



Instituto Federal de Brasília
Campus Brasília
Tecnologia em Sistemas para Internet

ANA PAULA PEREIRA RIBEIRO E LAFATE DIAS ALVES

**ARTEA - DESENVOLVIMENTO DE UM MÓDULO DE COMUNICAÇÃO
ALTERNATIVA E AUMENTATIVA PARA CRIANÇAS COM TRANSTORNO
DO ESPECTRO AUTISTA**

Brasília-DF
2026

ANA PAULA PEREIRA RIBEIRO E LAFATE DIAS ALVES

**ARTEA - DESENVOLVIMENTO DE UM MÓDULO DE COMUNICAÇÃO
ALTERNATIVA E AUMENTATIVA PARA CRIANÇAS COM TRANSTORNO
DO ESPECTRO AUTISTA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de
Tecnologia em Sistemas para Internet do Instituto Federal de
Brasília do *Campus* Brasília, como parte da exigência para
obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Internet.

Orientador: Gustavo Henrique Dornelas de Deus
Computação / IFB

Brasília-DF
2026

R484 Ribeiro, Ana Paula Pereira

Artea: desenvolvimento de um módulo de comunicação alternativa e aumentativa para crianças com transtorno do espectro autista / Ana Paula Pereira Ribeiro, Lafaete Dias Alves. – Brasília, 2026.
55 f.: il.

Orientador: Gustavo Henrique Dornelas de Deus.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília, Tecnologia em Sistemas para Internet, 2026.

1. Transtornos do espectro autista. 2. Pessoas com deficiência – Meios de comunicação. 3. Realidade aumentada. 4. Gamificação. I. Alves, Lafaete Dias. II. Deus, Gustavo Henrique Dornelas de (orient.). II. Título.

CDU 604.076.050.2

Ficha catalográfica elaborada com os dados fornecidos pelo autor.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília

ATA DE DEFESA DO TCC - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

1 – DADOS DOS ALUNOS

Nome: ANA PAULA PEREIRA RIBEIRO e LAFIETE DIAS ALVES

2- TÍTULO DO TCC: ARTEA - DESENVOLVIMENTO DE UM MÓDULO DE COMUNICAÇÃO ALTERNATIVA E AUMENTATIVA PARA CRIANÇAS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA

3 – BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Mestre Gustavo Henrique Dornelas de Deus

Instituição: IFB

Avaliador 1: Prof. Mestre Junio Braga Borges Filho

Instituição: IFB

Avaliador 2: Prof. Doutora Cristiane Jorge de Lima Bonfim

Instituição: IFB

4 – RESULTADOS

Após avaliação do TCC na presente data, os membros da Banca Examinadora consideram o aluno acima identificado como:

() APROVADO

(x) APROVADO COM RESSALVAS (o aluno deverá fazer as correções e entregar a versão final ao seu orientador em 21 dias)

() REPROVADO

5 – NOTA FINAL DO TCC – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

8,5

Brasília, 09 de junho de 2026.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Gustavo Henrique Dornelas de Deus**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/06/2026 20:09:16.
- **Cristiane Jorge de Lima Bonfim**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/06/2026 20:12:42.
- **Junio Braga Borges Silva**, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 09/06/2026 20:13:53.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 08/06/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 702336

Código de Autenticação: 9ba3ebf47c



Dedico este trabalho,

A Deus e aos Orixás, pela força, proteção e sabedoria em cada etapa da jornada.

Ao Professor Gustavo, pela confiança, por compartilhar o conhecimento e por ser o guia essencial para a concretização desta pesquisa.

Às crianças com Transtorno do Espectro Autista, fonte de inspiração e motivação. Que este trabalho possa ser uma pequena contribuição para a autonomia, a inclusão e a construção de um mundo mais compreensivo.

AGRADECIMENTOS

Manifestamos nossa profunda gratidão a todos aqueles que, com seu apoio, tempo e conhecimento, contribuíram para a concretização deste Trabalho de Conclusão de Curso. Agradecemos, antes de tudo, a Deus, aos Orixás, a Nossa Senhora Aparecida e a São José, por nunca nos abandonarem ao longo desta jornada, sendo fonte de luz, força e proteção. Foi na fé que encontramos refúgio nos momentos difíceis e coragem para seguir até a concretização deste sonho. Ao Professor Gustavo Henrique Dornelas de Deus, pela orientação dedicada, pela paciência e pelos valiosos ensinamentos que conduziram este projeto desde sua concepção até sua versão final. Sua confiança na relevância do tema foi um estímulo constante para o nosso empenho. Ao Francisco Diego Ferreira de Oliveira e Ronan Pereira de Jesus, autores do projeto ARTEA, pela generosidade em compartilhar o trabalho base e o conhecimento técnico, que possibilitaram a ampliação e o aprimoramento desta proposta. Aos amigos, que estiveram ao nosso lado em cada etapa desta caminhada: pelo apoio sincero, pelas palavras de incentivo e pelos momentos de descontração que tornaram essa jornada mais leve. Vocês transformam desafios em memórias especiais e fazem parte de cada conquista. E, por fim, às nossas famílias, nosso porto seguro: pelo amor incondicional, pela paciência nos momentos difíceis e por nunca deixarem de acreditar em nós. Esta conquista também é de vocês, pois foi construída com o apoio, o carinho e a força que sempre nos ofereceram.

“A infância tem maneiras de ver, pensar e sentir que lhe são próprias.”

— **Rousseau**

Que saibamos ouvir e compreender o mundo com o olhar das crianças.

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso propõe o desenvolvimento de um módulo de Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA), integrado à plataforma ARTEA, com o objetivo de mitigar lacunas na expressão ativa de emoções e condições de saúde em crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA). A ferramenta busca apresentar funcionalidades que apoiem tanto a manifestação quanto a compreensão da comunicação afetiva, contribuindo para a interação social, desenvolvimento de habilidades comunicativas e fortalecimento da autonomia do usuário. O TEA é uma condição do neurodesenvolvimento caracterizada por desafios na comunicação e interação social. Considerando a ausência ou limitação da expressão verbal em parte desse público, este projeto desenvolve uma forma acessível, visual e interativa de comunicação baseada em tecnologia assistiva. A pesquisa adota uma abordagem aplicada e exploratória. A metodologia compreende o levantamento bibliográfico, a análise de sistemas similares e o desenvolvimento técnico de um protótipo funcional utilizando o motor gráfico Unity 3D e a linguagem C, integrado a um artefato tangível em formato de dodecágono produzido por meio de impressão 3D. A estrutura do módulo CAA organiza-se nas categorias fundamentais de Emoções e Saúde, materializadas por marcadores físicos que geram estímulos visuais tridimensionais (avatars) e auditivos via Realidade Aumentada (RA). Essa base é potencializada por um sistema de quiz gamificado de quatro alternativas, ativado logo após a exibição do feedback em RA, transformando o reconhecimento afetivo e biológico em uma experiência interativa de validação do aprendizado. O objetivo final é consolidar a autonomia comunicativa e a inclusão digital de crianças dentro do espectro autista.

Palavras-chave: TEA. Comunicação Alternativa e Aumentativa. Realidade Aumentada. Gamificação

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Interface ilustrativa do aplicativo Emotismo	17
Figura 2 – Interface do aplicativo ARTEA	18
Figura 3 – Interface do Asterics Grid	19
Figura 4 – Diagrama de caso de uso macro	34
Figura 5 – Tela inicial do aplicativo ARTEA com acesso ao módulo CAA	35
Figura 6 – Tela do protótipo de seleção das categorias do módulo CAA	36
Figura 7 – Dodecágono tridimensional utilizado como interface tangível no sistema ARTEA	38
Figura 8 – Projeção de personagem em Realidade Aumentada sobre o dodecágono tridimensional	39
Figura 9 – Tela inicial do aplicativo ARTEA com acesso ao módulo CAA	40
Figura 10 – Tela de seleção de categorias do módulo CAA	41
Figura 11 – Tela de quiz interativo de emoções do módulo CAA	43
Figura 12 – Cartão representando Susto	44
Figura 13 – Cartão representando Calma	45
Figura 14 – Cartão representando Surpresa	45
Figura 15 – Cartão representando Alegria	46
Figura 16 – Cartão representando Dúvida	46
Figura 17 – Cartão representando dor na garganta	47
Figura 18 – Cartão representando sintomas de resfriado	47
Figura 19 – Cartão representando dor de cabeça	48
Figura 20 – Cartão representando Enjoo	48
Figura 21 – Interface de feedback positivo ("Parabéns! Você acertou!")	50
Figura 22 – Interface de feedback de incentivo ("Quase lá! Tente de novo!")	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparação entre os sistemas Emotismo, ARTEA e AsTeRICS Grid .	20
Quadro 2 – Cronograma de linha do tempo (2025-2026)	26
Quadro 3 – Regras de Negócio	27
Quadro 4 – Especificação resumida dos Requisitos de Usuário (RU) do sistema ARTEA	28
Quadro 5 – RF01 – Navegação entre Categorias	28
Quadro 6 – RF02 – Reproduzir Áudio e Animação	28
Quadro 7 – RF03 – Fornecer Feedback de Interação	29
Quadro 8 – RF04 – Executar Quiz Interativo	29
Quadro 9 – RF05 – Validar Resposta do Quiz	29
Quadro 10 – Requisitos Não Funcionais – RNF01: Usabilidade	29
Quadro 11 – Requisitos Não Funcionais – RNF02: Acessibilidade	29
Quadro 12 – Requisitos Não Funcionais – RNF03: Desempenho	29
Quadro 13 – Requisitos Não Funcionais – RNF04: Portabilidade	30
Quadro 14 – Especificação resumida dos Casos de Uso do sistema ARTEA	33
Quadro 15 – Dicionário de estímulos visuais e propósitos comunicativos do sistema ARTEA	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Três Dimensões
ABA	Applied Behavior Analysis (Análise do Comportamento Aplicada)
ABRACI	Associação Brasileira para Ação por Direitos das Pessoas Autistas
ARTEA	Aplicativo de Realidade Aumentada para o apoio ao Transtorno do Espectro Autista
C#	Linguagem de Programação C Sharp
CAA	Comunicação Alternativa e Aumentativa
DSM-5	Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais – 5ª Edição
IFB	Instituto Federal de Brasília
RA	Realidade Aumentada
RF	Requisito Funcional
RU	Requisito de Usuário
SDK	Software Development Kit
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TEA	Transtorno do Espectro Autista
UC	Caso de Uso (<i>Use Case</i>)
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UI	Interface do Usuário (<i>User Interface</i>)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Tema	15
1.2	Problema	15
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	15
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	16
1.3	Estrutura do TCC	16
2	SISTEMAS SIMILARES E CONTEXTUALIZAÇÃO	17
2.1	Sistemas Similares	17
2.1.1	<i>Emostismo</i>	17
2.1.2	<i>ARTEA</i>	18
2.1.3	<i>Asterics Grid</i>	19
2.1.4	<i>Comparação entre os sistemas similares</i>	20
2.2	Contribuições Esperadas	21
3	METODOLOGIA	22
3.1	Abordagem e Natureza da Pesquisa	22
3.2	Etapas e Processos do Desenvolvimento	22
3.3	Procedimentos de Validação e Testes de Software	23
3.4	Coleta e Organização dos Dados Técnicos	23
4	ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DO MÓDULO CAA PARA INTEGRA- ÇÃO COM ARTEA	25
4.1	Cronograma	25
4.2	Regras de Negócio	26
4.3	Especificação dos Requisitos	27
4.3.1	<i>Requisitos de Usuário</i>	28
4.4	Requisitos Funcionais	28
4.5	Requisitos Não Funcionais	29
4.6	Tecnologias adotadas	30
4.6.1	<i>Vuforia Engine</i>	30
4.6.2	<i>Unity 3D</i>	31
4.6.3	<i>C#</i>	31
4.6.4	<i>Realidade Aumentada (RA)</i>	32
4.7	Modelagem e Especificação dos Casos de Uso	32
4.7.1	<i>Interações e Fluxo de Uso</i>	34

