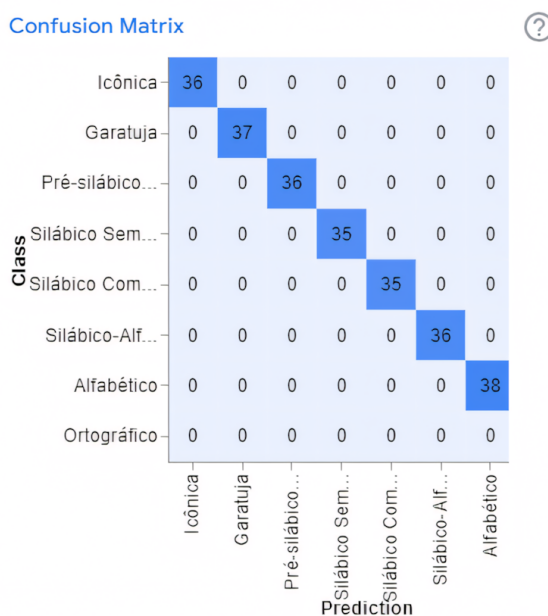
Fonte: Autoria própria (2024).

4.2 Matriz de Confusão

A precisão mencionada é baseada na matriz de confusão, uma representação $N \times N$ que compara os valores reais com os valores previstos pelo modelo de classificação. Esta matriz é automaticamente gerada pelo **TM**, como mostrado na Figura 28, e possui dimensões 8×8 , correspondendo aos níveis de escrita analisadas. Cada célula da matriz representa uma informação de erro ou acerto do modelo, sendo construída a partir da análise da acurácia por classes e com a diagonal principal demonstrando os resultados esperados.

A matriz de confusão, representada na Figura 28, complementa essa análise, fornecendo uma visão detalhada do desempenho do modelo em relação às diferentes classes durante o treinamento.

Figura 28 – Matriz de Confusão



Fonte: Autoria própria (2024).

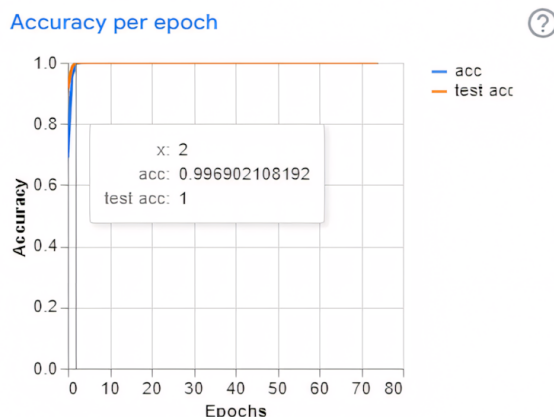
4.3 Acurácia por Época

Além disso, com base nos dados fornecidos pelo [TM](#), é possível visualizar a acurácia por época, como mostrado na Figura 29. Este gráfico destaca a acurácia em azul e a acurácia de teste em laranja ao longo das épocas, fornecendo informações detalhadas sobre o desempenho do modelo ao longo do tempo. Essa visualização é útil para identificar padrões e tendências no desempenho do modelo e pode indicar quando ajustes no treinamento são necessários, como o aumento do conjunto de dados de treinamento.

Parece que houve uma estabilização na precisão das classes após a segunda época. Isso sugere que não houve mudanças significativas na precisão das classes após esse ponto. Portanto, teria sido possível executar apenas 2 temporadas para alcançar o mesmo resultado, economizando tempo e recursos computacionais. Isso ressalta a importância de monitorar o desempenho do modelo ao longo do tempo e ajustar o processo de treinamento de acordo com as necessidades específicas do modelo e dos dados.

O termo “épocas de treinamento” denota o número de iterações em que o algoritmo de treinamento percorre todo o conjunto de dados de treinamento durante o processo de [AM](#). Cada época completa implica que todos os exemplos de treinamento foram examinados pelo algoritmo uma vez. (SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010)

Figura 29 – Acurácia por Épocas



Fonte: Autoria própria (2024).

4.4 Perdas (*Loss*) por Época (*Epochs*)

Além dos gráficos de acurácia por época, também é possível analisar a perda (*loss*) do modelo ao longo das épocas, como mostrado na Figura 30. A perda é uma medida da diferença entre as previsões do modelo e os valores reais dos exemplos de treinamento. A análise dessas métricas é crucial para identificar padrões e tendências no desempenho do modelo ao longo do tempo, permitindo ajustes necessários.

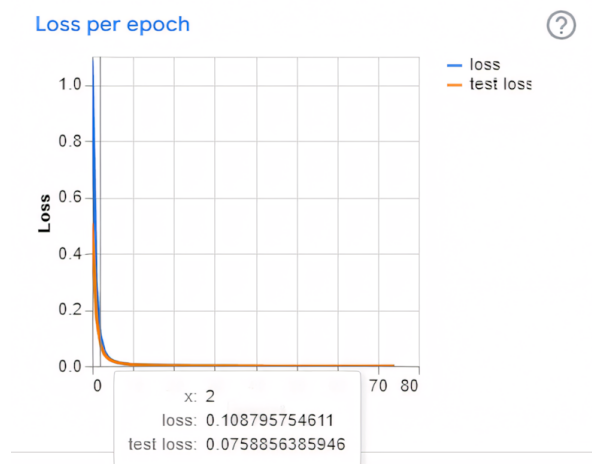
No gráfico, podemos notar que após a 2ª época, os resultados dos testes começam a deteriorar, enquanto a taxa de perdas de treinamento diminui e se estabiliza. Este padrão sugere que a rede neural está começando a memorizar as amostras do conjunto de treinamento. Em outras palavras, quanto mais tempo levar para o treinamento, menor será sua capacidade de generalizar para imagens não vistas anteriormente.

No geral, os gráficos gerados pelo **TM** são ferramentas valiosas para a análise e ajuste de modelos de **AM**, fornecendo informações precisas sobre o desempenho do modelo e permitindo a identificação de tendências e padrões nos dados.

Com base nessas análises, foi possível alcançar uma precisão acima de 99% entre os níveis de escrita utilizando a base de dados criada. Embora essa precisão seja boa, ainda há espaço para melhorias, como aumentar a diversidade nos dados e utilizar técnicas mais avançadas de pré-processamento de imagens.

Os resultados obtidos demonstram a utilidade do **TM** como uma ferramenta eficaz para o desenvolvimento de modelos de **AM**. Com sua interface intuitiva e recursos gráficos, é possível analisar e ajustar o desempenho do modelo de forma eficiente para obter melhores resultados. Assim, o **TM** se destaca como uma ferramenta de fácil uso, com potencial em diversas áreas, desde o reconhecimento de emoções até a detecção de objetos e classificação de dados.

Figura 30 – Perdas por Épocas



Fonte: Autoria própria (2024).

4.5 Demonstração de Funcionamento

Neste seção, discutimos os resultados obtidos no aplicativo, os quais apresentaram médias acima de 99%. Esses resultados podem ser considerados adequados ou não, dependendo da aplicação desejada. Aplicações sensíveis geralmente exigem maior precisão, enquanto outras podem tolerar resultados inferiores sem afetar significativamente o produto final.

4.6 Aplicação do Produto Educacional

Durante um curso de mestrado realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) no período de 2023 a 2024, sob a supervisão do professor orientador, surgiu o interesse de estender a pesquisa para o ambiente dos docentes. Após discussão com o orientador do mestrando e a solicitação para sua realização, a pesquisa foi conduzida em 16/05/2024 em uma sala de aula composta por docentes.

4.7 Apresentação do Produto Tecnológico

A apresentação do produto educacional disponibilizado em Figura 26 ocorreu por meio de uma aula no programa de mestrado da UTFPR. Na ocasião, o mestrando explicou os conceitos relacionados ao tema. Também foi explicado como seria realizado o acesso ao aplicativo e ao final ocorreria a aplicação de um questionário de avaliação sobre o aplicativo mediante a aceitação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). A pesquisa foi realizada por meio de um questionário *online*, composto por duas partes: a primeira parte envolvia a identificação dos docentes e a segunda parte continha perguntas específicas sobre o produto educacional.

As perguntas tinham o objetivo de verificar se os docentes conheciam o conceito de IA, sua compreensão sobre o tema e sua disposição para desenvolver habilidades e competências por meio de seu uso. As ferramentas utilizadas foram integradas ao desenvolvimento da aula.

4.8 Respostas do Questionário com os Docentes

Treze docentes aceitaram o TCLE e responderam ao questionário Seção A.1, resultando nos seguintes dados conforme Figura 31:

Resumo da Pesquisa - Perfil dos Participantes. A pesquisa contou com 13 participantes. A maioria dos participantes (53,8%) tem entre 36 e 45 anos, enquanto 23,1% têm entre 26 e 35 anos e 15,4% têm menos de 26 anos. A maior parte dos participantes é do gênero feminino (61,5%) e tem um nível de escolaridade avançado, com 53,8% possuindo especialização e 38,5% possuindo mestrado.

