



**Politécnico
Castelo Branco**

Escola Superior
de Tecnologia

PowerSensation Games

Experiências digitais para todos

Daniel Alexandre da Silva Santos

Sandro Filipe Almeida Cardoso

Orientadores

Professora Doutora Ângela Cristina Marques de Oliveira

Professor Doutor Filipe Miguel Bispo Fidalgo

Trabalho de Projeto apresentado à Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco, realizada sob a orientação da Professora Doutora Ângela Cristina Marques de Oliveira e coorientação do Professor Doutor Filipe Miguel Bispo Fidalgo do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Junho 2026

Composição do júri

Presidente do júri

Professor Doutor Pedro Nuno Moreira da Silva

Professor Adjunto, Escola Superior de Tecnologia de Castelo Branco

Vogais

Professora Doutora Ângela Cristina Marques de Oliveira

Professor Coordenador, Escola Superior de Tecnologia de Castelo Branco

Professor Doutor Eurico Ribeiro Lopes

Professor Adjunto, Escola Superior de Tecnologia de Castelo Branco

Agradecimentos

Para o desenvolvimento deste projeto final de curso, feito com dedicação e esforço, que não teria sido possível sem apoio e ajuda crucial de determinadas pessoas. Por isso, gostaria de expressar o meu agradecimento a essas pessoas.

Aos nossos orientadores de projeto, a Professora Doutora Ângela Oliveira e Professor Doutor Filipe Fidalgo e, pelo apoio dado durante o desenvolvimento, opiniões e críticas construtivas que foram uma enorme ajuda.

Aos nossos familiares e amigos, pelo magnífico apoio e incentivo.

Resumo

Este projeto, desenvolvido no âmbito da unidade curricular Projeto I da licenciatura em Informática e Multimédia, descreve o ponto de partida conceptual do PowerSensation Games: um videojogo único, será desenvolvido em Unity, que integra mecânicas inspiradas em modalidades desportivas e assenta num princípio nuclear de redundância sensorial em software com camadas opcionais e ativáveis em tempo real de feedback visual, sonoro e tátil/háptico, sem recurso a hardware especializado.

A fundamentação resulta de uma revisão sistemática da literatura segundo o protocolo PRISMA, com pesquisa nas bases IEEE Xplore e Scopus. De 134 registos identificados, 23 passaram a triagem por título e abstract, e 15 foram retidos após leitura integral e aplicação de critérios de elegibilidade centrados na implementação concreta, avaliação empírica, viabilidade software-only e foco em acessibilidade sensorial. A análise destes 15 estudos sustenta as decisões de design relativas a esquemas de controlo simplificados, descrição áudio, compensação visual da informação sonora, frameworks de design e arquitetura modular de acessibilidade.

Palavras-chave

Acessibilidade em videojogos; Redundância sensorial; Feedback háptico; Descrição áudio; Design inclusivo; PRISMA; Unity.

Abstract

This project, developed within the Project I course of the Computer Science and Multimedia degree, describes the conceptual starting point of PowerSensation Games: a single video game built in Unity that integrates mechanics inspired by different sports and is grounded on software-based sensory redundancy with optional, runtime-toggleable layers of visual, auditory and haptic feedback with no reliance on specialized hardware.

The rationale is grounded on a PRISMA systematic review across IEEE Xplore and Scopus (2021–2026). From 134 records, 23 passed title/abstract screening and 15 were retained after full-text eligibility assessment focused on concrete implementation, empirical evaluation, software-only feasibility and sensory-accessibility focus. The 15 studies underpin design decisions concerning simplified controls, audio description, visual compensation of auditory information, design frameworks and modular accessibility architecture.

Keywords

Video game accessibility; Sensory redundancy; Haptic feedback; Audio description; Inclusive design; PRISMA; Unity.

Índice

1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Cronograma	2
1.4. Estrutura do relatório	3
2. Análise de Estudos Relacionados	4
2.1. Questões de Pesquisa.....	4
2.2. Critérios de Inclusão, Exclusão e Elegibilidade.....	4
2.3. Resultados	5
2.4. Extração e Análise de Dados.....	6
2.5. Discussão.....	12
2.6 Conclusão	17
3. Conceito e Pré-produção	18
3.1. Metodologia.....	18
3.2. Análise e Planeamento.....	18
3.2.1 Conceito	18
3.2.2 Funcionalidades	19
3.2.3. Requisitos.....	19
3.2.4. Análise de jogos existentes	20
3.3. Design	22
3.3.1 Ecrãs do Jogo	22
3.3.2. Design Visual e Pipeline de Criação Artística.....	24
3.3.3. Personagens.....	25
3.3.4. Mecânicas das modalidades.....	25
3.3.5. Progressão e Recompensas	29
3.3.6. Design de acessibilidade.....	29
3.4. Design Técnico.....	30
3.4.1. Motor de Jogo	30
3.4.2 Requisitos de Sistema.....	31
3.5. Conclusão	31

4. Conclusão e Trabalho Futuro	33
5. Bibliografia	34

Índice de Figuras

Figura 1 - Fluxograma PRISMA	5
Figura 2 – Distribuição dos estudos por tipo de deficiência	13
Figura 3 - Distribuição dos estudos por ano de publicação	14
Figura 4 - Número de estudos para cada RQ.....	15
Figura 5 - Wireframe Menu Inicial	23
Figura 6 - Wireframe Menu de Opções	23
Figura 7 - Wireframe Seleção de Personagem (Ciclista).....	24
Figura 8 - Wireframe de jogabilidade do Ciclismo	26
Figura 9 - Wireframe de jogabilidade do Voleibol	28

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Cronograma de Atividades	2
Tabela 2 - Síntese dos 15 estudos retidos referentes à extração e análise de dados.	6
Tabela 3 - Funcionalidades de acessibilidade dos jogos analisados	21
Tabela 4 - Software de desenvolvimento e requisitos de execução	31

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

ATMSG – Activity Theory-Based Model of Serious Games

CVD – Color Vision Deficiency

CVI – Cerebral Visual Impairment

DHH – Deaf and Hard of Hearing

DPE – Design-Play-Experience

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

IPCB – Instituto Politécnico de Castelo Branco

NV-SDH – Nonverbal Subtitles for Deaf and Hard of Hearing

PRISMA – Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

RQ – Research Question

SUS – System Usability Scale

TTS – Text-to-Speech

UDL – Universal Design for Learning

UI – User Interface

UX – User Experience

WHO – World Health Organization

XP – Experience Points

1. Introdução

Neste capítulo será feita o enquadramento do tema, bem como os objetivos e o planeamento. Para além disso será também apresentada a estrutura do relatório.

1.1. Enquadramento

De acordo com a OMS, mais de 2,2 mil milhões de pessoas vivem com algum grau de deficiência visual e mais de 1,5 mil milhões apresentam perda auditiva [1], [2]. Os videojogos são hoje uma das formas de entretenimento e de participação cultural e social mais presentes a nível mundial [3], pelo que a impossibilidade de aceder a eles representa, para esta população, uma forma concreta de exclusão digital e social, e não apenas a perda de um passatempo.

Apesar desta prevalência, a indústria dos videojogos continua a desenhar a maioria dos seus produtos partindo do pressuposto de que o jogador dispõe de visão e audição plenamente funcionais, traduzindo-se em barreiras significativas ao entretenimento digital [4], [5]. Um estudo recente sobre os 30 jogos mais jogados mostra que, mesmo entre títulos comerciais de grande sucesso, a adoção de funcionalidades básicas de acessibilidade permanece incompleta e fragmentada [4].