4.8	Protótipos	34
4.8.1	<i>Tela Inicial</i>	35
4.8.2	<i>Tela de Seleção de Categorias</i>	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	Visão geral da implementação	37
5.2	Relatos sobre o desenvolvimento do projeto	37
5.3	Apresentação do sistema	37
5.3.1	<i>Desenvolvimento do Artefato Tangível</i>	38
5.3.2	<i>Tela Inicial</i>	39
5.3.3	<i>Tela de Seleção de Categorias</i>	40
5.3.4	<i>Tela de Quiz Interativo de Emoções</i>	43
5.3.5	<i>Tela de Cartões Virtuais— Categoria Emoções</i>	44
5.3.6	<i>Tela de Cartões Virtuais - Categoria Saúde</i>	47
5.3.7	<i>Marcadores</i>	49
5.3.8	<i>Tela de Feedback Interativo</i>	49
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é uma condição do neurodesenvolvimento que se caracteriza por desafios na comunicação, interação social em múltiplos contextos e padrões comportamentais, conforme o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais da American Psychiatric Association (APA, 2014). As características essenciais do transtorno envolvem dificuldades persistentes na comunicação social recíproca e na interação social, caracterizadas como o Critério A — que engloba os déficits na reciprocidade sócio emocional e em comportamentos comunicativos não verbais —, bem como os padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses ou atividades, definidos como o Critério B. Esses eixos diagnósticos são utilizados por clínicos para mapear os sintomas, que variam amplamente dependendo da gravidade, nível de desenvolvimento e idade cronológica do indivíduo, daí a utilização do termo espectro. Tais manifestações estão presentes desde o início da infância e limitam ou prejudicam o cotidiano do indivíduo. Nesse cenário, o desafio da comunicação é acentuado, pois cerca de um terço dos indivíduos diagnosticados com TEA não conseguem desenvolver a oralidade (SCHIRMER, 2020).

Devido às limitações persistentes na comunicação social, que podem variar de ausência total da fala até o uso explicitamente literal da linguagem, crianças com TEA frequentemente apresentam dificuldades em expressar sentimentos, necessidades e desejos. Tais déficits verbais e não verbais impactam suas interações cotidianas com familiares, professores e terapeutas (FREITAS et al., 2021). Neste contexto, o uso de tecnologias assistivas tem se mostrado uma estratégia promissora para apoiar a inclusão e a autonomia desses indivíduos, favorecendo o desenvolvimento de habilidades comunicativas e sociais.

O projeto ARTEA, desenvolvido como um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) por Oliveira e Jesus (2025), teve como objetivo apoiar crianças com TEA por meio de recursos de Realidade Aumentada (RA) voltados ao reconhecimento de expressões faciais. A RA é crucial neste contexto, pois proporciona engajamento visual e contextualização espacial das emoções, facilitando o aprendizado. Os resultados obtidos demonstraram que essa tecnologia atua como um facilitador cognitivo eficiente, aumentando o foco atencional e reduzindo a abstração de conceitos subjetivos, o que agrega ao campo da tecnologia assistiva ao fornecer uma ferramenta interativa superior aos métodos de comunicação estáticos tradicionais (OLIVEIRA; JESUS, 2025).

Diante deste cenário, este trabalho propõe o desenvolvimento de novas funcionalidades ao projeto ARTEA, consistindo em um módulo de Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA). O objetivo é oferecer uma interface acessível e intuitiva que permita que a criança utilize cartões virtuais, avatares e sons para comunicar sentimentos, desejos e situações do cotidiano, promovendo assim a expressão ativa, a autonomia e o fortalecimento das relações interpessoais.

1.1 Tema

O presente trabalho aborda o uso de realidade aumentada para apoiar a comunicação de crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA), com foco no desenvolvimento de um módulo de Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA) integrado ao aplicativo ARTEA.

1.2 Problema

Apesar dos avanços recentes no desenvolvimento de tecnologias assistivas voltadas para o Transtorno do Espectro Autista (TEA), grande parte das ferramentas de Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA) tradicionais ainda se baseia em suportes estáticos e analógicos, como cartões de papel ou tabelas de escolha fixas. Embora úteis, tais abordagens frequentemente falham em capturar o dinamismo e a subjetividade intrínsecos à expressão de sentimentos e condições de saúde. Para uma criança com TEA, verbalizar uma dor física específica ou exteriorizar uma sobrecarga sensorial de forma clara constitui um obstáculo complexo, o que pode gerar frustração, isolamento e crises comportamentais decorrentes da incompreensão por parte de seus cuidadores e educadores.

Nesse sentido, recursos puramente visuais e bidimensionais carecem do nível de engajamento necessário para prender a atenção sustentada desse público e falham em fornecer uma contextualização espacial que conecte o símbolo digital ao mundo real. A falta de elementos interativos e lúdicos que motivem o aprendizado contínuo impede que essas ferramentas alcancem plena eficácia no cotidiano terapêutico e familiar. Evidencia-se, portanto, a necessidade de investigar soluções que unam o potencial imersivo de Realidade Aumentada (RA) ao caráter motivacional da gamificação, criando um ecossistema adaptável de comunicação ativa que auxilia no reconhecimento e na sinalização de estados internos complexos.

Diante desse cenário e das lacunas observadas nas metodologias convencionais de apoio à linguagem, a questão que norteia este trabalho é: Como o desenvolvimento de um recurso tecnológico de Comunicação Alternativa e Aumentativa, integrado ao ARTEA, baseado em realidade aumentada e gamificação, pode ajudar crianças com TEA a compreender e expressar emoções e condições de saúde de forma acessível e eficaz?

1.2.1 *Objetivo geral*

Desenvolver um módulo de Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA) integrado à plataforma ARTEA, que utiliza Realidade Aumentada (RA) baseada em marcadores tangíveis. Ao apontar a câmera do dispositivo para um marcador físico, o sistema renderiza um avatar 3D animado acompanhado de feedback sonoro, representando uma emoção ou condição de saúde. Na sequência, o usuário é direcionado a um quiz interativo de quatro alternativas para reforçar e validar a compreensão do conceito apresentado.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar análise de conteúdo sobre o Transtorno do Espectro Autista (TEA), Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA) e o impacto das tecnologias assistivas baseadas em Realidade Aumentada (RA) na aprendizagem e engajamento.
- Analisar soluções existentes de CAA no mercado para identificar boas práticas de interface (UI) e limitações técnicas ou de acessibilidade pedagógica.
- Desenvolver o módulo de comunicação no Unity, integrando avatares 3D animados e feedbacks sonoros para apoiar a expressão de emoções e condições de saúde.
- Implementar um sistema de quiz gamificado interativo para validação e reforço do aprendizado da criança após a interação com a Realidade Aumentada.

1.3 Estrutura do TCC

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, organizados de forma a conduzir o leitor do contexto geral até a apresentação das contribuições e resultados obtidos. O Capítulo 1 apresenta a introdução, abordando o tema, a problemática, a justificativa e os objetivos da pesquisa. Este capítulo encerra-se detalhando a organização geral do estudo e introduzindo a fundamentação teórica do Capítulo 2, que se dedica à análise de sistemas similares e à contextualização conceitual sobre o Transtorno do Espectro Autista (TEA), a Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA) e o impacto das tecnologias assistivas. O Capítulo 3 descreve a metodologia adotada, detalhando a pesquisa de caráter aplicado e exploratório, as etapas de desenvolvimento do Módulo CAA integrado à plataforma ARTEA e o planejamento dos testes de software concebidos para verificar o comportamento do sistema. O Capítulo 4 apresenta a engenharia de software do projeto e a especificação de requisitos, detalhando os protótipos de tela e a arquitetura das funcionalidades propostas. O Capítulo 5 dedica-se à análise dos resultados, detalhando a implementação prática do módulo, a apresentação das interfaces desenvolvidas e a discussão sobre o uso de marcadores físicos, realidade aumentada e o sistema de quiz gamificado como ferramentas pedagógicas de engajamento. Por fim, apresentam-se as considerações finais, destacando as contribuições do estudo, suas limitações e sugestões para pesquisas futuras.

2 SISTEMAS SIMILARES E CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 Sistemas Similares

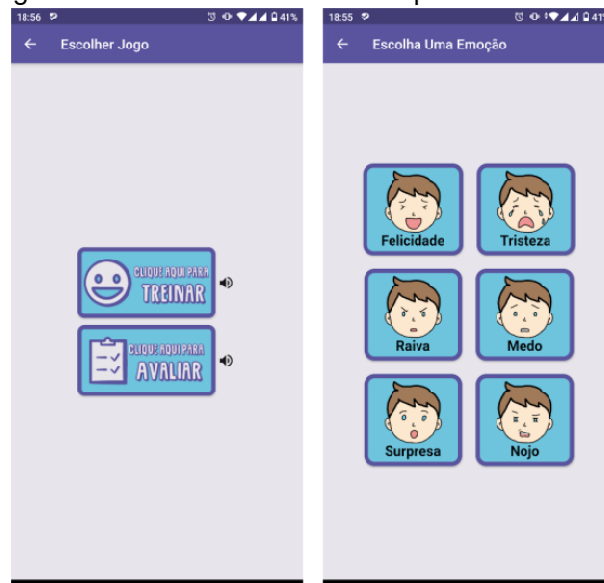
Esta seção apresenta três sistemas voltados ao reconhecimento e treinamento emocional para crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA): Emotismo, ARTEA e Asterics Grid. Cada projeto é descrito quanto a seus objetivos, principais funcionalidades e características técnicas.

2.1.1 *Emotismo*

O Emotismo, desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) (Nunes e Aguiar, 2020), é um aplicativo mobile voltado para a plataforma Android, criado com o objetivo de auxiliar crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) no reconhecimento e uso adequado de expressões faciais relacionadas às emoções primárias.

A Figura 1 apresenta a interface inicial e a tela "Sobre" do aplicativo Emotismo, desenvolvido para auxiliar crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) no reconhecimento e na expressão de emoções faciais. O design da Tela Inicial é intuitivo, com botões claros para Jogar (Treino, Prática e Avaliação) e Ajustar (Configurações), garantindo facilidade de uso. A tela Sobre contextualiza a solução, reforçando seu uso pedagógico e a importância do feedback visual para o acompanhamento do desempenho.

Figura 1 – Interface ilustrativa do aplicativo Emotismo



Fonte: Nunes e Aguiar, 2020.

O sistema apresenta três atividades principais: reconhecimento de emoções a partir de cenários socioemocionais, imitação de expressões faciais com análise automatizada por

reconhecimento de imagem e identificação de emoções entre múltiplas opções visuais.