Atividades Profissionais. A grande maioria dos participantes (92,3%) são docentes, e a maioria deles atua no estado do Paraná (69,2%), seguidos por São Paulo (23,1%) e Piauí (7,7%).

Experiência com Alfabetização. Tempo de Atuação: 23,1% dos participantes têm entre 1 e 5 anos de experiência, enquanto 7,7% têm menos de 1 ano, 7,7% têm entre 6 e 10 anos, e 7,7% têm entre 11 e 20 anos. Outros 15,4% não atuam diretamente na alfabetização de crianças.

Faixa Etária das Crianças: A pesquisa revelou a diversidade de faixas etárias com as quais os participantes trabalham. Dos 13 respondentes, a maioria atua com crianças entre 7 e 10 anos, seguido por aqueles que lidam com crianças acima de 11 anos. Alguns participantes não trabalham diretamente com crianças ou não estão envolvidos na fase de alfabetização. Essa variedade reflete as diferentes áreas de atuação dos profissionais envolvidos na pesquisa.

Uso de Ferramentas Digitais e IA. A pesquisa revelou que a maioria dos participantes ainda não utiliza ferramentas digitais para avaliação da escrita, mas reconhecem a importância dessa avaliação na educação fundamental. Existe um interesse considerável em ferramentas que utilizam inteligência artificial para auxiliar nesse processo, especialmente para tarefas como análise e correção gramatical.

4.9 Resumo dos Dados de Pré-Teste sobre Avaliação da Escrita com Ferramentas Digitais

Avaliação da Escrita. 76,9% não avaliam o nível de escrita das crianças durante as atividades de alfabetização. 23,1% realizam essa avaliação.

Uso de Ferramentas Digitais. 92,3% não utilizam ferramentas digitais para avaliar a escrita. 7,7% utilizam alguma ferramenta digital.

Importância da Avaliação da Escrita. 46,2% consideram fundamental para o desenvolvimento da linguagem e comunicação. 38,5% acham essencial para acompanhar o progresso

Figura 31 – Dados - Perfil Profissiográfico



Fonte: Autoria própria (2024).

individual dos alunos. 7,7% consideram útil para identificar dificuldades. 7,7% acreditam que permite avaliar a compreensão curricular dos alunos.

Percepção sobre a IA na Avaliação da Escrita. 53,8% acham que a IA pode ajudar em alguns aspectos, mas ainda requer julgamento humano. 46,2% acreditam que a IA pode automatizar tarefas repetitivas e fornecer análises precisas e objetivas.

Disposição para Usar IA na Avaliação. 84,6% estão dispostos a usar IA para complementar a avaliação tradicional. 15,4% gostariam de saber mais sobre a ferramenta antes de decidir.

Funcionalidades Desejadas em uma Ferramenta de IA. Separação por turmas, tempo de permanência em cada fase, uso de recursos visuais, auxílio na ortografia e reconhecimento grafotécnico.

Preocupações com a IA. 53,8% estão preocupados com o viés nos resultados. 23,1% estão preocupados com a privacidade dos dados. 15,4% temem a desvalorização do papel do professor e falta de transparência.

Comentários Adicionais. Sugestão de parcerias com professoras alfabetizadoras para aprimorar os dados. Necessidade de *feedback* contínuo e avaliação das ferramentas de IA utilizadas.

Conclusão A pesquisa indica uma baixa utilização de ferramentas digitais na avaliação da escrita, mas reconhece sua importância. Há uma abertura significativa para o uso de IA, apesar das preocupações com privacidade, viés e transparência. As sugestões incluem melhorias no *feedback* e maior integração com práticas pedagógicas tradicionais.

Figura 32 – Dados - Pré-Teste



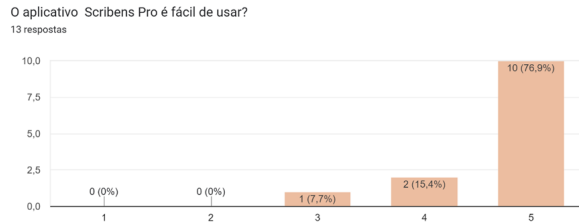
Fonte: Autoria própria (2024).

Resumo dos Resultados da Pesquisa Pós-Intervenção sobre o Aplicativo Scribens Pro
 Figura 33 Facilidade de Uso 76,9% dos participantes acharam o Scribens Pro muito fácil de usar. Clareza das Instruções 69,2% consideraram as instruções e tutoriais claros e úteis. Utilização dos Recursos 84,6% acharam os recursos do aplicativo fáceis de encontrar e usar. Velocidade e Responsividade 69,2% avaliaram o aplicativo como rápido e responsivo. Erros

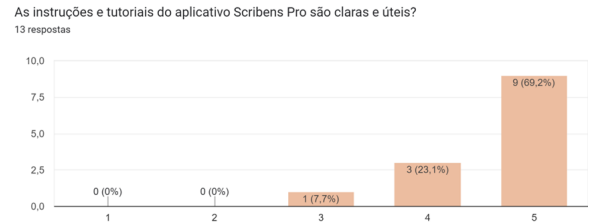
e Travamentos 61,5% relataram que o aplicativo raramente apresenta erros ou travamentos. Satisfação Geral 76,9% estão muito satisfeitos com o Scribens Pro. Atendimento às Expectativas 61,5% afirmaram que o aplicativo atende completamente às suas expectativas. Recomendação 84,6% recomendariam o aplicativo para outras pessoas. Pontos Positivos Facilidade de uso e dinâmica na análise. Correção gramatical. Otimização do trabalho do professor. Utilidade na alfabetização. Pontos Negativos Ausência de versão para iPhone. Possíveis transtornos devido a não reconhecimentos. Interface e precisão variável. Sugestões de Melhorias Expansão de recursos na versão gratuita. Implementação de relatórios. Possibilidade de identificação de textos. Conclusão O Scribens Pro é bem avaliado pela maioria dos usuários, especialmente por sua facilidade de uso e aplicabilidade na educação. Sugestões para melhorias incluem a criação de uma versão para iOS e a adição de funcionalidades como relatórios e maior precisão.

Figura 33 – Dados - Pós Intervenção

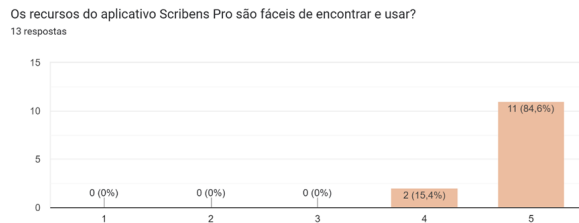
(a) O aplicativo Scribens Pro é fácil de usar?



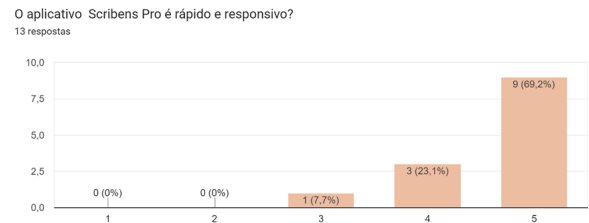
(b) As instruções do aplicativo Scribens Pro são claras e úteis?



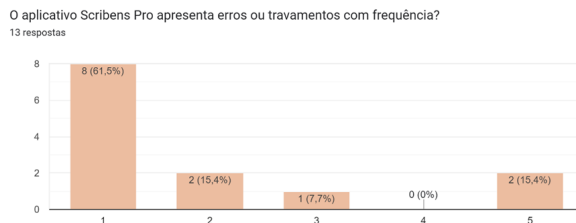
(c) Os recursos do aplicativo Scribens Pro são fáceis de encontrar e usar?



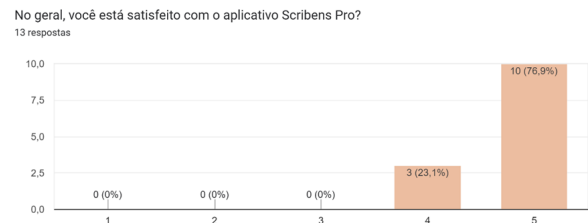
(d) O aplicativo Scribens Pro é rápido e responsivo?



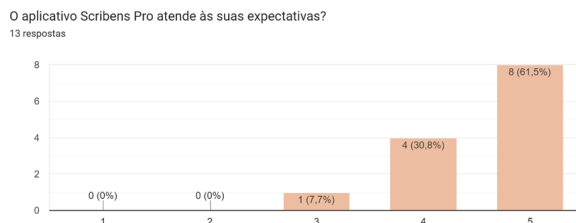
(e) O aplicativo Scribens Pro apresenta erros ou trava-mentos com frequência?