Existem já tentativas de responder a este problema, mas a generalidade segue caminhos com limitações claras. Muitas soluções dependem de *hardware* especializado ou periféricos adaptativos que, sendo eficazes, são dispendiosos e de difícil acesso, separando o jogador com deficiência de uma experiência comum [6]. Outras consistem em jogos concebidos exclusivamente para um tipo de deficiência, como *audio games* dirigidos a pessoas cegas, que alcançam acessibilidade, mas à custa da componente lúdica ou criando uma divisão entre uma versão "acessível" e a versão "normal" do produto [6], [7]. Em qualquer dos casos, a acessibilidade tende a ser tratada como funcionalidade secundária e não como requisito de base.

Reconhecendo esta lacuna, o presente projeto propõe o desenvolvimento de um videojogo verdadeiramente lúdico em que a inclusão é tratada como requisito de primeira ordem. Diferentemente das abordagens anteriores, opta-se por uma estratégia baseada em *software*, na qual a acessibilidade emerge da redundância sensorial entre os canais visual, sonoro e háptico, recorrendo também às capacidades de *hardware* genérico e especializado ao alcance do jogador.

O conceito central que sustenta esta proposta é a redundância sensorial: a informação crítica de jogo (posição, temporização, ritmo, resultado de uma ação) é representada em simultâneo em mais do que um canal sensorial, garantindo que nenhuma informação essencial depende exclusivamente de um único sentido. Além disso, é modular e ativável em tempo real, permitindo que um mesmo produto se adapte a diferentes perfis de jogador sem

se fragmentar em versões distintas. Esta é a abordagem que orienta os objetivos enunciados na secção seguinte.

1.2. Objetivos

O objetivo geral deste projeto é estudar as técnicas de acessibilidade existentes em videojogos e, com base nesse estudo, conceber o design de um jogo lúdico e inclusivo, desenvolvido em Unity, assente na redundância sensorial entre os canais visual, sonoro e háptico. Para alcançar este objetivo geral, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- Conduzir uma revisão sistemática PRISMA [8] focada em técnicas de acessibilidade para videojogos lúdicos;
- Sistematizar estratégias de design, descrição áudio, compensação visual, controlos simplificados e *frameworks* de referência;
- Definir uma arquitetura modular de acessibilidade, ativável em tempo real através de *Quick Toggles*;
- Elaborar o design e o protótipo conceptual do jogo: seleção do motor, prototipagem, componentes artísticos e sistema de progressão;
- Aplicar princípios de design colaborativo e centrado no utilizador na conceção das mecânicas e das soluções de acessibilidade [6], [9], [10].

1.3. Cronograma

Presente na Tabela 1 estão elencadas as atividades e quando as mesmas foram desenvolvidas ao longo deste projeto.

Tabela 1 – Cronograma de Atividades

Atividade	Set 2025	Out 2025	Nov 2025	Dez 2025	Jan 2026	Fev 2026
Análise e Planeamento	X	X				
Pesquisa de Estudos		X	X			
Seleção e Análise			X	X		
Ideação e Conceito			X	X	X	

Atividade	Set 2025	Out 2025	Nov 2025	Dez 2025	Jan 2026	Fev 2026
Pré-produção				X	X	
Relatório				X	X	X

1.4. Estrutura do relatório

O presente relatório encontra-se organizado em cinco capítulos. O primeiro capítulo, Introdução, apresenta o enquadramento do tema, os objetivos gerais e específicos, o cronograma do projeto e a descrição da estrutura do documento.

O segundo capítulo, Análise de Estudos Relacionados, descreve a revisão sistemática da literatura conduzida segundo o protocolo PRISMA, incluindo as questões de pesquisa, os critérios de elegibilidade, os resultados obtidos, a extração e análise dos dados e a discussão organizada pelas cinco questões de pesquisa.

O terceiro capítulo, Jogos Relacionados, posiciona o projeto face aos jogos acessíveis existentes, tanto no domínio da investigação como no mercado comercial.

O quarto capítulo, Conceito e Pré-produção, apresenta a metodologia de desenvolvimento adotada e detalha o conceito do jogo, a seleção técnica, a arquitetura modular de acessibilidade, a interface e as modalidades desportivas.

Por fim, o quinto capítulo reúne as referências bibliográficas que sustentam o trabalho.

2. Análise de Estudos Relacionados

Este capítulo apresenta a revisão sistemática da literatura segundo o protocolo PRISMA [8], com as questões de pesquisa, critérios de inclusão e exclusão, resultados quantitativos, extração de dados e discussão estruturada.

2.1. Questões de Pesquisa

RQ1: Que estratégias de design são adotadas para tornar videogames acessíveis a jogadores com deficiência visual e/ou auditiva?

RQ2: Como é implementada a descrição áudio e demais soluções sonoras (TTS, sonificação, áudio espacial) em videogames acessíveis?

RQ3: Que elementos visuais (legendas, ícones, contraste, cor) são utilizados para compensar a perda auditiva ou apoiar jogadores com baixa visão?

RQ4: Que esquemas de controlo simplificados são propostos para reduzir barreiras motoras e perceptivas?

RQ5: Que *frameworks*, modelos ou diretrizes de design existentes orientam o desenvolvimento de jogos acessíveis?

2.2. Critérios de Inclusão, Exclusão e Elegibilidade

Para a recolha dos artigos, recorreu-se às bases IEEE Xplore [11] e Scopus [12]. Critérios de inclusão: artigos científicos com *peer-review*, publicados entre 2021 e 2026, focados em videogames lúdicos ou *serious games* com componente lúdica, dirigidos a jogadores com deficiência visual e/ou auditiva.

Search Key:

("video games" OR "digital games" OR "serious games" OR "exergames") AND ("accessibility" OR "visual impairment" OR "blindness" OR "hearing loss" OR "deafness" OR "audio description" OR "visual cues") AND ("design guidelines" OR "design patterns" OR "mechanics" OR "user interface" OR "usability")

Critérios de exclusão (triagem por título/*abstract*): IA generativa; *hardware* específico/inacessível; foco exclusivo em reabilitação clínica; *mobile-only*; *serious games* não-lúdicos; deficiência exclusivamente não-sensorial; formato analógico ou ferramenta software.

Critérios de elegibilidade (leitura integral dos 23 artigos aprovados na triagem): (1) implementação concreta descrita; (2) avaliação empírica (mesmo que piloto); (3) técnicas implementáveis apenas com software; (4) pelo menos uma técnica transponível a mecânicas desportivas; (5) foco em acessibilidade sensorial (visual/auditiva); (6) resposta a pelo menos uma das 5 RQs.

2.3. Resultados

Pode observar-se na Figura 1 que a pesquisa identificou 134 registos (62 Scopus + 72 IEEE Xplore). Após triagem por título e *abstract* com os critérios de exclusão, 111 foram removidos e 23 passaram à fase de leitura integral. Na fase de elegibilidade, aplicaram-se os 6 critérios acima aos 23 artigos completos, resultando na exclusão de mais 8 estudos: 2 por foco exclusivo em reabilitação clínica, 2 por dependência de hardware específico, 1 por ser protocolo sem implementação, 1 por ser ensaio teórico sem implementação nem avaliação, 1 por não abordar acessibilidade para surdos, mas sim ensino de LIBRAS a ouvintes, e 1 por combinar hardware tangível com foco em deficiência não-sensorial. Foram assim retidos 15 estudos finais para análise.