A ferramenta permite personalizar contextos, registrar métricas de desempenho e seguir diretrizes de acessibilidade cognitiva, proporcionando um ambiente de aprendizagem adaptado às particularidades de cada criança. O principal objetivo do Emotismo é favorecer o reconhecimento de emoções em terceiros, reforçando a aprendizagem por observação e repetição, em consonância com os princípios da **Análise do Comportamento Aplicada (ABA – Applied Behavior Analysis)**.

2.1.2 ARTEA

O **ARTEA** (AR (realidade aumentada) + TEA (Transtorno do Espectro Autista), a figura 2 mostra a tela inicial do ARTEA que foi desenvolvido como um projeto acadêmico com foco no reconhecimento de expressões faciais e de pessoas familiares.

Figura 2 – Interface do aplicativo ARTEA



Fonte: Oliveira e Jesus, 2025.

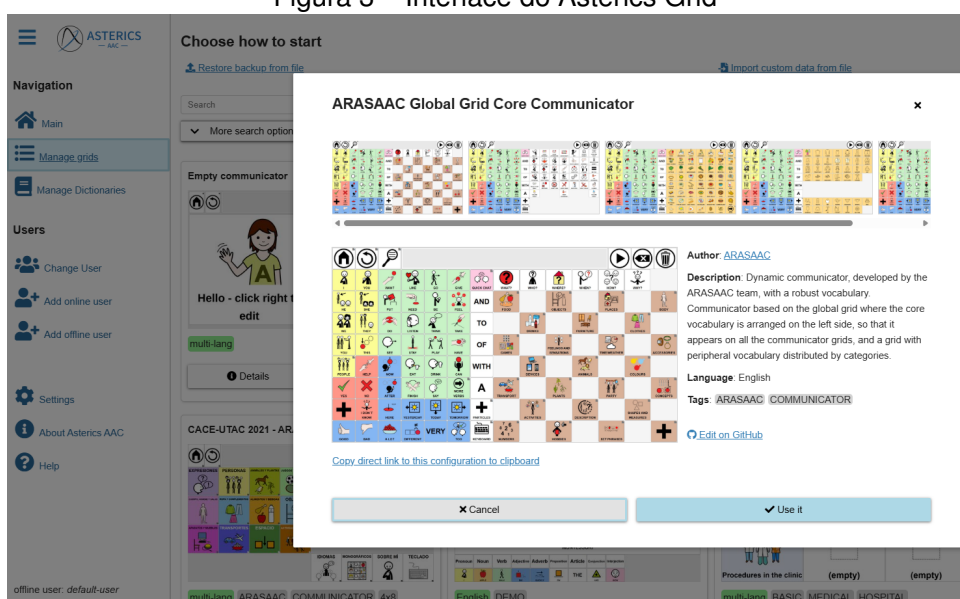
Espectro Autista (TEA), com enfoque no reconhecimento e na expressão de emoções. Suas funcionalidades foram desenvolvidas para favorecer o desenvolvimento socioemocional e a comunicação, utilizando recursos visuais acessíveis e adequados ao público infantil com TEA. Entre suas principais características estão: Reconhecimento facial a partir de imagens reais; Identificação de emoções básicas; Registro de desempenho individual; Interface intuitiva, lúdica e adaptada às necessidades de crianças com TEA.

O ARTEA busca promover tanto o reconhecimento quanto a expressão de emoções, contribuindo para o desenvolvimento das habilidades comunicativas e socioemocionais.

2.1.3 Asterics Grid

A figura 3 mostra a tela inicial do Asterics Grid que é um software livre e de código aberto, desenvolvido e mantido pela organização Asterics, voltada à criação de tecnologias assistivas e soluções de acessibilidade digital. A ferramenta foi projetada para auxiliar na Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA) de pessoas que apresentam dificuldades de fala ou expressão verbal, como indivíduos com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Hospedado na plataforma GitHub, o sistema faz uso dos pictogramas da biblioteca ARASAAC, promovendo um ambiente comunicativo inclusivo, acessível e totalmente personalizável (ASTERICS, 2024).

Figura 3 – Interface do Asterics Grid



Fonte: Asterics, 2025.

O principal propósito do AsTeRICS Grid é tornar a comunicação mais acessível por meio da criação de grades compostas por botões configuráveis, nos quais podem ser inseridos símbolos, imagens ou textos adaptados às necessidades do usuário. Essa estrutura flexível permite montar interfaces de comunicação que refletem o cotidiano, os interesses e o nível de compreensão de cada pessoa, oferecendo um suporte dinâmico e adaptável a diferentes contextos educacionais e terapêuticos.

Para usuários com TEA, que geralmente enfrentam desafios para expressar emoções e pensamentos verbalmente, o Asterics Grid representa uma ferramenta valiosa. Ele possibilita novas formas de interação, reduz frustrações e favorece o desenvolvimento da autonomia e das relações sociais. Além disso, sua interface simples e intuitiva pode ser configurada tanto por cuidadores quanto por profissionais especializados, garantindo uma experiência personalizada e eficiente.

Outro aspecto relevante é o fato de o sistema ser colaborativo e continuamente aprimorado, permitindo que desenvolvedores contribuam para sua evolução. Essa característica reforça o compromisso do Asterics Grid com a inclusão digital e com a inovação

tecnológica aplicada à comunicação humana. Assim, a ferramenta se consolida como uma importante referência em tecnologias assistivas, demonstrando como recursos digitais podem promover a inclusão e ampliar as possibilidades de expressão de pessoas com limitações comunicativas. .

2.1.4 Comparação entre os sistemas similares

O Quadro 1 apresenta uma comparação entre os sistemas Emotismo, EmotiPlay e ARTEA, destacando suas principais funcionalidades e características voltadas ao reconhecimento e treinamento emocional de crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA).

Em relação ao foco e diferenciação dos sistemas, a análise revela que os sistemas possuem focos distintos, mas complementares:

- **Emotismo:** Apresenta um foco robusto em habilidades emocionais e registro. É o único sistema a oferecer as funcionalidades de Reconhecimento de emoções e Imitação de expressões faciais, indicando uma forte ênfase no treinamento direto das habilidades de expressão e percepção emocional.
- **ARTEA:** Destaca-se pela utilização de tecnologias avançadas e colaboração. É o único a incluir Tecnologias complementares (ex.: RA) (Realidade Aumentada) e o único a ser Colaborativo e continuamente aprimorado.
- **Asterics Grid:** Apresenta um foco claro na acessibilidade e comunicação. É o único que oferece suporte à Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA) e que é Software livre/código aberto, indicando maior flexibilidade e acessibilidade.

Analisando as características comuns e essenciais, três funcionalidades são consideradas essenciais e estão presentes em todos os três sistemas:

- **Identificação de emoções básicas:** Todos os sistemas oferecem o treinamento fundamental para distinguir emoções primárias.
- **Registro de desempenho individual:** A capacidade de monitorar o progresso da criança é universalmente reconhecida como crucial para a intervenção.
- **Interface intuitiva e lúdica:** Todos priorizam um design acessível e engajador, necessário para o público infantil com TEA.

Quadro 1 – Comparação entre os sistemas Emotismo, ARTEA e AsTeRICS Grid

Aplicação	AsTeRICS Grid	ARTEA	Emotismo
Oferece suporte a pessoas com TEA?	SIM	SIM	SIM
Possui interface simples e intuitiva?	NÃO	SIM	SIM
Integra Realidade Aumentada (R.A.) no núcleo da aplicação?	NÃO	SIM	NÃO
Incorpora elementos de gamificação?	SIM	SIM	SIM
Acessível a público de menor poder aquisitivo?	SIM	SIM	SIM

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

2.2 Contribuições Esperadas

Este capítulo apresentou os principais conceitos que fundamentam a pesquisa, incluindo aspectos relacionados ao TEA, tecnologias assistivas, comunicação alternativa e aumentativa e recursos de interação digital. Esses elementos teóricos fornecem base para a compreensão das necessidades comunicacionais do público-alvo e sustentam o desenvolvimento da proposta apresentada nos capítulos seguintes.

3 METODOLOGIA

Este capítulo descreve os métodos, procedimentos e etapas técnicas adotados para o planejamento, desenvolvimento e validação técnica do Módulo de Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA) integrado ao aplicativo ARTEA. A pesquisa é caracterizada como uma pesquisa aplicada e exploratória, conduzida sob a ótica do desenvolvimento experimental de software. O objetivo geral deste trabalho consiste em desenvolver um módulo de Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA) integrado ao projeto ARTEA, baseado em realidade aumentada e gamificação, a fim de auxiliar crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) a compreender e expressar emoções e condições de saúde de forma acessível e eficaz.

3.1 Abordagem e Natureza da Pesquisa

A metodologia adotada fundamenta-se na engenharia de software e no design de interação voltado à tecnologia assistiva. A pesquisa assume caráter aplicado, pois visa a produção de uma solução tecnológica funcional para um problema prático: a mitigação de barreiras de comunicação em crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Adicionalmente, possui natureza exploratória, uma vez que investiga a convergência entre o rastreamento óptico de marcadores adaptados em uma estrutura em formato de dodecágono 3D e dinâmicas de gamificação baseadas em quizzes de múltipla escolha.

Para a consecução desses objetivos, o estudo envolveu o levantamento bibliográfico sobre o TEA e a Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA), a análise de soluções existentes no mercado, a definição detalhada de requisitos funcionais e não funcionais, e o desenvolvimento do protótipo de software.

A abordagem da pesquisa é qualitativa em sua fundamentação conceitual e de design, complementada por elementos quantitativos e analíticos na fase de engenharia, com o propósito estrito de validar a estabilidade técnica da solução desenvolvida. Dessa forma, o ciclo de desenvolvimento adota uma postura de garantia de qualidade de software (Quality Assurance), na qual a eficácia do sistema é aferida por meio de testes experimentais de fidedignidade lógica, estabilidade de rastreamento de imagem e consistência síncrona dos feedbacks multimídia.

3.2 Etapas e Processos do Desenvolvimento

O desenvolvimento da solução e a condução do estudo seguiram um processo estruturado, dividido em etapas, sendo a primeira o levantamento bibliográfico e análise de soluções similares que permitiu realizar estudo de referenciais teóricos sobre TEA, CAA e tecnologias assistivas, além da análise de sistemas correlatos já existentes. Essa etapa

tem como objetivo identificar boas práticas e limitações que subsidiem o projeto do módulo proposto.

Em um segundo momento, a definição de requisitos possibilitou formalizar os requisitos funcionais e não funcionais do módulo CAA e do sistema de avatares, considerando aspectos de usabilidade, acessibilidade e adequação ao público-alvo. Posteriormente, a modelagem de arquitetura e engenharia de software, fundamentada nos princípios de especificação e design de sistemas (SOMMERVILLE, 2011), possibilitou a criação dos diagramas de caso de uso e o desenvolvimento tridimensional do objeto ergonômico tangível (dodecágono), seguido de sua materialização via impressão 3D para suporte dos marcadores ópticos.

Por fim, a etapa de implementação e testes técnicos compreendeu a codificação da lógica do sistema na engine Unity 3D utilizando a linguagem C#. Esta fase encerra-se com a execução de testes de laboratório em ambiente controlado para assegurar o cumprimento dos requisitos levantados.