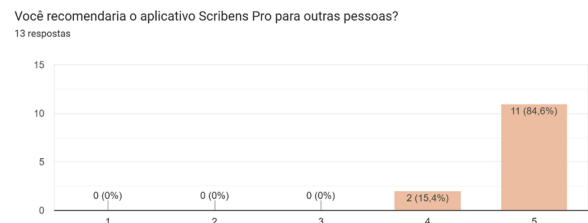
(f) No geral, você está satisfeito com o aplicativo Scribens Pro?



(g) O aplicativo Scribens Pro atende às suas expectativas?



(h) Você recomendaria o aplicativo Scribens Pro para outras pessoas?



Fonte: Autoria própria (2024).

5 Considerações Finais

O desenvolvimento das habilidades de escrita deve observar o momento em que a criança está se desenvolvendo como ser humano. Ao reconhecer a formação da escrita, é possível identificar características socioemocionais e comportamentais que podem dificultar o desenvolvimento da criança.

As escolas que capacitam os professores para perceber a formação dessas características ou até mesmo identificar corretamente um problema de escrita precisam de mais ferramentas. Portanto, há uma crescente necessidade de estratégias eficazes para apoiar as crianças no desenvolvimento de habilidades pré-leitura e escrita.

Para atender a essa necessidade, uma nova abordagem foi desenvolvida que utiliza tecnologia móvel e IA para ajudar os professores a criar atividades com base nos níveis de habilidade das crianças. Esta abordagem visa fornecer suporte personalizado às crianças e otimizar sua experiência de aprendizado.

Um dos aspectos notáveis desta abordagem é sua natureza independente de linguagem, permitindo que os professores criem atividades em múltiplos idiomas com diferentes níveis de habilidades de escrita. Essa flexibilidade garante que a abordagem possa ser aplicada a diversos contextos linguísticos e níveis de competência em escrita.

Esperamos em breve trazer resultados expressivos sobre nossas experiências para avaliar a eficácia desta abordagem com uma visão mais ampla da pesquisa.

Em conclusão, a integração da tecnologia móvel e IA no apoio às habilidades pré-leitura e escrita das crianças tem mostrado resultados promissores. Ao fornecer atividades personalizadas e aproveitar a natureza lúdica dos dispositivos móveis, esta abordagem pode aumentar significativamente o engajamento e o sucesso das crianças no desenvolvimento de habilidades de alfabetização essenciais.

Este é um passo importante de uma série de outros projetos que podem aproveitar os resultados obtidos. Esta dissertação mostrou que é possível desenvolver técnicas de classificação de imagens em dispositivos móveis, de forma *offline*, podendo auxiliar a população em diversos problemas de classificação, mas não limitando-se a isso. Com o estudo desse trabalho, é possível levar mais informações e auxiliar os profissionais de educação no diagnóstico do aprendizado.

Analisando os resultados, percebe-se que as redes neurais voltadas para dispositivos móveis, apesar de suas limitações por conta da plataforma, oferecem resultados interessantes em métricas. Importante salientar que os modelos treinados apresentaram tamanho máximo de 2 *Megabytes* (MBs), muito mais leves que modelos gerados por redes convencionais, e a análise da imagem ocorre de forma instantânea, sendo ideais para aplicações *mobile* e *web*, principalmente quando estar *offline* é um requisito, não podendo se utilizar de redes mais potentes em servidores.

Percebe-se que redes especializadas em uma cultura tendem a ter desempenhos

melhores, justamente por possuírem menos classes e serem menos complexas, uma vez que não precisam diferenciar categorias muito distintas. Logo, para aplicações reais, é importante que o *dataset* seja o mais otimizado possível para a proposta do sistema, lembrando que sistemas generalistas terão performance inferior.

Importante ressaltar que a aplicação não foi homologada em uma diversidade de cenários, logo não é possível considerá-la como apta para produção. Seria importante realizar testes em diversos cenários, com diferentes dispositivos, uma vez que câmeras distintas podem acarretar em resultados variados, além de simular situações adversas como baixa luminosidade, alta luminosidade entre outras situações que podem vir a ocorrer em outros cenários.

Fica como trabalho futuro implementar uma *MobileNet* em *Graphics Processing Unit (GPU)*, onde o treinamento pode ser potencializado, com mais imagens, mais épocas, a fim de melhorar os resultados obtidos. Além disso, seria interessante expandir a base de conhecimento para outras campos da educação.

Outro trabalho futuro seria utilizar métodos de *data augmentation*, a fim de balancear corretamente as classes no *dataset* com menos de 300 imagens.

Há um grande ramo de aplicações envolvendo inteligência artificial e dispositivos móveis, como detecção de imagens, detecção de faces, vozes, *chatbots* entre outros recursos. Espera-se que num futuro próximo, muitos outros sistemas surjam com os avanços tecnológicos, permitindo uma melhor interação com os usuários.

O produto educacional Scribens Pro se encontra disponível no *Website* ¹ o *TM* no Google Drive ². O código fonte desse projeto se encontra no GitHub ³, sob a licença *GNU's Not Unix (GNU) General Public License (GPL)*, a *GNU General Public License (GPL)* permite que os programas sejam distribuídos e reaproveitados, mantendo, porém, os direitos do autor. O aplicativo Scribens Pro em formato APK foi disponibilizado no site do Laboratório de Tecnologia Interativa Visual (Lab-Visual), disponível em <<http://labvisual.cp.utfpr.edu.br>>, conforme Figura 26, sendo totalmente aberto e gratuito.

Como um dos resultados esperados é o desenvolvimento de uma ferramenta que possa ser liberada para uso no ensino fundamental após os devidos processos de validação pelo comitê de ética em pesquisa.

Estima-se que será identificado, por meio de uma avaliação heurística de usabilidade os critérios de uso e aceitação da tecnologia. Sendo, esta avaliação primordial para as futuras atividades de pesquisa com seres humanos decorridos da demanda do comitê de ética.

A pesquisa tem o propósito de demonstrar como a aplicação dos princípios do *TM* pode resultar em uma melhoria significativa na capacidade de abordar sistematicamente e resolver problemas através de um raciocínio lógico orientado, fazendo uso de análises para avaliar a eficácia da execução, culminando em um resultado final coeso alinhado com o projeto original.

¹<<https://bit.ly/3QL5LBP>>

²<<https://bit.ly/3wK3bW7>>

³<<https://bit.ly/4aApn2L>>

Outra possível contribuição é a descrição e utilização da técnica de **TM** como uma ferramenta para construção de aplicações inteligentes para o ensino, ajudando a superar desafios de aprendizado e promovendo o desenvolvimento das habilidades dos alunos em direção a um nível mais avançado.

E por fim, para contribuir com a comunidade de tecnologia de **IA** na educação, espera-se a formulação de um *dataset* (conjunto de dados) para ser disponibilizado para outras aplicações na psicogênese da escrita.

Desta forma, almeja-se obter dados que comprovem que a técnica de solução de problemas com o auxílio dos princípios do **TM** apresentados neste trabalho demonstre eficiência na evolução da capacidade de resolver um problema de forma sistemática e orientada por um raciocínio lógico que utiliza análises para mensurar sua capacidade de execução, apresentando um desenho final coerente com o projeto inicial.

5.1 Trabalhos Aceitos para publicação em Eventos Internacionais

Quadro 3 – Divulgação Científica

Evento	Publicação	Situação
1nd International Conference on Intelligent Technology for Educational Applications (ITEA 2024) Kuala Lumpur, Malaysia	Machine Learning in Children Handwriting Reporting for Psychogenesis of Portuguese Language	Artigo aceito em Evento Internacional
16nd International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2024) Angers France	Machine Learning in Children Handwriting Reporting for Psychogenesis of Portuguese Language	Artigo aceito em Evento Internacional
2nd International Conference on Education and Information Technology (EDUIT 2024) Copenhagen, Denmark	Machine Learning in Children Handwriting Reporting for Psychogenesis of Portuguese Language < https://inwes2024.org/eduit/papers >	Artigo aceito em Evento Internacional

Fonte: Autoria própria (2024).