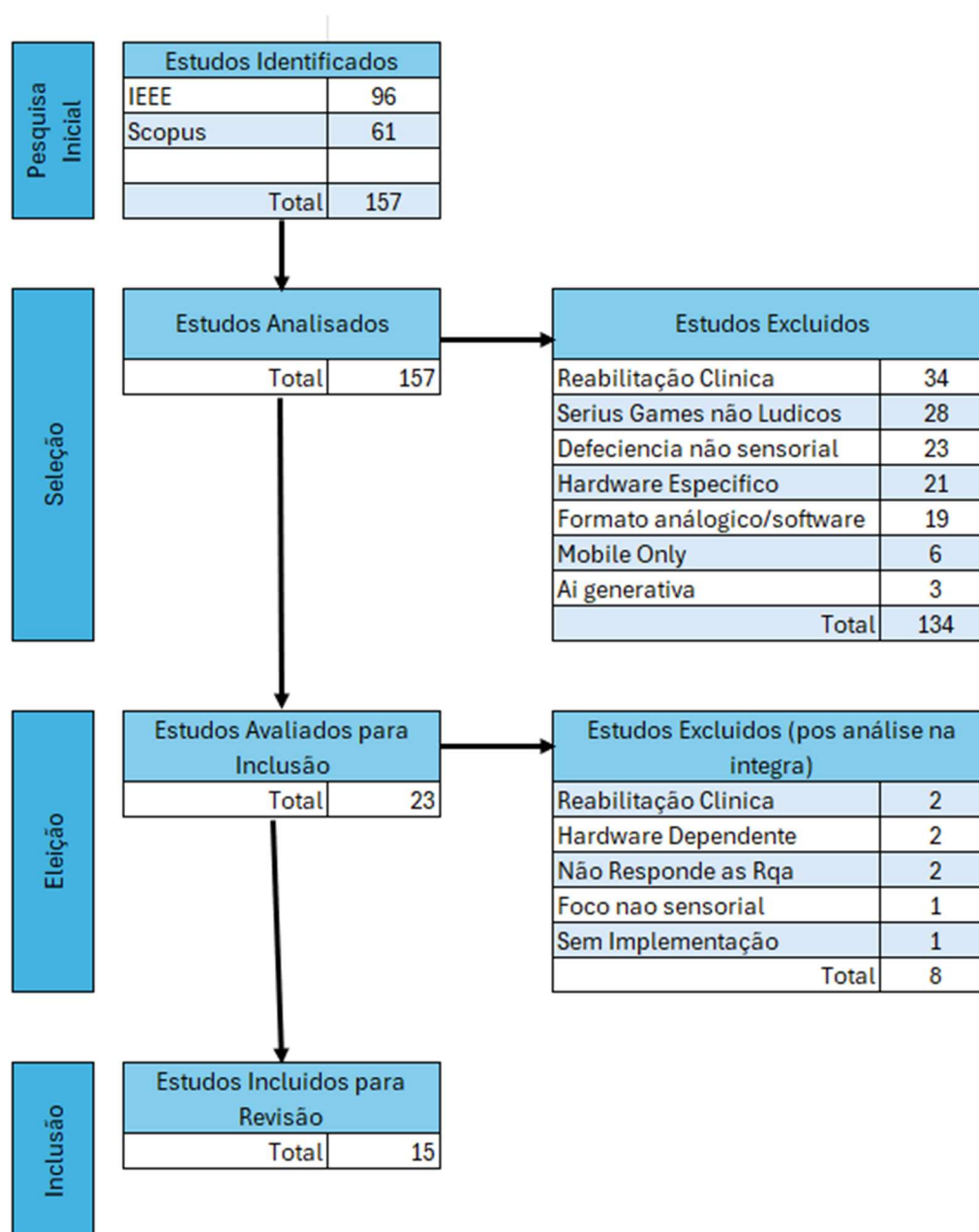


Figura 1 - Fluxograma PRISMA

2.4. Extração e Análise de Dados

Na Tabela 2 está presente uma síntese dos quinze estudos resultantes da seleção final, de modo a permitir uma visão comparativa antes da sua descrição individual. Cada linha corresponde a um estudo e está organizada em cinco colunas. A coluna Estudo identifica o trabalho através dos seus autores e a sua respetiva referência. A coluna Tipo indica a natureza metodológica do estudo, isto é, o tipo de investigação que foi realizada. Entre os tipos presentes encontram-se: a análise de conteúdo, que examina sistematicamente um conjunto de jogos ou materiais existentes para identificar a presença de determinadas características; a proposta de modelo ou *framework*, que define um conjunto estruturado de princípios ou diretrizes de design; o estudo de usabilidade, que avalia, com utilizadores, a facilidade de uso e a experiência proporcionada por um jogo ou protótipo; o estudo experimental, que compara condições ou grupos de forma controlada para medir o efeito de uma variável; e a investigação-ação, em que o desenvolvimento e a avaliação decorrem em ciclos iterativos com a participação direta dos utilizadores. A coluna Foco especifica o tipo de deficiência ou o público-alvo a que o estudo se dirige, como a cegueira, a baixa visão, a deficiência da visão cromática ou a deficiência auditiva. A coluna Contributo-chave resume o principal contributo do estudo para este projeto, isto é, a técnica, o modelo ou o resultado mais relevante que dele se retira. Por fim, a coluna RQ identifica quais das cinco questões de pesquisa o estudo ajuda a responder.

Tabela 2 - Síntese dos 15 estudos retidos referentes à extração e análise de dados.

Estudo	Tipo	Foco	Contributo-chave	RQs
[4] Trick et al., 2026	Análise de conteúdo	Múltipla (V+A+M)	Benchmark de 30 jogos AAA	RQ1, RQ3, RQ5
[13] Othman et al., 2023 (Modelo)	Framework/modelo	Baixa visão	Modelo de 3 componentes (19 elementos)	RQ1, RQ2, RQ5
[14] Othman et al., 2023 (Usabilidade)	Estudo de usabilidade	Baixa visão	Validação empírica do modelo	RQ1, RQ5

Estudo	Tipo	Foco	Contributo-chave	RQs
[15] Kobayashi et al., 2026 (BlindFun)	Design iterativo + playtest	Cegueira	Shooter 2D com spatial audio + TTS	RQ1, RQ2, RQ4
[16] Chen et al., 2026 (BlindDefender)	Design + playtest	Def. visual	Jogo educacional com UDL	RQ1, RQ2, RQ4, RQ5
[7] Kumar et al., 2024 (BlindBattle)	Design + estudo	Cegueira	Tic-tac-toe binaural + tátil	RQ1, RQ2, RQ4
[17] Uke et al., 2025 (AI Voice Sudoku)	Design + usabilidade	Def. visual	Controlo 100% por voz + TTS	RQ2, RQ4
[18] Anuar et al., 2025	Estudo experimental	CVD (daltonismo)	GUESS-18; formas+contraste	RQ1
[19] Al-Batineh, 2025	Análise de corpus	d/DHH	Framework NV-SDH (2 categorias)	RQ3, RQ5
[9] Ben Itzhak et al., 2023	Usabilidade + UX	CVI	9 design implications + 5 UX	RQ1, RQ4, RQ5
[20] Huang et al., 2026	Design + piloto	Idosos c/ baixa visão	Haptic DPE; SUS=89.5	RQ1, RQ4, RQ5
[6] Savaglio et al., 2025 (Foodbot)	Redesign + usabilidade	Def. visual	Conversão a audio game	RQ1, RQ2, RQ4, RQ5
[21] Villalba et al., 2025 (Eyeland)	Action research	Def. visual	Multissensorial (A+T+V)	RQ1, RQ2, RQ3
[5] Larreina-Morales & Gunella, 2025	Análise mista	Múltipla	Checklist de 30+ features	RQ1, RQ3, RQ5

Estudo	Tipo	Foco	Contributo-chave	RQs
[10] Oliveira et al., 2021	Design + usabilidade	Visual + Auditiva	Think-Aloud; cobre 5 RQs	TODAS

Apresenta-se em seguida uma descrição individual de cada um dos quinze estudos retidos, com foco nas técnicas de acessibilidade propostas e no respetivo contributo para as questões de pesquisa.