3.3 Procedimentos de Validação e Testes de Software

Para verificar a prontidão tecnológica e a estabilidade do Módulo CAA, foram estabelecidos procedimentos de testes de software focados na experiência do usuário e na robustez do código:

1. **Testes de Rastreamento Óptico:** Verificação da estabilidade do motor de Realidade Aumentada ao ler os marcadores fixados nas faces inclinadas do dodecágono impresso em 3D. Foram analisados fatores como velocidade de resposta, tolerância a variações de luminosidade do ambiente e persistência do avatar 3D na tela.
2. **Testes de Integração Multimídia:** Avaliação da simultaneidade entre a renderização das animações do avatar tridimensional e a execução dos arquivos de áudio descritivo (AudioSource), garantindo a ausência de atrasos (delays) que possam comprometer a acessibilidade cognitiva.
3. **Testes de Caixa-Preta na Gamificação:** Simulação de fluxos de navegação para certificar que a máquina de estados do quiz reage corretamente às ações do usuário. Testou-se o comportamento do sistema ao receber respostas corretas (disparo de reforço positivo) e respostas incorretas (ativação da interface de suporte ao erro).

3.4 Coleta e Organização dos Dados Técnicos

Os dados técnicos coletados durante os ensaios experimentais foram organizados em matrizes de conformidade de requisitos. Cada teste executado gerou registros de log no console de desenvolvimento da Unity, permitindo identificar e tratar exceções (*bugs*) de código C#. Os resultados analíticos dessas simulações de uso e o comportamento do

hardware tangível integrado ao aplicativo são detalhados e discutidos no Capítulo 5 deste documento.

4 Etapas do Desenvolvimento do Módulo CAA para integração com ARTEA

Este capítulo apresenta as etapas de desenvolvimento do módulo de Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA) integrado ao aplicativo ARTEA, incluindo o cronograma das atividades, os requisitos de usuário, os requisitos funcionais e não funcionais, bem como os protótipos iniciais de interface elaborados no Figma.

4.1 Cronograma

O Quadro 2 apresenta o cronograma do trabalho, evidenciando as etapas fundamentais do desenvolvimento e da pesquisa distribuídas ao longo de um período de nove meses, de agosto de 2025 a maio de 2026. Cada etapa planejada visou garantir a realização estruturada e eficiente das atividades, culminando na conclusão e defesa do trabalho. O planejamento está dividido em quatro fases principais:

1. Fase de Estruturação e Fundamentação (Ago/25 a Out/25): Inclui a definição do tema, a delimitação do problema, o levantamento bibliográfico e a revisão teórica sobre TEA e CAA. Nesta fase também é realizado o levantamento e análise de requisitos que subsidiam a construção do módulo.
2. Fase de Design e Prototipação Conceitual (Out/25 a Nov/25): Abrange o planejamento e o design da solução, com foco na prototipação das telas no Figma para definir a interface de usuário (UI/UX) e o fluxo inicial de navegação. Nesta etapa ocorre a escrita parcial do documento e a apresentação do Pré-TCC.
3. Fase de projeto e Desenvolvimento Técnico (Dez/25 a Mar/26): Período dedicado à transposição dos protótipos do Figma para o ambiente de desenvolvimento real, envolvendo a codificação em Unity 3D (C#), a modelagem do artefato tridimensional (dodecágono) e a integração das funcionalidades lógicas de Realidade Aumentada e gamificação.
4. Fase de Testes e Finalização (Abr/26 a Mai/26): Foca na execução dos testes de software em laboratório para garantir a fidedignidade do sistema, refinamentos de código, redação final do TCC e preparação para a Defesa Final do Trabalho.

Este cronograma reflete o alinhamento do planejamento com os prazos estabelecidos, garantindo que cada fase do desenvolvimento (Design, Implementação, Testes) seja concluída de forma organizada e estratégica.

Quadro 2 – Cronograma de linha do tempo (2025-2026)

Etapas do Projeto	ago./25	set./25	out./25	nov./25	Dez/25 – Fev/26	mar./26	abr./26	mai./26
Escolha do tema e delimitação do problema	X							
Levantamento bibliográfico e revisão teórica	X	X	X					
Levantamento e análise de requisitos		X	X					
Planejamento e design da solução			X	X				
Prototipação das telas no Figma			X	X				
Redação parcial do TCC (introdução e metodologia)		X	X	X				
Redação da fundamentação teórica e sistemas similares			X	X				
Revisão e ajustes do texto com o orientador				X				
Preparação da apresentação do pré-TCC				X				
Apresentação do Pré-TCC				X				
Implementação do protótipo em código (Unity/C#)					X	X		
Integração do módulo CAA ao ARTEA						X	X	
Execução de testes técnicos e de software						X	X	
Ajustes e refinamentos do sistema							X	
Redação final do TCC							X	X
Preparação e ensaio da apresentação								X
Apresentação final do TCC								X

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Com base no cronograma apresentado, foram definidas as regras de negócio e os requisitos que nortearam o desenvolvimento do módulo.

4.2 Regras de Negócio

O quadro 3 apresenta as regras de negócio estabelecidas para o projeto ARTEA definem o escopo de uso, o público-alvo e as restrições operacionais e de design que o novo Módulo de Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA) deve herdar e respeitar.

O Quadro 3 lista essas regras e diretrizes, servindo como base para a especificação dos Requisitos Não Funcionais de usabilidade e acessibilidade do módulo.

Quadro 3 – Regras de Negócio

Regra	Descrição	Implicações no Módulo CAA
Escopo do Público-alvo	O aplicativo deve visar atender crianças com TEA sob supervisão de um adulto responsável (profissional de saúde, educador ou familiar).	A interface do Módulo CAA deve possuir fluxos simplificados para o uso assistido, garantindo previsibilidade.
Identificação de Marcadores	O aplicativo deve identificar marcadores físicos com imagens predefinidas e gerar uma imagem 3D com uma expressão facial correspondente.	O Módulo CAA deve coexistir e ser integrado a essa funcionalidade de Realidade Aumentada (RA), sendo um complemento de expressão e não apenas de recepção.
Áudio Explicativo	Cada expressão facial apresentada deve ser acompanhada por um áudio explicativo que descreva a emoção de forma simples e didática.	O Módulo CAA deve seguir este padrão, onde cada marcador será acompanhado por um áudio correspondente que verbaliza e valida o estado do usuário.
Navegação do Usuário	O aplicativo deve garantir que o usuário possa navegar apenas pelas opções predefinidas de forma segura e intuitiva.	O Módulo CAA deve ter uma navegação simplificada baseada em menus categóricos diretos, minimizando distrações ou cliques acidentais pela criança.
Funcionamento Offline	O aplicativo deve funcionar offline, exceto para atualizações ou modificações de conteúdo.	O Módulo CAA deve ter todo o seu conteúdo (ícones, avatares, áudios) armazenado localmente para garantir o uso ininterrupto em ambientes clínicos ou domésticos.
Acessibilidade de Imagens e Áudios	As imagens e áudios devem ser claros e acessíveis, considerando a faixa etária e as necessidades do público-alvo.	O Módulo CAA deve utilizar ícones com alto contraste e semântica clara para a acessibilidade cognitiva.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

4.3 Especificação dos Requisitos

Esta seção apresenta os requisitos identificados para o desenvolvimento do módulo de Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA) integrado ao aplicativo ARTEA. Os requisitos foram definidos com base nas regras de negócio, no público-alvo e nas observa-

ções realizadas em contextos de uso do sistema, garantindo a adequação da solução às necessidades comunicativas de crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA).

4.3.1 Requisitos de Usuário

Os requisitos de usuário foram elaborados considerando as necessidades das crianças com TEA e o suporte de familiares, educadores e terapeutas durante o uso do aplicativo. Como se pode observar no Quadro 4, cada item foi pensado para garantir o engajamento e o aprendizado contínuo do usuário.

Quadro 4 – Especificação resumida dos Requisitos de Usuário (RU) do sistema ARTEA

Código	Descrição do Requisito de Usuário
RU01	O usuário deve conseguir navegar entre as categorias principais (emoções, saúde) de forma simples e intuitiva.
RU02	O sistema deve permitir que o usuário consiga escanear os marcadores e receber o feedback.
RU03	O usuário deve receber um feedback imediato ao escanear o marcador (visual e auditivo) que confirme a sua comunicação.
RU04	O aplicativo deve fornecer retorno visual e sonoro imediato a cada interação, mantendo a atenção da criança.
RU05	O aplicativo deve poder ser utilizado em ambientes domésticos e terapêuticos, mesmo sem conexão à internet.
RU06	O aplicativo deve oferecer reforço positivo por meio de recompensas visuais (como troféus e estrelas) para celebrar o acerto e utilizar uma abordagem de incentivo em caso de erro, oferecendo mensagens motivadoras que estimulem a persistência sem gerar frustração ao usuário.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

4.4 Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais descrevem as funcionalidades essenciais do módulo CAA que permitirão a interação entre o usuário e o sistema.

Quadro 5 – RF01 – Navegação entre Categorias

Descrição	Requisito de Usuário
O aplicativo deve permitir a navegação entre as categorias principais do módulo: expressões, emoções e saúde.	RU01; RU02

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Quadro 6 – RF02 – Reproduzir Áudio e Animação

Descrição	Requisito de Usuário
Ao escanear um marcador, o sistema deve reproduzir um áudio descritivo e apresentar uma animação do avatar correspondente à emoção ou ação escolhida.	RU03; RU04

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Quadro 7 – RF03 – Fornecer Feedback de Interação

Descrição	Requisito de Usuário
O sistema deve fornecer retorno visual (animação, mudança de cor ou brilho) e sonoro (confirmação auditiva) após a seleção de qualquer cartão nas categorias principais do módulo.	RU04

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Quadro 8 – RF04 – Executar Quiz Interativo

Descrição	Requisito de Usuário
O sistema deve apresentar, logo após a exibição da animação do avatar, um quiz com uma pergunta central e 4 alternativas (botões) baseadas na categoria do marcador escaneado.	RU05

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Quadro 9 – RF05 – Validar Resposta do Quiz

Descrição	Requisito de Usuário
O sistema deve validar a alternativa selecionada pelo usuário no quiz, emitindo um feedback sonoro e visual de acerto (recompensa positiva) ou um feedback suave de erro que incentive uma nova tentativa sem gerar frustração.	RU05; RU06

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

4.5 Requisitos Não Funcionais

Os requisitos não funcionais garantem a qualidade, desempenho e acessibilidade do sistema, assegurando que o módulo seja eficiente, estável e adequado ao público-alvo.

Quadro 10 – Requisitos Não Funcionais – RNF01: Usabilidade

Descrição
A interface deve ser intuitiva, colorida e autoexplicativa, possibilitando a utilização por crianças com diferentes níveis de habilidade cognitiva.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Quadro 11 – Requisitos Não Funcionais – RNF02: Acessibilidade

Descrição
Todos os ícones, sons e cores devem seguir princípios de acessibilidade cognitiva, visual e auditiva.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Quadro 12 – Requisitos Não Funcionais – RNF03: Desempenho

Descrição
O sistema deve apresentar tempo de resposta inferior a 2 segundos em todas as interações, garantindo fluidez durante o uso.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Quadro 13 – Requisitos Não Funcionais – RNF04: Portabilidade

Descrição
O módulo deve ser compatível com dispositivos Android a partir da versão 10.0, podendo ser adaptado futuramente para outras plataformas móveis.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

4.6 Tecnologias adotadas

O desenvolvimento do módulo de Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA) integrado ao aplicativo ARTEA envolve um conjunto de tecnologias voltadas à prototipação, criação de animações, modelagem 3D e lógica de interação.

Essas tecnologias foram selecionadas considerando desempenho, acessibilidade, compatibilidade com dispositivos móveis e facilidade de manutenção futura. A seguir, são apresentadas as principais ferramentas adotadas.