Referências

- ACADEMY, D. S. **Deep Learning Book**. 2019. <<http://deeplearningbook.com.br/>>. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 37.
- ACADEMY, K. Anatomia de um neurônio. 2014. Citado na página 36.
- BATISTA, S. **Sondagem: Hipóteses de Escrita e o Processo de Alfabetização**. Petrópolis: Editora Vozes, 2010. Citado na página 20.
- BONNETON-BOTTE, N. et al. **Teaching and Rehabilitation of Handwriting for Children in the Digital Age: Issues and Challenges**. [S.l.]: Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), 2023. Citado na página 19.
- BORGES, F. F.; OLIVEIRA, P. M.; PIRES, D. F. Sondagem descomplicada: sistema de informação aplicado à alfabetização. **Revista Eletrônica de Sistema de Informação e Gestão Tecnológica**, v. 07, n. 01, 2016. Acesso em: 16 de junho de 2023. Disponível em: <<http://periodicos.unifacef.com.br/index.php/resiget/issue/view/130>>. Citado 4 vezes nas páginas 43, 45, 46 e 47.
- BRASIL. **Relatório da Pesquisa Alfabetiza Brasil: Diretrizes para uma Política Nacional de Avaliação da Alfabetização das Crianças**. Brasília, DF: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), 2023. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.
- CALDEIRA, A.; SOUZA, R.; MACHADO, M. Identificação automática das ordens dos modelos garch utilizando redes neurais. **Engevista**, v. 11, n. 01, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 38.
- CARNEY, M.; AL. et. Teachable machine: Approachable web-based tool for exploring machine learning classification. In: **Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. [S.l.: s.n.], 2020. p. 1–8. Citado na página 53.
- CLAY, M. M. et al. **Becoming literate: The construction of inner control**. [S.l.]: Auckland (Nova Zelândia):, 2000. Citado na página 26.
- DAWIDOWSKY, T. et al. Educational practices in early childhood. 2021. Citado na página 29.
- DOCKRELL, J. E.; MARSHALL, C. R.; WYSE, D. Teachers' reported practices for teaching writing in England. **Reading and Writing**, Springer Netherlands, v. 29, p. 409–434, 3 2016. ISSN 15730905. Citado na página 19.
- EHRI, L. C. Phases of development in learning to read words by sight. 2002. Citado na página 29.
- ENDLICH, D. et al. Early literacy interventions. 2021. Citado na página 29.
- FACELI, K.; AL. et. **Inteligência artificial: Uma abordagem de aprendizado de máquina**. [S.l.]: LTC, 2011. v. 2. 192 p. Citado 3 vezes nas páginas 34, 35 e 37.
- FARIAS, S. A.; BORTOLANZA, A. M. E. Concepção de mediação: O papel do professor e da linguagem. **Revista Profissão Docente**, v. 13, p. 94–109, 2013. Citado na página 20.

- FERNANDES, A. M. d. R. **Inteligência artificial: noções gerais**. Florianópolis: VisualBooks, 2005. Citado na página 34.
- FERREIRO, E.; TEBEROSKY, A. **Aprendendo a Escrever**. São Paulo: Cortez Editora, 1985. Citado na página 20.
- FERREIRO, E.; TEBEROSKY, A. **Psicogênese da língua escrita**. [S.l.]: Artes Médicas, 1986. Citado 6 vezes nas páginas 28, 29, 30, 31, 33 e 50.
- GEBRAN, R. A. Contexto escolar e processo ensino-aprendizagem: ações e interações. **São Paulo: Arte e Ciência**, 2004. Citado na página 19.
- GENTRY, J. R. **Learning to spell developmentally**. [S.l.: s.n.], 1982. Citado na página 29.
- GENTRY, J. R. A scale of writing development. 2004. Citado na página 29.
- GONZALEZ-LOPEZ, M. Teaching management to reading and writing in children of elementary school. **International Journal of Educational Administration, Management, and Leadership**, 2021. ISSN 2722-0249. Citado na página 28.
- GOODFELLOW, I.; AL. et. **Deep learning**. [S.l.]: MIT press, 2016. v. 1. Citado na página 39.
- HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e prática**. [S.l.]: Bookman Editora, 2007. Citado 3 vezes nas páginas 35, 37 e 38.
- HUBEL, D. H.; WIESEL, T. N. Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. **The Journal of physiology**, v. 160, n. 1, p. 106, 1962. Citado 2 vezes nas páginas 39 e 40.
- KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. [S.l.], 2007. Citado na página 42.
- LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. **nature**, v. 521, n. 7553, p. 436–444, 2015. Citado na página 39.
- LIMA, C. J. et al. Desenvolvimento de um protótipo de identificação do nível de escrita para dispositivos móveis: uma ferramenta de sondagem no ensino. In: **Anais do IV Congresso sobre Tecnologias na Educação (Ctrl+E 2019)**. Recife, Pernambuco, Brasil: [s.n.], 2019. p. 7. Citado 3 vezes nas páginas 43, 45 e 48.
- LONGCAMP, M.; ZERBATO-POUDOU, M. T.; VELAY, J. L. The influence of writing practice on letter recognition in preschool children: A comparison between handwriting and typing. **Acta Psychologica**, v. 119, 2005. ISSN 00016918. Citado na página 27.
- LUCKESI, C. C. **Avaliação da Aprendizagem Escolar**. São Paulo: Cortez, 1998. Citado na página 20.
- MARQUARDT, C. et al. **Learning handwriting at school – A teachers' survey on actual problems and future options**. 2016. Citado na página 34.
- MASTELLA, L. S.; ABEL, M. **Técnicas de aquisição de conhecimento para sistemas baseados em conhecimento**. [S.l.]: Curso de Bacharelado em Ciências da computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul–Instituto de Informática, 2004. Citado na página 34.

MATSUBARA, E. T. **O algoritmo de aprendizado semi-supervisionado co-training e sua aplicação na rotulação de documentos**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2004. Citado na página 39.

MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. **The bulletin of mathematical biophysics**, Springer, v. 5, n. 4, p. 115–133, 1943. Citado na página 36.

MELO, J.; SILVA, M. Dispositivos móveis na educação: uma revisão das características e aplicações. **Revista Brasileira de Tecnologia Educacional**, Editora Educacional, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 45–62, 2021. Citado na página 22.

MITCHELL, T. **Machine Learning**. [S.l.]: McGraw-Hill, 1997. <<https://books.google.com.br/books?id=EoYBngEACAAJ>>. McGraw-Hill International Editions. ISBN 9780071154673. Citado na página 35.

MOMBACH, J.; SOARES, F. Designing an app for remotely children's spelling assessment. In: _____. Springer International Publishing, 2021. v. 12784, p. 92–107. ISBN 978-3-030-77888-0 978-3-030-77889-7. Series Title: Lecture Notes in Computer Science. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-77889-7_7>. Citado na página 34.

MOMBACH, J.; SOUZA, P. S.; LEAL, L. Aplicativo para auxiliar professores nas avaliações de psicogênese da escrita. In: **Anais do XXVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2017)**. [S.l.: s.n.], 2017. Citado 3 vezes nas páginas 43, 45 e 48.

MORAIS, A. G. d. **Sistema de escrita alfabética**. São Paulo: Editora Melhoramentos, 2012. Citado na página 30.

MOREIRA, M. A. O ensino de stem (ciência, tecnologia, engenharia e matemática) no século xxi. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 2, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/8416>>. Citado na página 25.

MORTATTI, M. d. R. L. **Alfabetização no Brasil: uma história de sua história**. [S.l.]: Editora Oficina Universitária, 2011. Citado na página 26.

PARK, W. et al. Evaluation of handwriting skills in children with learning difficulties. In: . [S.l.]: Springer Verlag, 2019. v. 11573 LNCS, p. 150–159. ISBN 9783030235628. ISSN 16113349. Citado na página 18.

PETERSEN, K.; WOHLIN, C.; BACA, D. The waterfall model in large-scale development. **Proceedings of the 10th International Conference on Product-Focused Software Process Improvement (PROFES)**, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, v. 32, p. 1–11, 2008. Citado na página 41.

PIMENTEL, M.; FILIPPO, D.; SANTORO, F. M. Design science research: fazendo pesquisas científicas rigorosas atreladas ao desenvolvimento de artefatos computacionais projetados para a educação. In: JAQUES, P. A.; AL. et (Ed.). **Metodologia de Pesquisa em Informática na Educação: Concepção da Pesquisa**. SBC, 2020, (Série Metodologia de Pesquisa em Informática na Educação, v. 1). cap. 5, p. 266–290. Disponível em: <https://metodologia.ceie-br.org/wp-content/uploads/2018/10/cap1_5.pdf>. Citado na página 51.

Pinterest. **Pinterest**. 2024. <<https://br.pinterest.com/>>. Acesso em: 1 jul. 2024. Citado na página 21.