Trick et al.[4] realizam uma análise de conteúdo das funcionalidades básicas de acessibilidade presentes nos trinta jogos mais jogados na plataforma Steam [22], abrangendo as dimensões visual, auditiva e motora. Cada jogo foi pontuado por categoria numa escala de um a quatro (desde “não implementada” até “totalmente implementada”), abrangendo funcionalidades como a fala, visão, audição, controlo motor e acessibilidade geral. Os resultados situaram-se entre 1,9 e 3,7, sendo o Age of Empires II: Definitive Edition o título mais acessível e o Football Manager 2022 o menos acessível; transversalmente, as funcionalidades de fala e de audição foram as mais bem implementadas e o controlo de feedback háptico a funcionalidade menos presente em toda a amostra. O estudo constitui um *benchmark* (uma referência comparativa que permite medir o estado de um domínio face a um conjunto de critérios) do estado da indústria, demonstrando que mesmo em títulos comerciais de grande sucesso apresentam uma cobertura incompleta e fragmentada de opções como remapeamento de controlos, legendas e ajustes de contraste.

Othman et al.[13] propõem um modelo de design de *serious games* para crianças com baixa visão, estruturado em três componentes, acessibilidade, design de jogo e pedagogia, implementado e testado através de um protótipo de baixa fidelidade. A componente de acessibilidade traduz-se em elementos concretos e parametrizáveis: um design de ecrã simples que reduza a carga cognitiva; uma navegação com menus simples e um botão de áudio; um movimento dos objetos mais lento, ajustável e mantido na mesma direção; conteúdos multimédia em que todas as instruções, diálogos e menus são acompanhados por um áudio claro, que reproduz apenas um som de cada vez (porque uma criança com baixa visão só consegue focar-se num som) e também permitindo que se repita a tarefa; uma fonte de tamanho igual ou superior a 18 pontos com serifa; alto contraste entre fontes, gráficos e fundo, com gráficos de maiores dimensões; linguagem simples; e interação simples entre a criança e o jogo. A estas juntam-se os elementos de design de jogo (desafio, fantasia, regras, objetivo e recompensa) e os elementos pedagógicos (objetivo de aprendizagem, teoria de aprendizagem e conteúdos de aprendizagem). Trata-se de um dos quadros de referência mais completos identificados, articulando recomendações visuais, sonoras e de jogabilidade.

Neste segundo trabalho de Othman et al. [14] é testada a usabilidade do modelo proposto em Othman et al. [13], com recurso a um protótipo de *serious game* com três níveis

de tarefas matemáticas. A avaliação aplicou os elementos de acessibilidade definidos no modelo, como o design de ecrã (botões e menus), a navegação e os conteúdos multimédia, e recorreu à técnica de observação para analisar a interação, com as instruções de cada tarefa acompanhadas de áudio de fundo. O estudo obteve uma pontuação geral de usabilidade considerada boa, que valida empiricamente a aplicabilidade do modelo junto de crianças com baixa visão.

Kobayashi et al.[15] apresentam o BlindFun, um *shooter* 2D acessível a jogadores cegos. O jogo integra áudio espacial para as mecânicas de combate e de navegação, através de pistas sonoras situacionais e conversão de texto em fala (TTS), que substituem integralmente a informação visual por informação sonora. O desenvolvimento seguiu uma abordagem de design iterativo, com a criação de três *builds* distintas, cada uma testada em três sessões estruturadas de *playtest* com participantes cegos e sem problemas visuais. A primeira sessão avaliou o fluxo geral do jogo e identificou problemas de jogabilidade, a segunda incidiu sobre as melhorias de envolvimento, e a terceira recolheu feedback qualitativo e quantitativo para comparar o nível de acessibilidade entre *builds*. Os resultados revelaram melhor orientação e maior participação por parte dos jogadores com deficiência visual.

Chen et al.[16] desenvolvem o BlindDefender, um jogo educacional bidimensional dirigido a jogadores com deficiência visual, concebido segundo o *Universal Design for Learning* (UDL). O UDL é um quadro de referência que propõe oferecer múltiplos meios de representação da informação, de ação e de envolvimento, de modo a acomodar a diversidade de capacidades dos utilizadores. Em coerência com este princípio, o jogo apresenta a informação essencial de forma redundante, ao combinar instruções faladas e pistas de áudio espacial em paralelo com os elementos visuais, de maneira que o mesmo conteúdo esteja disponível tanto pela via auditiva como pela via visual. A experiência foi pensada para estimular a consciência espacial, a capacidade de escuta e a capacidade de decisão do jogador.

Kumar et al.[7] propõem o BlindBattle, uma adaptação do jogo do galo (Tic-Tac-Toe) para jogadores cegos, atualizada com tecnologia binaural. A audição binaural é a técnica que reproduz o som tal como é percebido pelos dois ouvidos, permitindo ao ouvinte localizar a sua localização no espaço, se está à esquerda ou à direita ou se está mais perto ou mais longe, quando se utilizam auscultadores. No BlindBattle, esta tecnologia permite localizar cada uma das nove células do tabuleiro através do som, e a interação é assegurada por controlos de toque muito simples, um toque e um duplo toque, apoiados por instruções vocais básicas e por feedback tátil que confirma cada ação. O estudo demonstra que esquemas de controlo reduzidos são suficientes, desde que reforçados por pistas sonoras e por resposta tátil.

Uke et al.[17] desenvolvem o AI Voice Sudoku, um Sudoku baseado na web jogado inteiramente através de comandos de voz, dirigido a pessoas com deficiência visual. O sistema combina três tecnologias: o reconhecimento de fala, que interpreta os comandos do

jogador; a compreensão de linguagem natural, que extrai o significado desses comandos; e a conversão de texto em fala (TTS), que comunica de volta ao jogador o estado do jogo. A solução foi implementada com recurso a ferramentas Python (as bibliotecas *speech_recognition* e *pyttsx3*) sobre uma aplicação Next.js, e elimina por completo a necessidade de coordenação motora, ao transferir toda a interação para o canal sonoro.