4.6.1 Vuforia Engine

Para viabilizar a projeção dos avatares tridimensionais sobre o artefato físico, foi integrado ao projeto o Vuforia Engine, um *SDK (Software Development Kit)* especializado em visão computacional e reconhecimento de padrões ópticos em tempo real. A escolha dessa ferramenta justifica-se pela sua alta precisão e estabilidade no rastreamento de alvos tridimensionais ou multifacetados, característica essencial para a leitura das superfícies do dodecaedro assistivo desenvolvido.

O processo de configuração e funcionamento do subsistema de Realidade Aumentada seguiu quatro etapas principais:

1. **Mapeamento e Geração de Image Targets:** As ilustrações vetoriais representando as categorias de Saúde e Emoções foram submetidas ao portal do desenvolvedor do Vuforia. O sistema analisa cada imagem gerando um mapa de pontos de interesse (*feature points*), que servem como coordenadas de contraste para a câmera do dispositivo.
2. **Banco de Dados de Marcadores:** Após a validação das imagens, foi gerado um banco de dados local (*unitypackage*), importado diretamente para o ambiente de desenvolvimento do Unity 3D.
3. **Ancoragem Espacial e Câmera AR:** No Unity, a câmera nativa do dispositivo foi substituída pelo componente *ARCamera* do Vuforia. Esse componente inicializa os algoritmos de rastreamento óptico e gerencia o foco, exposição e leitura do sensor da câmera em tempo real.
4. **Instanciação de Prefabs 3D:** Através de *scripts* em C#, cada face do artefato físico foi vinculada a um *Image Target* correspondente dentro da hierarquia do *software*. Quando o Vuforia reconhece um marcador com precisão, o sistema renderiza ins-

tantaneamente o avatar em 3D associado e dispara a execução do áudio descritivo correspondente.

4.6.2 *Unity 3D*

A Unity 3D é uma das plataformas de desenvolvimento mais consolidadas mundialmente para a criação de aplicações interativas, abrangendo desde jogos eletrônicos até simulações educacionais e sistemas imersivos. O motor gráfico possibilita a construção de ambientes bidimensionais e tridimensionais de alto desempenho, oferecendo suporte nativo e otimizado para exportação em dispositivos móveis, como Android e iOS (UNITY TECHNOLOGIES, 2022).

A escolha da Unity para o desenvolvimento do Módulo CAA do ARTEA justifica-se por três fatores primordiais:

- **Gerenciamento Nativo de Realidade Aumentada:** A plataforma integra-se perfeitamente com os principais ecossistemas de RA do mercado, permitindo mapear marcadores físicos com excelente precisão e estabilidade de rastreamento, aspecto crucial para manter o foco visual da criança com TEA.
- **Controle de Animações e Áudio (C#):** Através da linguagem C#, a Unity oferece controle granular sobre o sistema de animações (*Mecanim*) e reprodução de áudio. Isso viabiliza a execução simultânea e sem atrasos (*delays*) do feedback visual do avatar e do som descritivo, atendendo diretamente aos critérios de simultaneidade exigidos na comunicação assistiva.
- **Desempenho e Acessibilidade de Hardware:** Por ser uma ferramenta altamente otimizada para dispositivos móveis, ela garante que os modelos 3D e o sistema de quiz gamificado rodem de forma fluida, mesmo em smartphones comerciais de médio desempenho. Evitar travamentos ou lentidão na interface é fundamental no contexto do TEA, uma vez que respostas lentas do sistema podem gerar frustração ou quebra de engajamento na criança.

4.6.3 *C#*

A linguagem C# é utilizada como a base de programação no ecossistema da Unity para codificar a lógica de negócio do sistema, gerenciar eventos em tempo real, controlar o fluxo de animações e estruturar a máquina de estados das transições de tela. Conforme documentado pela Microsoft (2023), o C# é uma linguagem moderna, fortemente tipada, orientada a objetos e de alto desempenho, o que garante uma execução segura e eficiente em conjunto com o motor gráfico.

No Módulo CAA do ARTEA, o C# desempenha o papel central na engenharia do aplicativo, sendo o responsável por implementar e integrar os seguintes componentes lógicos:

- Subsistema de Rastreamento de Imagem: Captura os eventos de detecção da câmera para identificar qual marcador físico foi escaneado.
- Controlador Multimídia: Dispara de forma sincronizada os componentes de áudio descritivo (*AudioSource*) e os gatilhos de animação (*Animator*) do avatar 3D correspondente.
- Máquina de Estado do Quiz: Gerencia o ciclo de vida do quiz gamificado, controlando a exibição das perguntas, o sorteio ou posicionamento das quatro alternativas na interface, a validação de acertos/erros através de estruturas condicionais e o cálculo de pontuação ou feedback de recompensa.

4.6.4 Realidade Aumentada (RA)

A aplicação de recursos de Realidade Aumentada (RA) em contextos educacionais e terapêuticos atua como um facilitador cognitivo, favorecendo a compreensão abstrata, a atenção sustentada e a motivação intrínseca de crianças com TEA, especialmente quando combinada com elementos visuais altamente interativos (SILVA et al., 2024). Diferente de abordagens puramente virtuais, a RA promove a sobreposição de elementos digitais tridimensionais no ambiente físico real, estabelecendo um canal de comunicação multissensorial dinâmico e envolvente.

No escopo deste módulo, a tecnologia de Realidade Aumentada deixa de ser um componente meramente contemplativo e passa a ser o gatilho de comunicação ativa. Em vez de interagir com cartões puramente digitais em uma tela comum, a criança manipula marcadores físicos (tangíveis). Ao apontar a câmera do dispositivo para o marcador, o sistema realiza o rastreamento óptico (*Image Tracking*) e projeta o avatar 3D animado diretamente no espaço físico.

Essa transição do objeto concreto (o papel nas mãos da criança) para a representação digital tridimensional e sonora é pedagogicamente estratégica para o público com TEA. Ela reduz a sobrecarga cognitiva, estimula a exploração sensorial, ancora o foco atencional e funciona como uma ponte lúdica e concreta para a introdução do quiz gamificado, validando se a expressão representada pelo avatar foi corretamente decodificada e compreendida pelo usuário.

4.7 Modelagem e Especificação dos Casos de Uso

Segundo Sommerville (2011, p. 85), “a modelagem de casos de uso é amplamente utilizada para apoiar a elicitación de requisitos, representando tarefas discretas que envolvem a interação do usuário com o sistema”. Nesse sentido, os diagramas de casos de uso apresentados neste trabalho representam as interações essenciais entre os usuários (criança e responsável) e o sistema proposto. Sua função é descrever, de maneira visual e conceitual, como as funcionalidades principais do módulo de Comunicação Alternativa e

Aumentativa (CAA) são acionadas e executadas no aplicativo.

O mapeamento detalhado dessas funções e seus respectivos fluxos estão especificados no Quadro 14, enquanto o comportamento macro do sistema e o relacionamento entre os componentes são ilustrados no Diagrama de Caso de Uso Macro apresentado na Figura 4, demonstrando o funcionamento global do sistema a partir de ambos os atores.

Quadro 14 – Especificação resumida dos Casos de Uso do sistema ARTEA

Código	Caso de Uso	Descrição Completa	Atores
UC01	Mediar Ambiente de Uso	O responsável prepara o aplicativo para a criança, garantindo que o módulo de comunicação esteja ativo, configurado e seguro para o uso assistido.	Responsável, Criança
UC02	Selecionar Categoria	A criança navega pela interface do aplicativo e seleciona a categoria de interesse (Expressões, Emoções ou Bem-Estar) para ativar o leitor de Realidade Aumentada.	Criança
UC03	Escanear Marcador Físico	A criança aponta a câmera do dispositivo para o marcador impresso correspondente à expressão ou necessidade que deseja comunicar.	Criança
UC04	Reproduzir Feedback Multimídia em RA	O sistema realiza o rastreamento óptico do marcador, renderiza o avatar 3D animado na tela e reproduz o áudio descritivo associado, permitindo a expressão imediata da criança.	Criança
UC05	Executar Quiz Gamificado	Logo após o feedback da RA, o sistema gera uma interface interativa com uma pergunta e quatro alternativas de botões para testar a compreensão do usuário.	Criança
UC06	Validar Resposta do Quiz	O sistema processa a alternativa selecionada pela criança, emitindo um feedback de recompensa lúdica em caso de acerto ou um estímulo suave em caso de erro.	Criança
UC07	Visualizar Informações do Aplicativo	Permite acessar o menu “Sobre”, onde são apresentadas informações gerais sobre a plataforma ARTEA, suas finalidades e instruções de uso.	Criança, Responsável
UC08	Encerrar Aplicação	O sistema encerra o aplicativo de forma segura, salvando as interações pendentes e retornando ao sistema operacional do dispositivo.	Criança, Responsável

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

O ator Criança representa o público-alvo do sistema: usuários com Transtorno do Espectro Autista (TEA) que utilizam o aplicativo sob supervisão de um adulto. Sua interação ocorre de forma lúdica e intuitiva, por meio da seleção de cartões virtuais que expressam emoções, ações e necessidades básicas, acompanhados de feedbacks sonoros e visuais.

O ator responsável compreende pais, educadores, terapeutas ou outros profissionais de apoio que acompanham o uso do aplicativo.

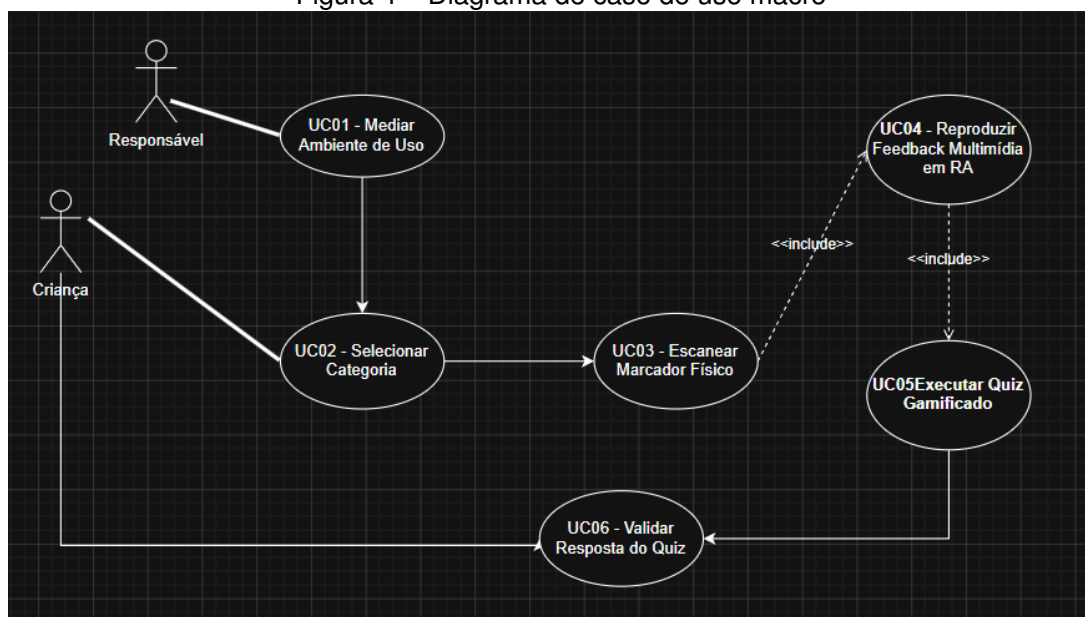
4.7.1 Interações e Fluxo de Uso

O Diagrama de Casos de Uso (Figura 4) especifica as fronteiras do sistema e as interações funcionais estabelecidas entre os atores (Criança e Responsável) e o Módulo CAA integrado ao ARTEA.