- POLLO, T. C.; KESSLER, B.; TREIMAN, R. Statistical learning in children's early spelling development. 2005. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 29.
- POLLO, T. C.; TREIMAN, R.; KESSLER, B. Three perspectives on the development of writing in children. 2007. Citado 3 vezes nas páginas 28, 29 e 31.
- POLYAKOVA, Z. T. R.; KARPOV, E. K. **Digital Transformation of Education and Artificial Intelligence**. 2020. Citado na página 19.
- QI, D. S.; LAPKIN, S. Exploring the role of noticing in a three-stage second language writing task. **Journal of Second Language Writing**, v. 10, 2001. ISSN 10603743. Citado na página 27.
- RE, A. M. et al. Copy skills and writing abilities in children with and without specific learning disabilities. **Journal of Learning Disabilities**, v. 56, 2023. ISSN 00222194. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.
- READ, C. Children's categorization of speech sounds in english. 1971. Citado na página 28.
- ROSSETTO, A. D. F. **Psicogênese da escrita infantil - PEI**. Tese (Dissertação de Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Londrina, Londrina, Paraná, Brasil, 2017. Citado 4 vezes nas páginas 43, 45, 47 e 48.
- RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. **Artificial intelligence - a modern approach**. [S.l.]: Prentice Hall, 2003. <<http://www.worldcat.org/oclc/314283679>>. Prentice Hall series in artificial intelligence. ISBN 0130803022. Citado na página 35.
- SILVA, I. d.; SPATTI, D. H.; FLAUZINO, R. A. **Redes neurais artificiais para engenharia e ciências aplicadas**. [S.l.]: Artliber, 2010. v. 23. 33–111 p. Citado 3 vezes nas páginas 38, 39 e 66.
- SILVA, R. E. V. d. **Um estudo comparativo entre redes neurais convolucionais para a classificação de imagens**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Ceará, 2018. Citado na página 23.
- SOARES, M. **Alfabetização e letramento**. São Paulo: Contexto São Paulo, 2003. Citado 4 vezes nas páginas 26, 27, 31 e 32.
- SOARES, M. **Alfabetizar: Toda Criança Pode Aprender a Ler e a Escrever**. São Paulo: Editora Contexto, 2019. 352 p. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 52.
- SOARES, M. **Teorias do Desenvolvimento da Escrita Infantil**. [S.l.: s.n.], 2019. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 29.
- TREIMAN, R. Learning to write words. **Current Directions in Psychological Science**, SAGE Publications, Los Angeles, CA, v. 29, n. 5, p. 521–526, 2020. Citado na página 29.
- TURIM, D. **Sondagem de Hipóteses de Escrita: Um Instrumento para o Acompanhamento da Aprendizagem**. Petrópolis: Editora Vozes, 2007. Citado na página 20.
- VARGAS, A. C. G.; PAES, A.; VASCONCELOS, C. N. Um estudo sobre redes neurais convolucionais e sua aplicação em detecção de pedestres. In: **Proceedings of the xxix conference on graphics, patterns and images**. [S.l.: s.n.], 2016. v. 1, n. 4. Citado na página 40.

VERHOEVEN, L. et al. Writing development in children. 2020. Citado na página [29](#).

WASON, R. Deep learning: Evolution and expansion. **Cognitive Systems Research**, v. 52, p. 701–708, 2018. ISSN 1389-0417. Citado na página [39](#).

WESTWOOD, P. **What teachers need to know about teaching methods**. [S.l.: s.n.], 2018. Citado na página [29](#).

Apêndices

APÊNDICE A – Apêndices

A.1 Questionário Aplicado aos Profissionais da Educação

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA A PESQUISA

Formulário Pesquisa de Mestrado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza.

Título do Projeto de pesquisa: Produto Educacional para professores: uma proposta na modalidade EaD.

Pesquisador Responsável: Mestrando Ricardo Lucas Pires

Orientador: Professor Dr. Eduardo F. Damasceno

Você está sendo convidado(a) para participar deste Projeto de Pesquisa sob minha responsabilidade.

Leia atentamente o que se segue e caso tenha qualquer dúvida, pode entrar em contato pelo meu WhatsApp ou meu e-mail para os esclarecimentos que forem pertinentes.
e-mail:

ricardolucaspirez@alunos.utfpr.edu.br

Caso se sinta esclarecido(a) sobre as informações que estão neste termo e aceite participar desta pesquisa, peço que assinale ao final da próxima seção os itens referentes ao seu consentimento livre e esclarecido.

Destaco que sua participação é indispensável para esta pesquisa, mas ela é livre.

Esclarecemos que:

1. este trabalho tem por objetivo analisar as contribuições de um aplicativo para dispositivos móveis que possa auxiliar profissionais da educação ao longo do processo de teste de hipóteses de escrita e nas regras associadas à identificação dos níveis de escrita dos alunos.
2. a sua colaboração nesta pesquisa consistirá em responder questionários e formulários digitais referentes a sua participação em momentos de sensibilização dos conceitos e em atividades práticas por meio de oficina.
3. a sua participação nesta pesquisa como profissional da educação* terá o auxílio de algumas estratégias e recursos tecnológicos de ensino e aprendizagem para otimizar as práticas pedagógicas como também as ações no âmbito educacional.
entende-se por profissional da educação: professores, orientadores educacionais, coordenadores, pedagogos, psicopedagogos, ou seja, todos os profissionais graduados que atuam na educação.

Este primeiro questionário tem o intuito de realizar uma pesquisa qualitativa e

quantitativa de natureza interpretativa envolvendo a sua percepção e experiência em relação ao aplicativo para dispositivos móveis sob uma perspectiva educacional. Os dados coletados serão utilizados para análise e elaboração da minha dissertação, bem como produto educacional, sendo garantido o anonimato de seus participantes. Este questionário levará, no máximo, 5 (cinco) minutos.

Desde já agradecemos à sua colaboração e participação.

* Indica uma pergunta obrigatória

1. Concordância de participação da pesquisa *

Marque todas que se aplicam.

- Declaro que estou ciente que minha participação nesta pesquisa é livre e que poderei retirar a qualquer momento a minha concordância.
- Declaro que estou ciente que minha participação é voluntária e não haverá nenhum valor monetário a receber ou a pagar.
- Declaro que estou ciente que meu nome será mantido em sigilo, assegurando assim a minha privacidade e se desejar terei livre acesso a todas as informações que prestei por meio deste instrumento de pesquisa
- Declaro que estou ciente que os dados coletados serão utilizados única e exclusivamente, para fins desta pesquisa e os seus resultados poderão ser publicados em anais de eventos, periódicos, capítulos de livros e livros.

Pular para a pergunta 2

Dados Pessoais do Participante

2. E-mail *

3. Nome do participante: *

4. Qual a sua idade? *

Marcar apenas uma oval.

Menos de 26 anos

26 a 35 anos

36 a 45 anos

46 a 55 anos

Mais de 55 anos

5. Qual o seu gênero? *

Marcar apenas uma oval.

Feminino

Masculino

Outro: _____

6. Qual o seu nível de escolaridade? *

Marcar apenas uma oval.

Ensino Médio

Graduação

Especialização

Mestrado

Doutorado

Outro: _____

Atividades Profissionais

7. Qual seu perfil profissional principal *

Marcar apenas uma oval.

Docente

Fonoaudiologa

Psicopedagoga

Outro: _____

8. Estado onde atua? *

Marcar apenas uma oval.

- Acre (AC)
- Alagoas (AL)
- Amapá (AP)
- Amazonas (AM)
- Bahia (BA)
- Ceará (CE)
- Distrito Federal (DF)
- Espírito Santo (ES)
- Goiás (GO)
- Maranhão (MA)
- Mato Grosso (MT)
- Mato Grosso do Sul (MS)
- Minas Gerais (MG)
- Pará (PA)
- Paraíba (PB)
- Paraná (PR)
- Pernambuco (PE)
- Piauí (PI)
- Rio de Janeiro (RJ)
- Rio Grande do Norte (RN)
- Rio Grande do Sul (RS)
- Rondônia (RO)
- Roraima (RR)
- Santa Catarina (SC)
- São Paulo (SP)
- Sergipe (SE)
- Tocantins (TO)

9. Por quanto tempo você tem atuado com crianças em fase de alfabetização? *

Marcar apenas uma oval.

- Menos de 1 ano
- De 1 a 5 anos
- De 6 a 10 anos
- De 11 a 20 anos
- Mais de 20 anos
- Outro: _____

10. Atua com crianças em qual faixa etária *

Marque todas que se aplicam.

- 3 a 4
- 5 a 6
- 7 a 8
- Outro: _____

Formulário de Pré-Teste

11. Em sua atividade profissional você avalia o nível da escrita das crianças durante as atividades de alfabetização? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

12. Você já utilizou alguma ferramenta digital para auxiliar na avaliação da escrita dos alunos? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

13. Se sim, qual(is) ferramenta(s) já utilizou?

14. Na sua opinião, qual a importância da avaliação da escrita na educação fundamental? *

Marcar apenas uma oval.