Anuar et al.[18] conduzem um estudo experimental sobre o efeito da deficiência da visão cromática (CVD), vulgarmente conhecida por daltonismo, no desempenho e na satisfação de jogo. Participaram trinta jogadores, divididos em partes iguais entre indivíduos daltónicos e não daltónicos, que jogaram dois jogos sob condições distintas, um sem adaptações e outro com adaptações visuais. A experiência foi avaliada através da escala *GUESS-18 (Game User Experience Satisfaction Scale)*, um instrumento validado de dezoito itens organizado em nove construtos, dos quais o estudo analisou dois, a usabilidade/jogabilidade e a diversão, por serem os mais relevantes para medir a experiência no modo acessível. Esta avaliação foi complementada pela análise das pontuações obtidas, dos tempos de conclusão e das classificações de satisfação. Os resultados demonstram que o recurso a formas distintas, a linhas mais espessas nas ilustrações e a contrastes de cor elevados reduz significativamente a diferença de desempenho e de satisfação entre jogadores daltónicos e não daltónicos, o que confirma que a informação não deve depender exclusivamente da cor.

Al-Batineh[19] realiza um estudo multimodal sobre as legendas não-verbais destinadas a jogadores surdos e com perda auditiva (NV-SDH), isto é, as legendas que descrevem os sons que não são somente a fala, como efeitos sonoros, música ou ruídos do ambiente. O estudo parte da localização árabe do jogo *Shadow of the Tomb Raider*, a partir da qual foi construído um *corpus* bilingue de gravações de ecrã, aplicando etiquetas e classificações no software de análise qualitativa NVivo. Esta análise revelou que as NV-SDH são utilizadas sobretudo durante o decorrer do jogo (*gameplay*) e muito pouco nas cenas cinematográficas (*cutscenes*) e na interface. Com base nestes dados, o autor propõe um *framework* de localização das NV-SDH organizado em função do seu propósito, que as categoriza em dois tipos: as baseadas em imersão, que reforçam a experiência ao reproduzir os sons do ambiente, e as baseadas em ação, que comunicam informação necessária à decisão e à jogabilidade.

Ben Itzhak et al.[9] avaliam, num estudo-piloto, a usabilidade e a experiência de utilizador num jogo terapêutico individualizado e adaptativo para crianças com deficiência visual de origem cerebral (CVI). A CVI distingue-se das restantes deficiências visuais por a limitação resultar do processamento da informação visual pelo cérebro, e não de uma lesão no olho. No estudo participaram crianças com idade de desenvolvimento entre os três e os doze anos, ao longo de três sessões, e a experiência foi medida através de métodos adequados a crianças: o método *This-or-That*, que apresenta escolhas entre duas opções; a técnica de *laddering*, que procura as razões por detrás de preferências; e uma *Relative Enjoyment Scale* adaptada, estes são complementados pela análise dos dados de registo de

jogo. Do estudo resultam nove implicações de design de usabilidade, como evitar sequências de ação múltiplas e manter consistência visual, e cinco implicações de experiência de utilizador, estas últimas fundamentadas na teoria do *flow*, que descreve o estado de envolvimento ótimo que resulta do equilíbrio entre o desafio proposto e a capacidade do jogador.

Huang et al.[20] apresentam um *serious game* háptico, ou seja, um jogo onde a informação é comunicada ao jogador através do sentido do tato sob a forma de vibração, para a estimulação cognitiva e a mitigação dos efeitos da deficiência visual em idosos. O jogo está estruturado segundo o *framework Design-Play-Experience* (DPE) e foi avaliado através de um estudo transversal de método misto. O DPE é um modelo de design de jogos que articula as decisões do criador, organizadas em camadas (aprendizagem, narrativa, jogabilidade e experiência de utilizador), com a experiência efetivamente vivida pelo jogador. Em vez de depender de interfaces visuais, frequentemente inadequadas a este público, o jogo recorre ao motor de vibração do telemóvel como canal háptico principal, e baseia-se num mapeamento temporal de padrões de vibração que comunicam a informação de jogo ao longo do tempo. O protótipo obteve uma pontuação de 89,5 em 100 na escala de usabilidade *System Usability Scale* (SUS), um valor considerado muito elevado.

Savaglio et al.[6] redesenham parcialmente um *serious game* de educação nutricional já existente, o Foodbot Factory, dirigido a alunos do 4.º ao 6.º ano, e convertem-no num áudio game funcional para jogadores com deficiência visual. Um áudio game é um jogo em que toda a informação é transmitida pelo som, dispensando a componente visual. A adaptação assenta na navegação por teclado com menus lineares e na sistematização do padrão de informação e de controlo próprio presente nos áudio games, e a usabilidade da versão acessível foi avaliada com utilizadores. O estudo alerta ainda para o risco de se criar um sistema de dois níveis (*two-tier system*), ou seja, a coexistência de uma versão comum e de uma versão acessível do mesmo produto, o que acaba por separar os jogadores em vez de os integrar numa experiência única.

Villalba et al.[21] exploram o Eyeland, um *serious game* onde se realiza tarefas para o ensino do inglês como língua estrangeira a estudantes com e sem deficiência visual numa escola pública na Colômbia. Como método de análise, os autores recorrem à teoria da atividade e ao modelo dela derivado, o *Activity Theory-Based Model of Serious Games* (ATMSG), que permite descrever de forma sistemática as atividades de um *serious game* e relacioná-las com os objetivos de aprendizagem. A aplicação apoia-se em funcionalidades multissensoriais que combinam os canais auditivo, tátil e visual: o canal auditivo, o mais desenvolvido, assenta na navegação por voz, nas instruções em áudio e na gravação de notas de voz pelos próprios alunos; o canal tátil é assegurado por interfaces baseadas no toque; e o canal visual mantém-se disponível para os estudantes sem problemas de visão. O impacto da aplicação foi medido através de testes de inglês aplicados antes e depois da sua utilização, a doze alunos, quatro com baixa visão e oito sem problemas de visão, em cinco competências: oralidade, vocabulário, compreensão oral, leitura e escrita. Os resultados

mostraram melhorias em ambos os grupos na generalidade das competências, com o maior ganho na oralidade e o menor na leitura, e o feedback dos estudantes com deficiência visual foi globalmente muito positivo. O estudo conclui que a articulação entre acessibilidade, gamificação e aprendizagem móvel reforça a inclusão na sala de aula.

Larreina-Morales e Gunella[5] realizam uma análise mista da acessibilidade presente em três videojogos de temática ambiental, *Plasticity*, *Alba: A Wildlife Adventure* e *The Sims 4: Eco Lifestyle*. Para o efeito, recorrem a uma ferramenta que combina uma vertente quantitativa, sob a forma de uma *checklist* de funcionalidades de acessibilidade, com uma vertente qualitativa, baseada na avaliação por parte de utilizadores. Os resultados mostram que, apesar de os três jogos partilharem mecânicas de exploração de ritmo lento, falta um foco específico em acessibilidade, sobretudo visual, ainda que com níveis muito distintos entre si: o *Plasticity* revela-se largamente inacessível, pois apenas permite ajustar o brilho e o contraste do ecrã, não é compatível com leitor de ecrã, não deixa alterar o tipo ou o tamanho do texto e não oferece qualquer forma de transmitir a informação visual através do som; o *Alba* situa-se num nível intermédio, ao cumprir catorze das vinte e oito funcionalidades consideradas relevantes; e o *The Sims 4: Eco Lifestyle* é o mais acessível dos três, ao incluir legendas, alto contraste e pontos de gravação. A principal lacuna identificada reside, assim, na ausência de mecanismos que tornem a informação visual acessível por outros canais, como o leitor de ecrã, sinais sonoros adicionais, o alto contraste ou a personalização do texto, o que exclui sobretudo os jogadores com deficiência visual.