O ator Responsável atua na mediação técnica inicial, sendo encarregado de preparar e garantir a segurança do ambiente digital de uso (UC01). O ator Criança é o usuário principal das funcionalidades de comunicação, interagindo diretamente com a seleção de categorias (UC02) e com o escaneamento óptico de marcadores físicos por meio da câmera do dispositivo (UC03).

Uma vez identificado o marcador, o sistema executa de forma automatizada o comportamento de reproduzir o feedback multimídia e o avatar tridimensional em Realidade Aumentada (UC04). Como parte obrigatória do fluxo pedagógico e de validação do aprendizado, o sistema inclui a inicialização do quiz gamificado (UC05), o qual requer a ação da criança para validar a resposta selecionada (UC06).

Figura 4 – Diagrama de caso de uso macro



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Esses casos de uso reforçam o caráter pedagógico e terapêutico do sistema, ao permitir uma interação simples e guiada para o desenvolvimento da comunicação da criança.

4.8 Protótipos

Esta seção apresenta os protótipos desenvolvidos no Figma para o módulo de Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA) integrado ao aplicativo ARTEA. Os protótipos visam representar o fluxo de interação do usuário, o layout da interface e os principais elementos gráficos planejados para a implementação futura do sistema.

Os protótipos foram criados considerando os princípios de usabilidade, acessibilidade e comunicação visual adequados ao público-alvo, composto por crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Cada tela foi planejada para oferecer uma navegação intuitiva, com ícones grandes, cores contrastantes e feedback visual imediato.

4.8.1 Tela Inicial

A figura 6 apresenta a tela da página inicial do ARTEA, o usuário (ou o responsável) visualiza o menu principal do aplicativo, contendo as opções “Iniciar”, “Comunicação”, “Sobre” e “Sair”, além do acesso ao módulo CAA. A interface Apresenta ícones ilustrativos e botões amplos para facilitar o toque.

Figura 5 – Tela inicial do aplicativo ARTEA com acesso ao módulo CAA



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

4.8.2 Tela de Seleção de Categorias

A figura 6 apresentada tela corresponde ao módulo de Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA) integrado ao aplicativo ARTEA, desenvolvido para apoiar crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) na expressão de emoções, necessidades e situações do cotidiano. A interface foi projetada com foco na acessibilidade, simplicidade visual e estímulo ao engajamento, de forma a atender às particularidades comunicacionais típicas do TEA.

Na parte superior da tela, há um botão de retorno, posicionado à esquerda, permitindo ao usuário navegar facilmente entre as seções do aplicativo. Logo abaixo, o título “COMUNICAÇÃO” aparece centralizado, reforçando a localização do usuário dentro do módulo.

A área principal da interface apresenta duas categorias de cartões virtuais, cada uma representada por cores distintas e contrastantes para facilitar o reconhecimento visual: emoções (cartão amarelo) e saúde (cartão azul)

Figura 6 – Tela do protótipo de seleção das categorias do módulo CAA



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Os cartões possuem cantos arredondados, sombras sutis e tipografia amigável, elementos que contribuem para uma experiência visual agradável e reduzem a sobrecarga sensorial — aspecto relevante para crianças com TEA. Cada cartão funciona como um ponto de acesso rápido aos conjuntos de símbolos, imagens ou sons associados à categoria, permitindo que a criança selecione os conteúdos que melhor representam sua intenção comunicativa.

No canto inferior direito, há um ícone de edição, que possibilita a personalização dos cartões, permitindo que responsáveis, terapeutas ou professores adaptem o vocabulário visual às necessidades específicas de cada criança. Essa flexibilidade é essencial em sistemas de CAA, uma vez que os repertórios comunicativos variam amplamente dentro do espectro. De forma geral, a tela prioriza organização, clareza e previsibilidade, aspectos fundamentais para promover autonomia e diminuir barreiras de comunicação. Assim, o módulo contribui para que crianças com TEA expressem emoções, ações, condições de saúde e situações do cotidiano de maneira mais eficiente e compreensível, fortalecendo suas interações sociais.

5 Resultados e Discussão

5.1 Visão geral da implementação

O módulo CAA desenvolvido foi integrado conceitualmente ao aplicativo ARTEA, incorporando funcionalidades voltadas à comunicação alternativa e aumentativa para crianças com TEA. O sistema contemplou categorias de emoções e saúde, feedback sonoro e elementos de realidade aumentada para apoiar a expressão de necessidades e sentimentos.

5.2 Relatos sobre o desenvolvimento do projeto

O desenvolvimento do projeto proporcionou aos autores um aprendizado significativo sobre o contexto do Transtorno do Espectro Autista, especialmente em relação às dificuldades de comunicação enfrentadas por muitas crianças diagnosticadas com TEA. A pesquisa bibliográfica e o estudo de tecnologias assistivas permitiram compreender a importância da Comunicação Aumentativa e Alternativa como ferramenta de inclusão e apoio à expressão emocional e social.

Além do aprendizado teórico, o projeto possibilitou experiências práticas relacionadas ao desenvolvimento de software e à aplicação de Realidade Aumentada em contextos educacionais e terapêuticos. Durante a construção do sistema, foram realizadas etapas de levantamento bibliográfico, definição dos requisitos, planejamento da interface, modelagem das funcionalidades, criação dos cartões virtuais e organização dos elementos de interação audiovisual.

Outro aspecto relevante foi a preocupação em desenvolver um sistema com navegação simplificada, utilizando poucos elementos por tela e recursos visuais de fácil interpretação. Essa escolha ocorreu após estudos sobre acessibilidade e sobre a necessidade de reduzir estímulos excessivos, que podem dificultar a interação de usuários com TEA.

O desenvolvimento também contribuiu para o aprimoramento técnico dos autores nas áreas de programação, modelagem de sistemas, design de interface e integração de recursos de Realidade Aumentada. Dessa forma, o projeto uniu conhecimentos acadêmicos e tecnológicos à proposta de inclusão social e apoio à comunicação alternativa.

5.3 Apresentação do sistema

A navegação do sistema inicia-se na Tela Inicial, responsável por apresentar o aplicativo e direcionar o usuário para as funcionalidades principais. Em seguida, a Tela de Seleção permite o acesso às diferentes categorias e modos de interação disponíveis no sistema. Posteriormente, são apresentadas a inicialização do leitor de Realidade Aumentada

por meio da captura da câmera e a Tela de Quiz Interativo, desenvolvidas para auxiliar a expressão de sentimentos, necessidades e situações do cotidiano por meio de elementos visuais e interativos.

Por fim, a Tela de Feedback Interativo demonstra os recursos de retorno audiovisual e interação em Realidade Aumentada utilizados para ampliar o engajamento, a compreensão e a experiência do usuário durante a utilização do sistema.

5.3.1 Desenvolvimento do Artefato Tangível

A imagem 7 apresenta um artefato físico em formato de dodecágono tridimensional utilizado como interface tangível no sistema proposto. O objeto é composto por múltiplas faces pentagonais contendo ilustrações infantis que representam diferentes expressões emocionais, como tristeza, alegria, preocupação e tranquilidade. As figuras possuem traços simples, expressões faciais bem definidas e cores suaves, favorecendo a identificação visual e a acessibilidade para crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA).

Figura 7 – Dodecágono tridimensional utilizado como interface tangível no sistema ARTEA



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

O artefato foi desenvolvido e validado de forma funcional para atuar como um módulo de integração com a plataforma ARTEA original, permitindo o rastreamento óptico das faces e a interação com o software por meio da seleção de emoções. Seu formato geométrico favorece a manipulação manual, a estabilidade do reconhecimento visual e a experiência lúdica durante as atividades gamificadas de múltipla escolha, contribuindo para o desenvolvimento da comunicação alternativa e aumentativa (CAA).

A imagem 8 demonstra o funcionamento do módulo de Realidade Aumentada integrado ao artefato tangível do sistema ARTEA. Sobre o dodecágono tridimensional é projetado um personagem virtual com expressão de mal-estar, segurando um termômetro, representando um estado emocional e físico relacionado ao desconforto.

Figura 8 – Projeção de personagem em Realidade Aumentada sobre o dodecágono tridimensional



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

A interação ocorre de maneira totalmente funcional e síncrona, operando por meio do rastreamento óptico das faces do objeto, permitindo que o sistema reconheça os marcadores visuais e exiba elementos tridimensionais sincronizados em tempo real. O recurso contribui para a associação entre emoções, expressões visuais e situações cotidianas, favorecendo a comunicação alternativa e aumentativa (CAA) de crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA).

5.3.2 Tela Inicial

A figura 9 apresenta a tela da página inicial do ARTEA, o usuário (ou o responsável) visualiza o menu principal do aplicativo, contendo as opções “Iniciar”, “Comunicação”, “Sobre” e “Sair”, além do acesso ao módulo CAA. A interface apresenta ícones ilustrativos e botões amplos para facilitar o toque.

Figura 9 – Tela inicial do aplicativo ARTEA com acesso ao módulo CAA



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

5.3.3 Tela de Seleção de Categorias

A Figura 10 apresenta a tela de seleção de categorias do módulo de Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA), integrada ao aplicativo ARTEA. Essa interface foi desenvolvida com o objetivo de auxiliar crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) na expressão de emoções, sentimentos e necessidades do cotidiano, promovendo maior autonomia durante o processo comunicativo.

Figura 10 – Tela de seleção de categorias do módulo CAA



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

A interface foi planejada com foco na acessibilidade, simplicidade visual e organização dos elementos, considerando as particularidades sensoriais e cognitivas do público-alvo. Observa-se a utilização de tons suaves de azul, elementos gráficos arredondados e componentes visuais harmoniosos, contribuindo para a criação de um ambiente mais acolhedor e reduzindo possíveis sobrecargas sensoriais.

Na região central da tela, encontram-se as categorias principais do sistema, representadas pelos botões “Expressões”, “Emoções” e “Saúde”. Os botões possuem tamanho ampliado, cores contrastantes e tipografia de fácil leitura, favorecendo o reconhecimento visual e a interação intuitiva por parte do usuário. Cada categoria direciona a criança para conjuntos específicos de cartões virtuais e recursos interativos relacionados à comunicação alternativa.

Para detalhar o vocabulário assistivo implementado e mapeado nas faces do artefato tangível, o quadro 15 apresenta a descrição de todos os itens disponíveis divididos por suas respectivas categorias funcionais, incluindo o estímulo visual e o propósito comunicativo de cada um.