- Fundamental para o desenvolvimento da linguagem e da comunicação dos alunos.
- Essencial para o acompanhamento do progresso individual dos alunos na aprendizagem da escrita.
- Útil para identificar áreas de dificuldade e direcionar o ensino e a aprendizagem.
- Permite avaliar a compreensão dos alunos sobre os conteúdos curriculares.
- Outro: _____

15. Você acredita que a inteligência artificial (IA) pode auxiliar na avaliação da escrita dos alunos? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim, com certeza. A IA pode automatizar tarefas repetitivas e fornecer análises mais precisas e objetivas.
- Sim, em alguns aspectos. A IA pode auxiliar na identificação de padrões e erros gramaticais, mas ainda precisa do julgamento humano para avaliar aspectos qualitativos da escrita.
- Não tenho certeza. A IA ainda está em desenvolvimento e não sei se é confiável para avaliar a escrita.
- Não, não acredito. A avaliação da escrita é um processo complexo que requer expertise humana e não pode ser substituída por IA.
- Outro: _____

16. Você estaria disposto(a) a utilizar uma ferramenta que utiliza inteligência artificial para realizar testes de hipóteses de escrita? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim, com certeza. Acredito que essa ferramenta pode ser útil para complementar a avaliação tradicional da escrita.
- Sim, em alguns casos. Gostaria de saber mais sobre como a ferramenta funciona e quais dados ela fornece.
- Não tenho certeza. Preciso de mais informações sobre a ferramenta antes de tomar uma decisão.
- Não, não estou disposto(a). Prefiro utilizar métodos tradicionais de avaliação da escrita.
- Outro: _____

17. Quais funcionalidades você gostaria que uma ferramenta desse tipo oferecesse? *

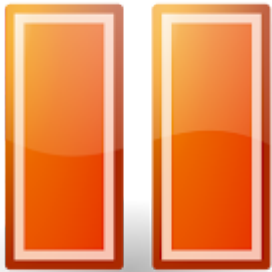
18. Você tem alguma preocupação ou objeção em relação ao uso de inteligência artificial na educação? *

Marque todas que se aplicam.

- Preocupação com a privacidade dos dados dos alunos.
- Falta de transparência no funcionamento das ferramentas de IA.
- Possibilidade de viés nos resultados da avaliação da escrita.
- Desvalorização do papel do professor na avaliação da escrita.
- Aumento da carga de trabalho dos professores.
- Outro: _____

19. Por favor, sinta-se à vontade para fornecer qualquer comentário adicional ou sugestão que julgar relevante:

Pausa para aplicação do produto



Formulário de Pós Intervenção

20. O aplicativo Scribens Pro é fácil de usar? *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Míni Máximo

21. As instruções e tutoriais do aplicativo Scribens Pro são claras e úteis? *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Míni Máximo

22. Os recursos do aplicativo Scribens Pro são fáceis de encontrar e usar? *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Míni Máximo

23. O aplicativo Scribens Pro é rápido e responsivo? *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Míni Máximo

24. O aplicativo Scribens Pro apresenta erros ou travamentos com frequência? *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Míni Máximo

25. No geral, você está satisfeito com o aplicativo Scribens Pro? *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Míni Máximo

26. O aplicativo Scribens Pro atende às suas expectativas? *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Míni Máximo

27. Você recomendaria o aplicativo Scribens Pro para outras pessoas? *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Míni Máximo

28. O que você mais gosta do aplicativo Scribens Pro? *

29. O que você menos gosta do aplicativo Scribens Pro? *

30. O que você gostaria de ver adicionado ou aprimorado no aplicativo Scribens Pro?

31. Você tem algum outro comentário ou sugestão para o aplicativo Scribens Pro?

Etapa Final

Obrigado por

sua colaboração e participação.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

A.2 Mapeamento Sistemático

Portuguese Language Psychogenesis Through Children's Handwriting With Machine Learning

ricardoux, edamasceno

Handwriting development is a multifaceted process involving fine motor control, perception, and visual-motor integration skills, crucially developed during the literacy phase. This text emphasizes the role of psychopedagogical professionals in monitoring the psychogenesis of written language. Early childhood educators play a pivotal role in initiating literacy acquisition, necessitating continuous training to enhance their pedagogical practices. While the literacy environment significantly influ

Planejamento

Spelling is an important skill to learn to write, especially in early literacy. Children's spelling assessment is typically conducted using paper-based methods. However, technological advancements offer an alternative approach to assess this skill, utilizing digital tools or environments, including those integrating Machine Learning techniques. Therefore, this systematic review aims to map digital tools developed to support children's spelling assessment, identify applied design elements, and evaluate their effectiveness in aiding learning.

PICOC

- **População:** children in early literacy
- **Intervenção:** experiences on spelling assessment using digital resources and Machine Learning techniques
- **Comparação:** comparison between traditional paper-based spelling assessment and digital spelling assessment
- **Resultados:** improvement in spelling skills, engagement, and accessibility of assessment results, potentially enhanced by the application of Machine Learning techniques
- **Contexto:** spelling assessment conducted in digital environments

Questões de Pesquisa

1. What digital resources support children's spelling assessment?
2. Which design elements are observed on tools or environments for children's spelling assessment?
3. Can digital technology support children's spelling assessment effectively as paper-based?

4. How can Machine Learning techniques be applied to enhance children's spelling assessment?

Palavras-chaves e Sinônimos

Palavra-chave	Sinônimos
assessment	asses, avaliação, evaluación, evaluate, evaluation, exam, examination, prueba, test, teste
children	child, criança, kids, niño, preschooler
digital tool	aplicación movil, aplicativo, app, application, computer system, digital environment, digital resource, ferramenta digital, mobile, sistema informático, software, tablet, technology
spell	escrever, escrita, escritura, spelling, write, writing

String de Busca

(child* OR kid OR preschooler) AND (assess* OR evaluat* OR exam* OR test) AND (digital OR app OR computer OR mobile OR software OR tablet OR ipad OR multimedia OR technolog* OR smartphone OR iphone) AND (spell* OR writ* OR prewrit*) AND (Digital Technology) AND (Machine Learning)

Fontes

- ACM Digital Library (<http://portal.acm.org>)
- Assessing Writing (<https://www.journals.elsevier.com/assessing-writing>)
- Computers and Education (<https://www.journals.elsevier.com/computers-and-education>)
- Early Childhood Research Quarterly (<https://www.journals.elsevier.com/early-childhood-research-quarterly>)
- El Compendex (<https://www.elsevier.com/solutions/engineering-village/content/compendex>)
- IEEE Digital Library (<http://ieeexplore.ieee.org>)
- ISI Web of Science (<http://www.isiknowledge.com>)
- International Journal of Child-Computer Interaction (<https://www.journals.elsevier.com/internationaljournal->)
- Journal of Early Childhood Literacy (<https://journals.sagepub.com/home/ecl>)
- Reading and Writing (<https://www.springer.com/journal/11145>)
- Science@Direct (<http://www.sciencedirect.com>)
- Scopus (<http://www.scopus.com>)

- Springer Link (<http://link.springer.com>)

Riscos a Validação da Revisão

Métodos Estatísticos e Convenções

Critérios de Seleção

Critérios de Inclusão:

- Papers wrote in English, Portuguese, or Spanish
- Primary studies
- Studies focused on children's spelling assessment using a digital resource
- Studies focused on children's spelling assessment using machine learning
- Studies published since 2019 (past 5 years)
- Studies spelling or writing instruction on kindergarten or primary school

Critérios de Exclusão:

- Paper is an old version of another study already considered
- Paper is not a research article
- Review or meta-review papers
- Studies do not mention digital resources for children's spelling
- Studies focused on special needs education
- Studies on second-language learning
- Studies outside the educational context
- Studies published as an abstract only
- Unable to access paper

Checklist de Avaliação de Qualidade

Questões:

- Does the method make it possible to customize words to ask the children to write?
 - Sim(1.0)
 - Parcialmente(0.5)
 - Não(0.0)
- Is it proposes a new tool for evaluating children's writing?
 - Sim(1.0)
 - Parcialmente(0.5)
 - Não(0.0)
- Is the study validated with teachers or educational specialists?

- Sim(1.0)
- Parcialmente(0.5)
- Não(0.0)
- Does the study report user experiments?
 - Sim(1.0)
 - Parcialmente(0.5)
 - Não(0.0)
- Are the results provided with qualitative or quantitative data?
 - Sim(1.0)
 - Parcialmente(0.5)
 - Não(0.0)
- Is the digital artifact available for use? (or is it just a proposal)
 - Sim(1.0)
 - Parcialmente(0.5)
 - Não(0.0)
- Does the study report children's writing experience on a digital tool?
 - Sim(1.0)
 - Parcialmente(0.5)
 - Não(0.0)

Formulário de Extração de Dados

- countries(Campo de Texto)
- year(Campo de Texto)
- language(Campo de Texto)
- # children users(Campo Numérico (Inteiro))
- # specialist users(Campo Numérico (Inteiro))
- #parents users(Campo Numérico (Inteiro))
- UX methods(Campo de Texto)
- Are there reports for the experts?(Campo de Texto)
- Is there a parental zone?(Campo de Texto)
- age of children users(Campo Numérico (Inteiro))
- devices(Campo de Texto)
- text entry method(Campo de Texto)
- Was there a theory of child development as a basis?(Campo de Texto)
- theory cited(Campo de Texto)
- spelling assessment method(Campo de Texto)
- challenges reported(Campo de Texto)

- Does the method make it possible to customize words to ask the children to write?(Campo de Texto)
- Is it proposes a new digital tool for evaluating children's writing?(Campo de Texto)

Condução

Strings de Busca das Bibliotecas Digitais

ACM Digital Library:

((child* OR kid OR preschooler) AND (assess* OR evaluat* OR exam* OR test) AND (digital OR app OR computer OR mobile OR software OR tablet OR ipad OR multimedia OR technolog* OR smartphone OR iphone) AND (spell* OR writ* OR prewrit*) AND (machine AND learning)) AND PUBYEAR > 2017

Assessing Writing:

(child AND (assessment OR evaluate OR test) AND (digital OR app OR computer OR tablet OR multimedia) AND (spell* OR writ*)) AND (machine learning)) AND PUBYEAR > 2017

Computers and Education:

((child OR preschooler OR kid) AND (assessment OR evaluate OR test) AND (spelling OR writing) AND (machine learning)) AND PUBYEAR > 2017

Early Childhood Research Quarterly:

((assessment OR evaluate OR test) AND (spelling OR writing) AND (digital OR app OR computer OR tablet) AND (machine learning)) AND PUBYEAR > 2017

El Compendex:

(((((child* OR kid OR preschooler) AND (assess* OR evaluat* OR exam* OR test) AND (digital OR app OR computer OR mobile OR software OR tablet OR ipad OR multimedia OR technolog* OR smartphone OR iphone) AND (spell* OR writ* OR prewrit*) AND (machine learning)) WN TI) OR (((child* OR kid OR preschooler) AND (assess* OR evaluat* OR exam* OR test) AND (digital OR app OR computer OR mobile OR software OR tablet OR ipad OR multimedia OR technolog* OR smartphone OR iphone) AND (spell* OR writ* OR prewrit*) AND (machine learning)) WN AB)) + (({english} OR {portuguese} OR {spanish}) WN LA) AND ((2021 OR 2020 OR 2019 OR 2018 OR 2017 OR 2016) WN YR)

IEEE Digital Library:

((child*) AND (assess* OR evaluat* OR exam* OR test) AND (spell* OR writ*) AND (digital OR app OR computer OR mobile OR software OR tablet OR ipad OR multimedia OR technolog* OR smartphone OR iphone) AND (machine learning))

ISI Web of Science:

TOPIC: ((child* OR kid OR preschooler) AND (assess* OR evaluat* OR exam* OR test) AND (digital OR app OR computer OR mobile OR software OR tablet OR ipad OR multimedia OR technolog* OR smartphone OR iphone) AND (spell* OR writ* OR prewrit*) AND (machine learning))

Refined by: LANGUAGES: (ENGLISH OR SPANISH OR PORTUGUESE)

Timespan: 2017-2022

International Journal of Child-Computer Interaction:

((child OR preschooler OR kid) AND (assessment OR evaluate OR test) AND (spelling OR writing) AND (machine learning)) AND PUBYEAR > 2017

Journal of Early Childhood Literacy:

(abstract: (child* OR kid OR preschooler) AND (assess* OR evaluat* OR exam* OR test) AND (digital OR app OR computer OR mobile OR software OR tablet OR ipad OR multimedia OR technolog* OR smartphone OR iphone) AND (spell* OR writ* OR prewrit*) AND (machine learning)) AND PUBYEAR > 2017

Reading and Writing:

(child AND (assessment OR evaluate OR test) AND (digital OR app OR computer OR tablet) AND spelling AND (machine learning)) AND PUBYEAR > 2017

Science@Direct:

(TITLE-ABS-KEY ("child*" OR "kid" OR "preschooler") AND TITLE-ABS-KEY ("assess*" OR "evaluat*" OR "exam*" OR "test") AND TITLE-ABS-KEY ("digital" OR "app" OR "computer" OR "mobile" OR "software" OR "tablet" OR "ipad" OR "multimedia" OR "technolog*" OR "smartphone" OR "iphone") AND TITLE-ABS-KEY ("spell*" OR "writ*" OR "prewrit*") AND TITLE-ABS-KEY ("machine learning")) AND PUBYEAR > 2017 AND (LANGUAGE: english OR LANGUAGE: spanish OR LANGUAGE: portuguese)

Scopus:

(TITLE-ABS-KEY ((child* OR kid OR preschooler) AND (assess* OR evaluat* OR exam* OR test) AND (digital OR app OR computer OR mobile OR software OR tablet OR ipad OR multimedia OR technolog* OR smartphone OR iphone) AND (spell* OR writ* OR prewrit*) AND (machine learning))) AND (PUBYEAR > 2016)) AND (LIMIT-TO(LANGUAGE, "English") OR LIMIT-TO(LANGUAGE, "Spanish") OR LIMIT-TO(LANGUAGE, "Portuguese"))

Springer Link:

(child* OR kid OR preschooler) AND (assess* OR evaluat* OR exam* OR test) AND (digital OR app OR computer OR mobile OR software OR tablet OR ipad OR multimedia OR technolog* OR smartphone OR iphone) AND (spell* OR writ* OR prewrit*) AND (Digital Technology) AND (Machine Learning)

Não especificado

Estudos Importados

- **ACM Digital Library:** 20
- **Assessing Writing:** 25
- **Computers and Education:** 25
- **Early Childhood Research Quarterly:** 0
- **El Compendex:** 0
- **IEEE Digital Library:** 2
- **ISI Web of Science:** 43
- **International Journal of Child-Computer Interaction:** 0
- **Journal of Early Childhood Literacy:** 6
- **Reading and Writing:** 0
- **Science@Direct:** 0
- **Scopus:** 59
- **Springer Link:** 0

Seleção de Estudos

- **Não classificado:** 180

Avaliação de Qualidade

Questões/Respostas

Questão	Resposta	Quantidade
---------	----------	------------

Artigos Aceitos - Resumo

Article (Artigo de um periódico ou revista)	Pontuação
---	-----------

Análise de Dados

This review is not a meta analysis

A.3 Trabalhos Aceitos em Eventos Internacionais

Quadro 4 – Divulgação Científica

Evento	Publicação	Situação
1nd International Conference on Intelligent Technology for Educational Applications (ITEA 2024) Kuala Lumpur, Malaysia	Machine Learning in Children Handwriting Reporting for Psychogenesis of Portuguese Language	Artigo aceito em Evento Internacional
16nd International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2024) Angers France	Machine Learning in Children Handwriting Reporting for Psychogenesis of Portuguese Language	Artigo aceito em Evento Internacional
2nd International Conference on Education and Information Technology (EDUIT 2024) Copenhagen, Denmark	Machine Learning in Children Handwriting Reporting for Psychogenesis of Portuguese Language < https://inwes2024.org/eduit/papers >	Artigo aceito em Evento Internacional

Fonte: Autoria própria (2024).

Anexos

ANEXO A – Anexos

A.1 ITEA-2024-Acceptance-Letter

Date: July 20-22, 2024

Acceptance Letter

Dear authors,

Congratulations!

As a result of the reviews and revisions, we are pleased to inform you that your following paper has been formally accepted by ITEA 2024 for publication in the conference proceedings and your paper will be published on schedule.

We are pleased to inform you that your paper has been accepted for Oral presentation. You are cordially invited to present the paper at ITEA 2024.

Paper ID: 35

Paper Title: Machine Learning in Children Handwriting Reporting for Psychogenesis of Portuguese Language

Author(s): Ricardo Lucas Pires, Eduardo Filgueiras Damasceno, Armando Paulo da Silva

Authors must strictly follow the manuscript preparation instructions and reference style. Please take the following instructions to prepare the final manuscript:

- To format your paper according to the Template.
- To fill in "Registration Form".
- To submit the scanned payment proof.

Submit all the files to the email: cfp@icitea.cc

Should you have any questions, please feel free to let us know by quoting your Paper ID in all following procedures and any future inquiries.

Thank you for your contribution to the conference and we are looking forward to your future participation!



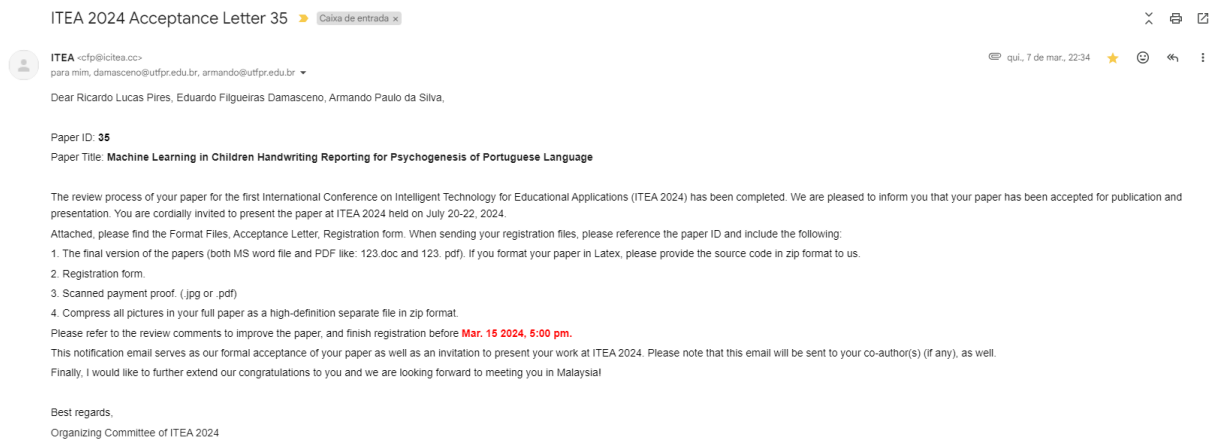
Conference Date: July 20-22, 2024

Venue: Kuala Lumpur, Malaysia

The organizing committee will plan for a hybrid conference that will run both in-person and virtually.