Oliveira et al.[10] desenvolvem e avaliam a usabilidade e a acessibilidade de um jogo educacional digital para pessoas com deficiência visual. A avaliação foi conduzida através de um protocolo adaptado, baseado no *Think-Aloud Protocol*, um método de usabilidade em que o utilizador verbaliza em voz alta o que pensa enquanto utiliza o sistema, com três jogadores com deficiência visual, e identificou desafios relacionados com os recursos de áudio. O jogo integra sons binauriculares tridimensionais, leitor de ecrã e um glossário com descrições sonoras, padroniza as descrições de ecrã e garante feedback imediato, e cobre simultaneamente a acessibilidade visual e auditiva, o que o torna o estudo mais transversal do conjunto.

2.5. Discussão

Caracterizou-se o conjunto dos quinze estudos quanto ao tipo de deficiência abordada, à distribuição temporal e às questões de pesquisa a que respondem, de modo a enquadrar a análise apresentada nas secções seguintes.

Quanto ao tipo de deficiência, visível na Figura 2, verifica-se um claro predomínio da deficiência visual, abordada por onze dos quinze estudos, aqui considerada em sentido amplo de modo a abranger a cegueira, a baixa visão, a deficiência da visão cromática e a deficiência visual de origem cerebral. A deficiência auditiva é tratada de forma isolada por apenas um estudo, enquanto três estudos contemplam simultaneamente mais do que um tipo de deficiência. Este desequilíbrio evidencia que a investigação em acessibilidade tem privilegiado a deficiência visual, deixando a acessibilidade auditiva comparativamente menos explorada.

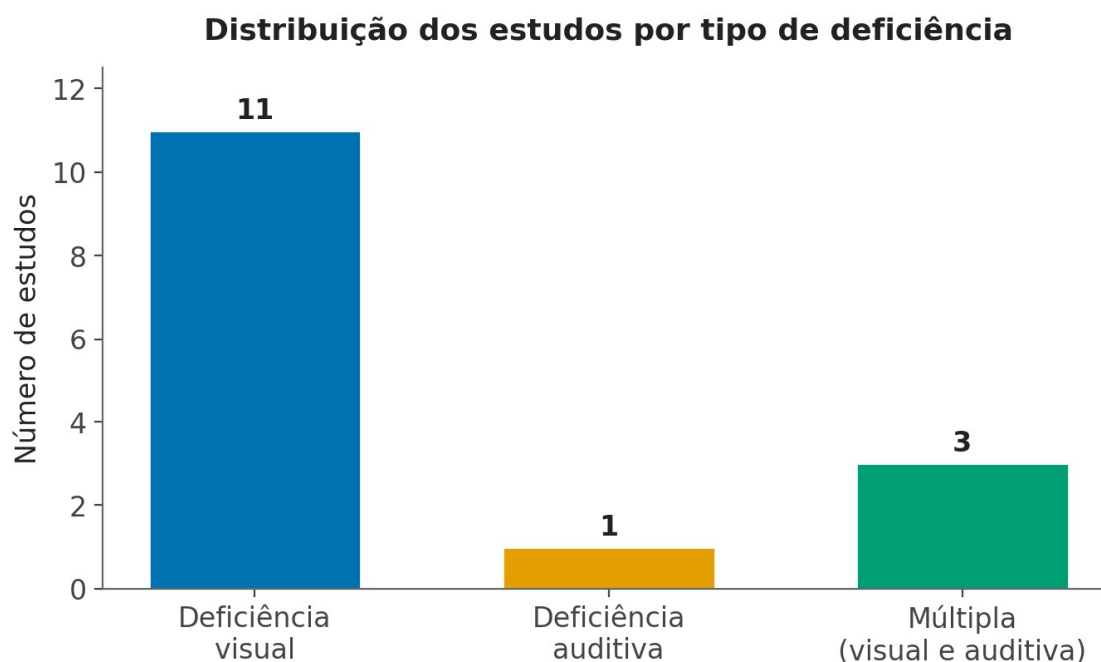


Figura 2 – Distribuição dos estudos por tipo de deficiência

Na Figura 3, a distribuição temporal permite-nos observar uma forte concentração nos anos mais recentes: dez dos quinze estudos foram publicados em 2025 e 2026. Esta concentração confirma a atualidade e a relevância crescente do tema, justificando a delimitação temporal da pesquisa ao período de 2021 a 2026 e assegurando que as decisões de design assentam em evidência recente.

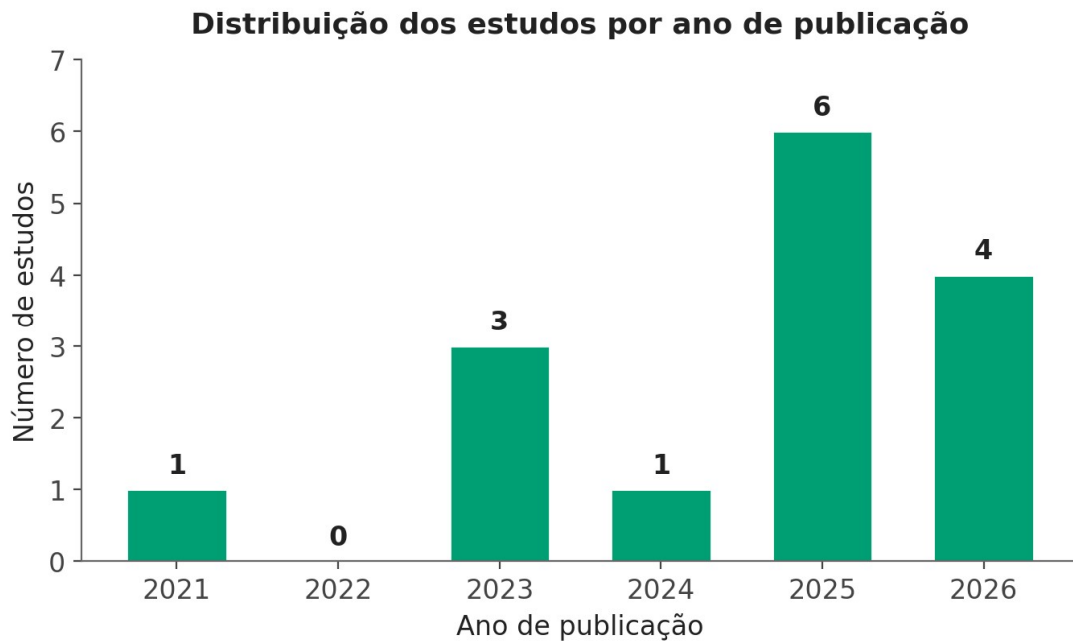


Figura 3 - Distribuição dos estudos por ano de publicação

Quanto às questões de pesquisa, podemos observar na Figura 4 que a RQ1, relativa às estratégias de design, é a mais abrangida, com treze estudos, seguida da RQ5, sobre *frameworks* e diretrizes, com dez. As RQ2 (soluções sonoras) e RQ4 (controles simplificados) são respondidas por oito estudos cada, ao passo que a RQ3, relativa à compensação visual e ao suporte a baixa visão, é a menos representada, com cinco estudos. Esta distribuição reflete a maturidade das estratégias gerais de design e dos quadros de referência na literatura, contrastando com uma cobertura mais reduzida das soluções específicas de compensação entre canais sensoriais.