Quadro 15 – Dicionário de estímulos visuais e propósitos comunicativos do sistema ARTEA

Categoria	Item / Termo	Estímulo Visual (Avatar/Marcador)	Propósito Comunicativo / Significado
Expressões	Alegria / Sorriso	Avatar com expressão facial sorridente e braços abertos.	Permitir que a criança expresse satisfação, felicidade ou validação positiva sobre algo.
Expressões	Tristeza / Choro	Avatar com olhos lacrimejando e postura retraída.	Sinalizar insatisfação, descontentamento, frustração ou tristeza.
Expressões	Raiva	Avatar com sobrancelhas inclinadas e face avermelhada.	Expressar contrariedade, incômodo severo ou crises de irritabilidade.
Expressões	Surpresa	Avatar com olhos e boca bem abertos em sinal de espanto.	Demonstrar reação a fatos inesperados ou quebra de rotina.
Emoções	Tranquilidade / Calma	Avatar com expressão serena, olhos suavemente fechados.	Comunicar que a criança se sente segura, confortável e em estado de relaxamento.
Emoções	Preocupação / Medo	Avatar com expressão de receio e mãos próximas ao rosto.	Externalizar insegurança diante de ambientes barulhentos, novas texturas ou pessoas estranhas.
Saúde	Dor de Cabeça	Avatar com a mão na testa e expressão de incômodo visual.	Reportar cefaleia, sobrecarga sensorial auditiva ou necessidade de repouso em local silencioso.
Saúde	Mal-estar / Febre	Avatar segurando um termômetro com bochechas avermelhadas.	Indicar indisposição física geral, febre, náusea ou início de processos virais.
Saúde	Dor de Barriga	Avatar com as mãos sobre o abdômen e corpo levemente curvado.	Informar dores estomacais, cólicas ou desconfortos gastrointestinais comuns.
Saúde	Cansaço / Sono	Avatar bocejando ou com pálpebras caídas.	Expressar esgotamento físico, fadiga mental ou necessidade imediata de dormir.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

No canto inferior esquerdo, está disponível o botão “Voltar”, permitindo ao usuário retornar à tela anterior de maneira simples e acessível. Além disso, o fundo da interface apresenta elementos decorativos, como nuvens, estrelas e formas orgânicas, que tornam a experiência visual mais amigável e lúdica, favorecendo o engajamento da criança durante a utilização do aplicativo.

De modo geral, a tela prioriza clareza, previsibilidade e facilidade de navegação, aspectos considerados importantes no desenvolvimento de aplicações voltadas para usuários com TEA. Dessa forma, o módulo busca proporcionar uma experiência mais acessível e eficiente no apoio à comunicação alternativa e aumentativa.

5.3.4 Tela de Quiz Interativo de Emoções

O acionamento da dinâmica gamificada ocorre de forma sequencial na aplicação: a tela de quiz interativo aparece logo após a visualização da animação e do áudio do avatar tridimensional em Realidade Aumentada. Assim, como demonstrado na Figura 11, a interface do quiz integrado ao aplicativo ARTEA foi desenvolvida com o objetivo de estimular o reconhecimento e a identificação de emoções em crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA), utilizando elementos visuais interativos e mecânicas de gamificação.

Figura 11 – Tela de quiz interativo de emoções do módulo CAA



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

A tela apresenta uma pergunta central — “Qual emoção o avatar está sentindo?” — incentivando a criança a observar a expressão apresentada e selecionar a alternativa correspondente. Esse modelo de interação busca trabalhar habilidades relacionadas à interpretação emocional, associação visual e tomada de decisão.

Na parte inferior da interface, encontram-se quatro alternativas representadas por botões: “Tranquila”, “Raiva”, “Feliz” e “Surpresa”. Os botões possuem tamanho ampliado, cores contrastantes e tipografia de fácil leitura, facilitando a interação e o reconhecimento visual pelo usuário. A organização espaçada dos elementos contribui para uma navegação mais intuitiva e reduz possíveis distrações visuais.

A interface mantém a identidade visual do aplicativo ARTEA, utilizando tons suaves de azul, formas arredondadas e elementos decorativos, como nuvens e estrelas, proporcionando um ambiente lúdico, acolhedor e visualmente agradável. Esses recursos foram

planejados considerando aspectos de acessibilidade e redução da sobrecarga sensorial, fatores importantes para aplicações voltadas ao público com TEA.

De modo geral, a tela combina recursos de gamificação e interação visual com o propósito de tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico, estimulante e acessível, favorecendo o desenvolvimento das habilidades emocionais e comunicativas da criança.

5.3.5 Tela de Cartões Virtuais— Categoria Emoções

As Figuras 12 a 16 apresentam os cartões virtuais pertencentes à categoria Emoções, exibidos na interface digital do aplicativo mobile ARTEA após a interação com o artefato físico. Diferente das ilustrações fixadas nas faces do dodecágono tangível, estes cartões operam na tela do dispositivo móvel como recursos de apoio visual, utilizando ilustrações de crianças com diferentes expressões faciais e gestos corporais que representam estados afetivos fundamentais, com o objetivo de facilitar a identificação e a expressão de sentimentos.

Na Figura 12, observa-se a representação de susto ou espanto, evidenciada pelos olhos arregalados, boca aberta e as mãos levantadas lateralmente com as palmas voltadas para frente. Três sinais gráficos acima da cabeça reforçam a reação súbita a um estímulo externo, auxiliando a criança a comunicar surpresa ou medo imediato.

Figura 12 – Cartão representando Susto



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

A Figura 13 ilustra um estado de calma ou serenidade. A personagem apresenta olhos suavemente fechados e um leve sorriso, transmitindo uma sensação de tranquilidade e autorregulação. Essa representação é essencial para que a criança indique quando se sente confortável e em paz no ambiente.

Figura 13 – Cartão representando Calma



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Na Figura 14, o cartão representa surpresa ou perplexidade, caracterizada pela boca aberta e braços estendidos lateralmente com as palmas para cima. Diferente do susto, a expressão sugere uma reação de incompreensão ou admiração diante de algo novo, auxiliando na sinalização de eventos inesperados

Figura 14 – Cartão representando Surpresa



SURPRESA

www.edclub.com.br

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

A Figura 15 apresenta a representação de alegria, caracterizada por um sorriso aberto que exhibe os dentes, olhos cerrados pelo movimento das bochechas e uma postura corporal expansiva com as mãos levantadas. Esse recurso visual permite o reconhecimento imediato de estados de felicidade e satisfação.

Figura 15 – Cartão representando Alegria



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Por fim, a Figura 16 ilustra dúvida ou incerteza, com o dedo indicador posicionado sobre o queixo, sobrancelha levemente franzida e olhar voltado para o lado. Esses sinais indicam um processo reflexivo ou hesitação, ajudando a criança a sinalizar quando não compreende uma instrução ou está indecisa.

Figura 16 – Cartão representando Dúvida



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

As ilustrações seguem um padrão visual consistente, com traços simples, cores suaves e elementos expressivos, reduzindo a complexidade visual e tornando os cartões mais acessíveis para crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Além disso, o uso de sinais visuais claros e diretos favorece o reconhecimento imediato das situações representadas.

Dessa forma, os cartões da categoria Emoções desempenham um papel fundamental no apoio à comunicação de sentimentos internos, permitindo que a criança expresse seu estado emocional de maneira mais eficiente, mesmo na ausência da linguagem verbal.

5.3.6 Tela de Cartões Virtuais - Categoria Saúde

As Figuras 17 a 20 apresentam exemplos de cartões pertencentes à categoria Saúde, desenvolvidos para o módulo de Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA) do aplicativo ARTEA. Os cartões utilizam ilustrações de uma criança com diferentes expressões faciais e corporais, representando estados físicos comuns, com o objetivo de facilitar a identificação e comunicação de desconfortos.

Na Figura 17, observa-se a representação de dor ou irritação na região da garganta, evidenciada pela expressão facial contraída, dentes cerrados e destaque visual na área do pescoço. Esse tipo de representação auxilia a criança a indicar desconfortos específicos de forma não verbal.

Figura 17 – Cartão representando dor na garganta



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Na Figura 18, o cartão ilustra sintomas de resfriado ou gripe, com destaque para o nariz avermelhado e a presença de secreção nasal. A expressão cansada reforça a sensação de mal-estar, facilitando a associação com condições de saúde relacionadas.

Figura 18 – Cartão representando sintomas de resfriado



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Já na Figura 19, é apresentada uma representação de dor de cabeça, caracterizada pela expressão de sofrimento, mãos posicionadas na cabeça e elementos gráficos (linhas

ao redor) que indicam intensidade da dor. Esses recursos visuais contribuem para uma compreensão mais intuitiva do sintoma.

Figura 19 – Cartão representando dor de cabeça



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Por fim, a Figura 20 apresenta um cartão representando enjoo, com expressão facial de desconforto, coloração esverdeada no rosto e a mão posicionada sobre o estômago, indicando mal-estar

Figura 20 – Cartão representando Enjoo



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

As ilustrações seguem um padrão visual consistente, com traços simples, cores suaves e elementos expressivos, reduzindo a complexidade visual e tornando os cartões mais acessíveis para crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Além disso, o uso de sinais visuais claros e diretos favorece o reconhecimento imediato das situações representadas.

Dessa forma, os cartões da categoria Saúde desempenham um papel fundamental no apoio à comunicação de sintomas físicos, permitindo que a criança expresse desconfortos de maneira mais eficiente, mesmo na ausência da linguagem verbal.

5.3.7 Marcadores

No contexto da Realidade Aumentada baseada em visão computacional, um marcador (ou Image Target) consiste em uma imagem bidimensional predefinida que o algoritmo de rastreamento da engine busca identificar em tempo real através do fluxo de captura da câmera. O sistema analisa a imagem em busca de recursos visuais únicos, como contrastes elevados, bordas nítidas e distribuições assimétricas de formas, gerando uma malha de "pontos de interesse"(feature points). Quando esses pontos são reconhecidos no ambiente físico, o sistema calcula a posição, a inclinação e a distância do dispositivo móvel em relação ao objeto real, estabelecendo as coordenadas espaciais necessárias para renderizar e ancorar o modelo virtual tridimensional de forma estável na tela.

Os marcadores utilizados no sistema foram desenvolvidos a partir de expressões faciais infantis, selecionadas de forma criteriosa para proporcionar um aspecto amigável, acessível e adequado ao público-alvo infantil. A proposta buscou criar elementos visuais simples, intuitivos e de baixo custo, permitindo fácil reprodução e utilização em diferentes contextos educacionais e terapêuticos.

O aplicativo foi projetado para reconhecer marcadores apresentados em diferentes tipos de suporte físico. Entretanto, visando maior ergonomia, estabilidade e praticidade durante a interação, optou-se pela utilização de estruturas tridimensionais no formato de dodecágono 3D. Cada face do objeto pode apresentar uma expressão facial distinta, possibilitando múltiplas interações em um único artefato físico e favorecendo a manipulação apenas do dispositivo móvel durante as atividades em Realidade Aumentada. Essa configuração permite que a estrutura permaneça posicionada sobre superfícies, como mesas, proporcionando maior conforto e facilidade de uso para a criança.

Para a versão atual do aplicativo, foram desenvolvidas expressões faciais bidimensionais (2D), utilizadas como marcadores de rastreamento óptico, e modelos tridimensionais (3D), empregados pelo sistema para gerar as experiências em Realidade Aumentada. Esse conjunto contempla diferentes emoções e integra as dinâmicas gamificadas do aplicativo, contribuindo para o desenvolvimento da aprendizagem emocional, da interação e da comunicação alternativa em crianças com TEA.

5.3.8 Tela de Feedback Interativo

As imagens apresentadas correspondem aos recursos de retorno visual ativados após a interação da criança com as atividades do aplicativo. Essas interfaces fazem parte de uma sequência gamificada estruturada, na qual o usuário observa uma expressão facial, realiza a associação correspondente e recebe um feedback imediato do sistema.