Your paper will be excluded from proceedings at any level of quality checks carried out by the press. Conference organizers are not responsible if your paper detects plagiarism or any lack in quality reported by the press after submission of final proceedings (camera ready copies) to the press.

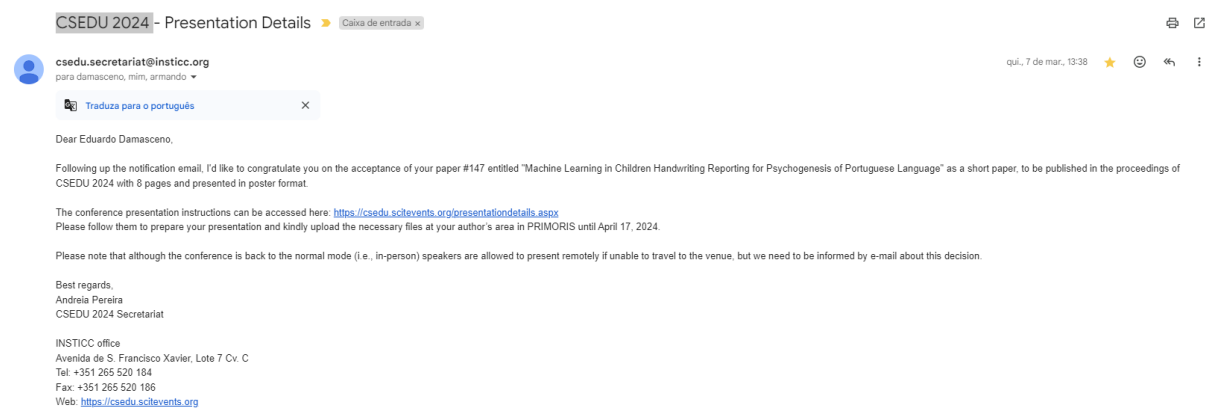
Figura 34 – ITEA-2024



Fonte: Autoria própria (2024).

A.2 CSEDU-2024

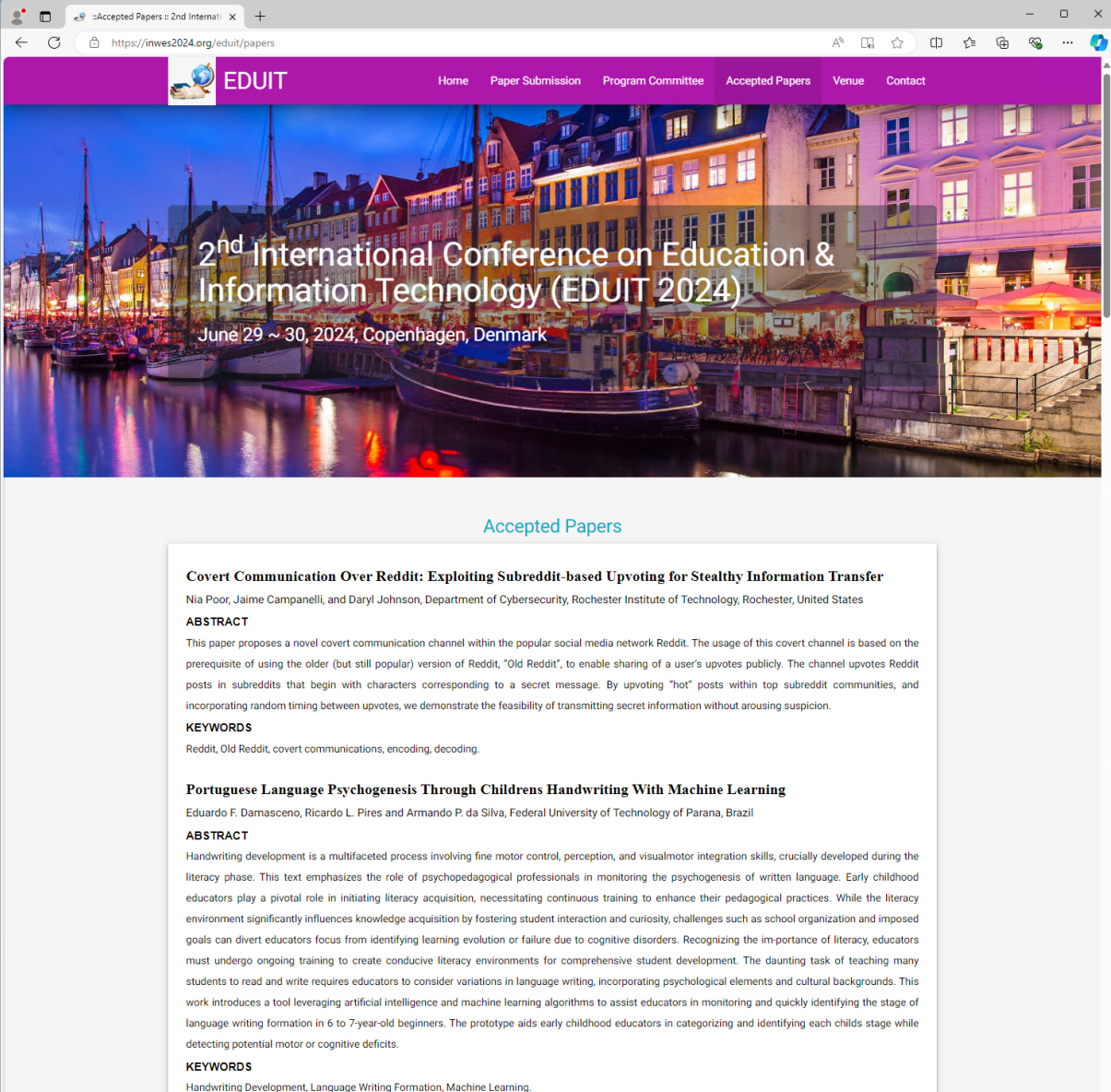
Figura 35 – CSEDU-2024



Fonte: Autoria própria (2024).

A.3 EDUIT-2024

Figura 36 – EDUIT-2024



Accepted Papers

Covert Communication Over Reddit: Exploiting Subreddit-based Upvoting for Stealthy Information Transfer
Nia Poor, Jaime Campanelli, and Daryl Johnson, Department of Cybersecurity, Rochester Institute of Technology, Rochester, United States

ABSTRACT
This paper proposes a novel covert communication channel within the popular social media network Reddit. The usage of this covert channel is based on the prerequisite of using the older (but still popular) version of Reddit, "Old Reddit", to enable sharing of a user's upvotes publicly. The channel upvotes Reddit posts in subreddits that begin with characters corresponding to a secret message. By upvoting "hot" posts within top subreddit communities, and incorporating random timing between upvotes, we demonstrate the feasibility of transmitting secret information without arousing suspicion.

KEYWORDS
Reddit, Old Reddit, covert communications, encoding, decoding.

Portuguese Language Psychogenesis Through Childrens Handwriting With Machine Learning
Eduardo F. Damasceno, Ricardo L. Pires and Armando P. da Silva, Federal University of Technology of Parana, Brazil

ABSTRACT
Handwriting development is a multifaceted process involving fine motor control, perception, and visuo-motor integration skills, crucially developed during the literacy phase. This text emphasizes the role of psychopedagogical professionals in monitoring the psychogenesis of written language. Early childhood educators play a pivotal role in initiating literacy acquisition, necessitating continuous training to enhance their pedagogical practices. While the literacy environment significantly influences knowledge acquisition by fostering student interaction and curiosity, challenges such as school organization and imposed goals can divert educators focus from identifying learning evolution or failure due to cognitive disorders. Recognizing the importance of literacy, educators must undergo ongoing training to create conducive literacy environments for comprehensive student development. The daunting task of teaching many students to read and write requires educators to consider variations in language writing, incorporating psychological elements and cultural backgrounds. This work introduces a tool leveraging artificial intelligence and machine learning algorithms to assist educators in monitoring and quickly identifying the stage of language writing formation in 6 to 7-year-old beginners. The prototype aids early childhood educators in categorizing and identifying each child's stage while detecting potential motor or cognitive deficits.

KEYWORDS
Handwriting Development, Language Writing Formation, Machine Learning.

Fonte: EDUIT-2024 (2024).