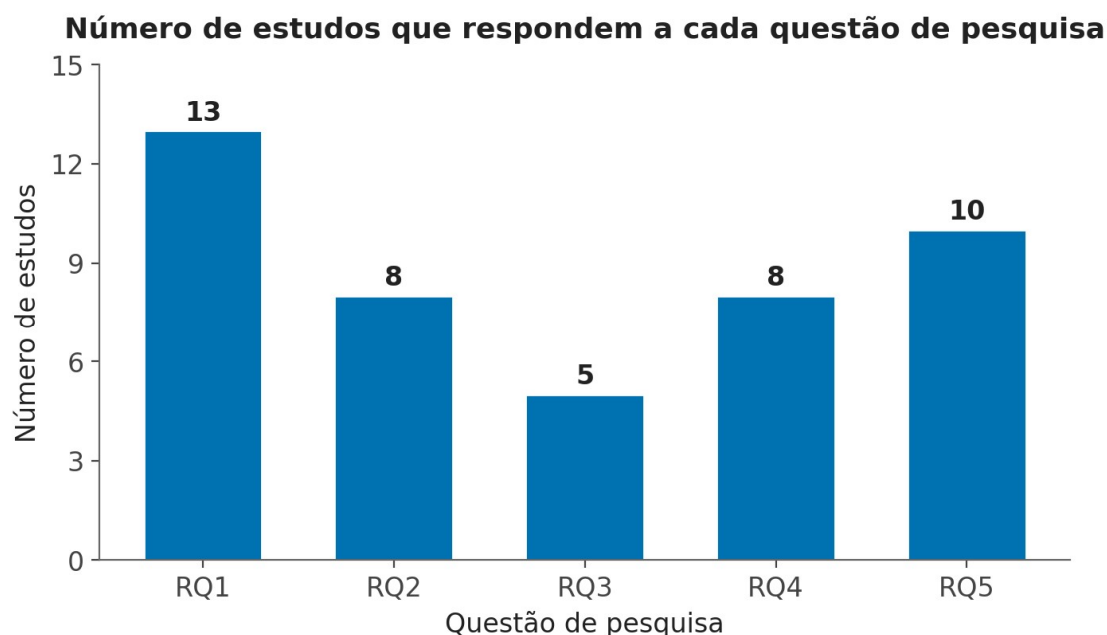


Figura 4 - Número de estudos para cada RQ

Relativamente à RQ1, sobre que estratégias de design são adotadas para tornar os videojogos acessíveis a jogadores com deficiência visual e/ou auditiva, destacam-se três grandes estratégias. A primeira, a redundância sensorial, duplica informação crítica em pelo menos dois canais. Em BlindFun [15], a informação visual é substituída por áudio espacial, TTS e pistas de combate sonoras. BlindDefender [16] usa instruções faladas e áudio espacial em paralelo com elementos visuais. A segunda é o design colaborativo com utilizadores com deficiência: Ben Itzhak et al. envolvem clínicos e crianças com CVI em ciclos iterativos [9]; Oliveira et al. validam um protótipo educativo com utilizadores cegos via *Think-Aloud* [10]; Villalba et al. apoiam-se em investigação-ação para integrar o *Eyeland* [21]. A terceira passa pela definição de funcionalidades básicas de acessibilidade: Trick et al. [4] e Larreina-Morales e Gunella [5] mostram que mesmo títulos populares apresentam cobertura incompleta de opções como remapeamento, legendas e ajuste de contraste. Conclui-se, assim, que um jogo acessível deve assentar a sua conceção na redundância sensorial, envolver utilizadores com deficiência ao longo do desenvolvimento e garantir, desde logo, um conjunto de funcionalidades básicas de acessibilidade.

No que respeita à RQ2, sobre como são implementadas a descrição áudio e as demais soluções sonoras (TTS, sonificação e áudio espacial) em videojogos acessíveis, verifica-se que estas combinam várias técnicas complementares. Em BlindFun [15], áudio dinâmico para combate e navegação combina pistas situacionais com TTS. BlindDefender [16] adiciona instruções faladas e áudio espacial direcional. BlindBattle [7] recorre à tecnologia biauricular para localizar cada célula do tabuleiro. Uke et al. [17] desenvolvem um Sudoku integralmente controlado por voz (*speech recognition* + NLP + TTS). Savaglio et al. [6] demonstram como converter um *serious game* existente num *audio game* funcional. Villalba et al. [21] combinam apoio auditivo, tátil e visual no *Eyeland*. Oliveira et al. [10] integram sons biauriculares 3D,

leitor de ecrã (biblioteca *Tolk*) e glossário com descrições sonoras. Conclui-se que um jogo acessível deve disponibilizar TTS configurável para menus e estados de jogo, áudio espacial ou binaural para comunicar posições e uma sonificação que associe um som distinto a cada tipo de evento.

Quanto à RQ3, sobre que elementos visuais (legendas, ícones, contraste e cor) são utilizados para compensar a perda auditiva ou apoiar jogadores com baixa visão, identificam-se soluções para os dois públicos. No apoio à perda auditiva, Al-Batineh [19] propõe um *framework* de duas categorias para legendas não-verbais (NV-SDH), imersivas vs. baseadas em ação, com análise multimodal em *NVivo*. Anuar et al. [18] demonstram que formas, linhas espessas e contraste elevado reduzem o *gap* entre jogadores com e sem CVD. Othman et al. propõem um modelo com 19 elementos parametrizáveis de contraste, tamanho e legibilidade [13], [14]. Oliveira et al. [10] recomendam padronização das descrições de ecrã, botões identificáveis e feedback imediato. Larreina-Morales e Gunella [5] mapeiam lacunas concretas nos jogos existentes (*subtitles*, *text customization*, *color options*). Conclui-se que um jogo acessível deve transpor a informação sonora para legendas tipificadas e indicadores visuais, oferecer alto contraste e redimensionamento da interface e do texto, e nunca fazer depender a informação exclusivamente da cor.

No que toca à RQ4, sobre que esquemas de controlo simplificados são propostos para reduzir as barreiras motoras e percetivas, os estudos convergem em soluções minimalistas. BlindBattle [7] mostra que um *click* simples e/ou *double-click* bastam, desde que apoiados por instruções vocais e *feedback* tátil. Uke et al. [17] eliminam toda a coordenação motora com controlo por voz. Huang et al. [20] usam o motor de vibração do smartphone como canal háptico, simplificando requisitos de *hardware*, e atingem *SUS* de 89,5/100 com idosos. Ben Itzhak et al. [9] recomendam evitar gestos com sequências múltiplas e operações que exijam motricidade fina. Savaglio et al. [6] redesenham controlos para navegação por teclado com menus lineares. Conclui-se que um jogo acessível deve basear-se em esquemas de controlo simples, com poucos botões, gestos ou comandos de voz, reforçados por pistas sonoras e por feedback tátil, e evitar exigências de motricidade fina.