O reconhecimento das expressões faciais ocorre por meio do uso dos marcadores do sistema ARTEA, previamente desenvolvidos e descritos em trabalho anterior. Cada marcador apresenta uma expressão facial específica, que é identificada pelo aplicativo por

meio da câmera do dispositivo móvel. A partir dessa leitura, o sistema processa a informação e apresenta, em realidade aumentada, a representação tridimensional correspondente, permitindo que a criança visualize e interprete a emoção trabalhada.

Dentro dessa lógica, o fluxo da atividade segue uma sequência: (1) apresentação do marcador com a expressão facial, (2) leitura do marcador pelo aplicativo, (3) exibição da expressão em realidade aumentada e (4) interação da criança com a atividade proposta, culminando na exibição do feedback.

Feedback Positivo (Acerto): A primeira interface (Figura 21) é exibida quando a criança realiza corretamente a associação proposta. Ao centro, destaca-se a ilustração de uma personagem com expressão de alegria e celebração, segurando um troféu dourado cercado por estrelas. Abaixo da imagem, o texto centralizado em cor verde — tradicionalmente associada à validação — apresenta a mensagem: "PARABÉNS! VOCÊ ACERTOU!". Esse estímulo visual atua como reforço positivo, incentivando a continuidade da atividade e contribuindo para o engajamento do usuário.

Figura 21 – Interface de feedback positivo ("Parabéns! Você acertou!")



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Feedback de Incentivo (Tentativa): A segunda interface (Figura 23) é apresentada em casos de resposta incorreta. Com o objetivo de evitar frustração, a abordagem adotada prioriza o incentivo em vez da punição. A ilustração central exibe um personagem com expressão de leve desânimo, representado de forma não negativa. O texto de apoio, em vermelho para contraste visual, traz a mensagem: "QUASE LÁ! TENDE DE NOVO!". Essa

estratégia busca estimular a persistência e a tentativa contínua, promovendo um ambiente de aprendizagem mais acolhedor.

Figura 22 – Interface de feedback de incentivo ("Quase lá! Tente de novo!")



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Ambas as interfaces utilizam fundo cinza neutro e composição visual minimalista, reduzindo a carga cognitiva e direcionando a atenção da criança para os elementos principais: a mensagem de feedback e a expressão do personagem.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou responder à questão central: "Como o desenvolvimento de um recurso tecnológico de Comunicação Alternativa e Aumentativa, integrado ao ARTEA, baseado em realidade aumentada e gamificação, pode ajudar crianças com TEA a compreender e expressar emoções e condições de saúde de forma acessível e eficaz?". Por meio do desenvolvimento do Módulo CAA, foi possível expandir a plataforma ARTEA com uma ferramenta que une a manipulação de um artefato físico ao reforço pedagógico de um quiz gamificado, criando uma solução voltada a mitigar barreiras de comunicação não verbal.

O objetivo geral deste trabalho — que consistia em desenvolver um módulo de Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA) integrado à plataforma ARTEA, utilizando Realidade Aumentada (RA) baseada em marcadores tangíveis — foi alcançado no âmbito do desenvolvimento de software. Os testes de laboratório comprovaram que, ao apontar a câmera do dispositivo para o marcador físico, o sistema respondeu de forma estável e robusta, renderizando o avatar 3D animado acompanhado de seu respectivo feedback sonoro para representar a emoção ou condição de saúde de maneira síncrona. Na sequência, a transição para o quiz interativo de quatro alternativas consolidou com sucesso a proposta pedagógica de reforço e validação da compreensão do conceito apresentado, garantindo a entrega de uma arquitetura integral de software assistivo dotada de plena prontidão tecnológica, deixando o ecossistema maduro e apto para futuras etapas de validação clínica e testes em ambiente real com o público-alvo.

Contudo, o desenvolvimento do trabalho enfrentou desafios importantes. A impossibilidade de realizar as sessões de testes clínicos programadas com o público-alvo limitou uma avaliação prática e empírica mais abrangente do impacto do aplicativo no ambiente terapêutico real. Para mitigar essa restrição, o projeto concentrou-se em uma rigorosa validação técnica de engenharia de software e garantia de qualidade (testes de caixa-preta e análise de rastreamento das faces inclinadas do dodecágono), assegurando que o sistema cumpre todos os requisitos lógicos e de desempenho estabelecidos, estando tecnologicamente pronto para testes.

Apesar das limitações práticas de testagem clínica, esta investigação oferece contribuições significativas em múltiplas frentes. Para a academia, fomenta a literatura sobre a convergência entre Realidade Aumentada (RA) e Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA). No âmbito da sociedade, a solução proposta dá um passo em direção à inclusão e à melhoria da qualidade de vida de crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA), fornecendo uma ferramenta acessível para a expressão de sentimentos. Por fim, para o mercado de tecnologia assistiva, o Módulo CAA demonstra a viabilidade de criar ecossistemas baseados em artefatos físicos e gamificação com baixo custo de produção e alta replicabilidade.

Trabalhos futuros, várias oportunidades de expansão e aprimoramento técnico foram identificadas na engenharia do software. Propõe-se a realização dos testes clínicos em ambiente terapêutico real com o público-alvo e a expansão do catálogo de cartões de comunicação para abranger novos contextos do cotidiano das crianças. Adicionalmente, planeja-se a implementação de um banco de dados local que permita o registro e o armazenamento histórico das interações, possibilitando que os responsáveis analisem relatórios estatísticos sobre quais marcadores a criança mais escaneou no dia a dia.

Aproveitando a estrutura desse banco de dados local, propõe-se uma funcionalidade de personalização avançada, na qual o cuidador possa realizar o upload de imagens de membros da família e animais de estimação diretamente no aplicativo. O sistema permitirá vincular o nome do indivíduo e selecionar tags de identificação predefinidas — como "mãe", "pai", "irmão", "irmã", "tio" ou "animal de estimação" —, gerando novos marcadores customizados para ampliar o repertório comunicativo e de reconhecimento socioafetivo da criança. Além disso, mantém-se como melhoria o refinamento ergonômico do dodecágono impresso em 3D através do uso de filamentos texturizados ou emborrachados, visando aprimorar o conforto de usuários com hipersensibilidade sensorial.

Por fim, o Módulo CAA representa uma contribuição relevante para a plataforma ARTEA e para o campo das tecnologias assistivas, aliando inovação, engenharia de software e impacto social. A utilização de um dodecágono impresso em 3D combinado com marcadores prova que é possível desenvolver soluções tecnológicas avançadas de baixo custo, abrindo portas para novos aprimoramentos que ampliem o acesso, a inclusão e o desenvolvimento da comunicação infantil.

REFERÊNCIAS

- ALVES, William Pereira. **Unity: design e desenvolvimento de jogos**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2019. 1 recurso online. ISBN 9786555200102. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9786555200102>>. Acesso em: 19 nov. 2025.
- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais**: DSM-5. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.
- ASSUMPÇÃO JÚNIOR, Francisco Baptista; KUCZYNSKI, Evelyn. **Autismo infantil**: novas tendências e perspectivas. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2015. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/168166>>. Acesso em: 15 nov. 2025.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.
- CAVALCANTI, Ricardo Sousa; CARVALHO, Lílian Amaral de. Ferramentas educacionais digitais para crianças autistas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. e248101018823, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i10.18823. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/rsd/article/view/18823>>. Acesso em: 31 out. 2025.
- FREITAS, Fernanda Aparecida Ferreira de et al. Habilidades comunicativas em crianças com Transtorno do Espectro Autista: percepção clínica e familiar. **Revista CEFAC**, v. 23, n. 4, p. e1521, 2021. DOI: 10.1590/1982-0216/20212341521. Acesso em: 30 nov. 2025.
- GEERTZ, Clifford. **A interpretação das culturas**. Rio de Janeiro: LTC, 1989.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- HAMMERSLEY, Martyn. **Ethnography**: principles in practice. 1. ed. São Paulo: Vozes, 2022. E-book. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br>>. Acesso em: 3 dez. 2025.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.
- MELO OLIVEIRA, D. et al. Abordagens avançadas no tratamento do Transtorno do Espectro Autista. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 6, n. 9, p. 564–582, 2024. DOI: 10.36557/2674-8169.2024v6n9p564-582. Disponível em: <<https://bjih.s.emnuvens.com.br/bjih/article/view/3345>>. Acesso em: 31 out. 2025.
- MICROSOFT. **C# Language Specification – Introduction**. 2025. Disponível em: <<https://learn.microsoft.com/pt-br/dotnet/csharp/language-reference/language-specification/introduction>>. Acesso em: 21 nov. 2025.

OLIVEIRA, Francisco Diego Ferreira de; JESUS, Ronan Pereira de. **ARTEA: Trabalhando Expressões Faciais com Autistas**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Sistemas para Internet) – Instituto Federal de Brasília, Brasília, 2025.

PADRELLA JÚNIOR, Jefferson et al. Intervenções tecnológicas no tratamento e desenvolvimento de habilidades sociais em crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA). **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 7, n. 2, p. 1847-1857, 2025. DOI: 10.36557/2674-8169.2025v7n2p1847-1857. Acesso em: 15 nov. 2025.

PROENÇA, M. F. R. et al. A tecnologia assistiva aplicada aos casos de Transtorno do Espectro do Autismo (TEA). **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, n. 31, p. e541, 2019. DOI: 10.25248/reas.e541.2019. Disponível em: <<https://acervomais.com.br/index.php/saude/article/view/541>>. Acesso em: 15 nov. 2025.

ROSA, Valéria I.; SILVA, Régio P. da; AYMONE, José L. F. Processo de desenvolvimento de prancha de Comunicação Alternativa e Aumentativa para crianças com Transtorno do Espectro do Autismo utilizando Realidade Aumentada. **Design & Tecnologia**, v. 8, n. 15, p. 51-67, 2018. DOI: 10.23972/det2018iss15pp51-67. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/det/index.php/det/article/view/441>>. Acesso em: 15 nov. 2025.

SANTOS, Aline Rocha dos; JUSTIMIANO, Willian Martins; OLIVEIRA, Eliane Vendramini de. Decifrando sentimentos: tecnologia de análise facial para autistas. **Revista Alomorfia**, v. 9, n. 2, p. 526-540, 2025.

SCHIRMER, Carolina Rizzotto. Pesquisas em recursos de alta tecnologia para comunicação e transtorno do espectro autista. **ETD - Educação Temática Digital**, v. 22, n. 1, p. 68–85, 2020. DOI: 10.20396/etd.v22i1.8655470. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/8655470>>. Acesso em: 31 out. 2025.

SILVA, Alcimar José et al. Intervenções baseadas em tecnologia para o ensino de leitura a crianças com autismo. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 11, p. 5756–5771, 2024. DOI: 10.51891/rease.v10i11.17124. Disponível em: <<https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/17124>>. Acesso em: 21 nov. 2025.

SILVA, Vitor Vasconcellos Fernandes da; ROSSATO, Fabricia Gladys Fernandes da. Uso de tecnologia assistiva para comunicação aumentativa ou alternativa para portadores de TEA em uma instituição do terceiro setor. **Revista Foco**, v. 16, n. 6, p. e2421, 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n6-167. Disponível em: <<https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/2421>>. Acesso em: 31 out. 2025.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software**. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2011. E-book. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br>>. Acesso em: 21 nov. 2025.

TRIVIÑOS, Augusto Nibaldo Silva. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

UNITY TECHNOLOGIES. **Unity Manual**. Disponível em: <<https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>>. Acesso em: 21 nov. 2025.