Por fim, relativamente à RQ5, sobre que *frameworks*, modelos ou diretrizes de design existentes orientam o desenvolvimento de jogos acessíveis, a literatura disponibiliza vários quadros de referência. Othman et al. [13], [14] propõem um modelo de 3 componentes (acessibilidade, design de jogo, pedagogia) com 19 elementos concretos. Chen et al. [16] aplicam o UDL ao BlindDefender. Huang et al. [20] usam o *framework* DPE (*Design-Play-Experience*). Ben Itzhak et al. [9] derivam 9 implicações de usabilidade + 5 de UX baseadas em *flow theory*. Savaglio et al. [6] sistematizam o padrão *Gamer Information-Control* para *audio games*. Al-Batineh [19] propõe um *framework function-based* para-NV-SDH. Trick et al. [4] e Larreina-Morales e Gunella [5] medem a adesão da indústria às diretrizes existentes. Conclui-se que o desenvolvimento de um jogo acessível deve apoiar-se em quadros de referência consolidados, o UDL, o DPE e as *Game Accessibility Guidelines*, que estruturam e validam a aplicação das técnicas de acessibilidade.

2.6 Conclusão

A revisão sistemática conduzida segundo o protocolo PRISMA permitiu identificar, a partir de cento e trinta e quatro (134) registos iniciais, um conjunto de quinze estudos relevantes. A análise destes estudos respondeu às cinco questões de pesquisa formuladas e que sistematizaram o conhecimento sobre acessibilidade em videojogos permitindo retirar um conjunto de conclusões que orientam diretamente as decisões de design.

Da análise conclui-se que um videojogo acessível a jogadores com deficiência visual e auditiva deve considerar um conjunto de técnicas complementares. Em primeiro lugar, a redundância sensorial, a representação da mesma informação crítica em mais do que um canal, surge como a estratégia transversal à generalidade das soluções bem-sucedidas, de modo que nenhuma informação essencial dependa de um único sentido. No plano sonoro, devem ser consideradas a conversão de texto em fala (TTS) para narrar menus e estados de jogo, o áudio espacial ou binauricular para comunicar posições, e a sonificação, que atribui sons distintos a cada tipo de evento. No plano visual, a compensação para jogadores com baixa visão ou daltonismo passa pelo alto contraste, pelo redimensionamento do texto e da interface e pela não dependência exclusiva da cor, com recurso a formas e padrões; para jogadores com perda auditiva, a informação sonora deve ser transposta para legendas tipificadas e indicadores visuais. No plano dos controlos, conclui-se que esquemas simples, baseadas em poucos botões, gestos ou comandos de voz, são eficazes desde que reforçados por pistas sonoras e por feedback tátil. Por fim, o feedback háptico, através do motor de vibração, constitui um canal complementar acessível tanto a jogadores cegos como surdos.

A par destas técnicas, a literatura disponibiliza quadros de referência consolidados que estruturam a sua aplicação, como o modelo de design de Othman et al.[13], os princípios do *Universal Design for Learning*, o *framework Design-Play-Experience* e as implicações de usabilidade e de experiência de utilizador de Ben Itzhak et al.[9]

Por último, a evidência reunida demonstrou que a acessibilidade na indústria permanece incompleta e fragmentada e que a investigação tem privilegiado a deficiência visual em detrimento da auditiva. Conclui-se, assim, que um videojogo verdadeiramente inclusivo deve tratar ambas as deficiências de forma integrada e desde a fase de conceção, e não como uma funcionalidade acrescentada posteriormente.

3. Conceito e Pré-produção

Neste capítulo é apresentada a metodologia de desenvolvimento adotada e descrito o conceito do jogo, bem como o trabalho de pré-produção realizado. São abordadas a seleção das tecnologias, a prototipagem das interfaces, a arquitetura modular de acessibilidade e o design de cada modalidade desportiva, traduzindo em decisões concretas de implementação as conclusões retiradas da revisão de literatura.

3.1. Metodologia

A metodologia adotada no desenvolvimento do projeto corresponde ao modelo de projeto multimédia, que consiste em planejar, conceber, produzir e distribuir um produto multimédia interativo. A opção por esta metodologia justifica-se por proporcionar uma abordagem flexível e centrada no utilizador, ao organizar o trabalho em fases que podem ser revistas e ajustadas em paralelo com base no feedback recolhido, característica particularmente vantajosa num projeto cujo requisito central é a acessibilidade, e em que a validação junto de jogadores com deficiência é determinante [23].

O desenvolvimento de um projeto multimédia divide-se em cinco fases: análise e planeamento, design, produção, teste e validação, e distribuição e manutenção. Na fase de análise e planeamento define-se o propósito do projeto e descreve-se o comportamento pretendido para o jogo. Na fase de design são concebidos os storyboards e/ou os *wireframes* que representam a disposição das interfaces, define-se a navegação e a forma de interação do jogador e selecionam-se as ferramentas e tecnologias de desenvolvimento, bem como o design técnico da mesma. A fase de produção corresponde ao desenvolvimento do jogo, no termo do qual se realizam testes para verificar as suas funcionalidades e usabilidade. A fase de teste e validação recorre a utilizadores reais, incluindo jogadores com deficiência visual e/ou auditiva, para identificar falhas e oportunidades de melhoria, através de observação direta, feedback ou questionários, permitindo implementar correções com base nos resultados. Por fim, a fase de distribuição e manutenção consiste na disponibilização do jogo, na otimização do seu desempenho e no fornecimento de atualizações e suporte [23].

No âmbito do presente relatório são desenvolvidas as duas primeiras fases, análise e planeamento e design. As fases de produção, de teste e validação e de distribuição e manutenção serão desenvolvidas em Projeto II.

3.2. Análise e Planeamento

Nesta fase define-se o propósito do projeto e descreve-se o comportamento pretendido para o jogo. Apresentam-se o conceito, as funcionalidades e os requisitos do sistema, o cronograma de desenvolvimento das tarefas e a análise de jogos de referência já existentes, que servem de base às decisões de design tomadas nas fases seguintes.

3.2.1 Conceito

A ideia principal é um único videogame, PowerSensation Games, que integra várias mecânicas inspiradas em modalidades desportivas distintas, com forte foco na inclusão. O jogo opera como uma coleção de “mini-experiências” desportivas unificadas por uma camada comum de progressão e por uma arquitetura de acessibilidade consistente entre modalidades, uma abordagem que se aproxima da utilizada em produtos como o *Wii Sports*, mas onde a inclusão é elevada a requisito de primeira ordem e não a funcionalidade secundária.

Cada modalidade desportiva representa um padrão cognitivo e motor distinto, assegurando que o conjunto final demonstra como diferentes técnicas de acessibilidade da literatura se aplicam a contextos de interação variados. As mecânicas são deliberadamente simplificadas, com controlos intuitivos, dificuldade ajustável e opções de personalização adaptadas a cada jogador, conforme recomendado nos estudos de design colaborativo [6], [9], [10]. Os elementos críticos de jogo, força aplicada, temporização, posição relativa de objetos, ritmo e estado de progressão, são representados em paralelo nos canais visual, sonoro e háptico, garantindo redundância sensorial [7], [15], [16].

Para alcançar este objetivo, a acessibilidade é expandida sobretudo por via de software, com recurso aos próprios recursos do dispositivo do jogador, o ecrã, as colunas ou os auscultadores e o motor de vibração de um comando, de forma complementar, a hardware de apoio.

3.2.2 Funcionalidades

O PowerSensation Games reúne, num único jogo, várias modalidades desportivas simplificadas, nesta fase, o Ciclismo e o Voleibol, unificadas por uma camada comum de progressão e de recompensas e por uma arquitetura de acessibilidade consistente. O jogo disponibiliza um menu inicial, um menu de opções e um menu de seleção de personagem, todos navegáveis com apoio de narração por voz, e permite ao jogador escolher entre três personagens, cada uma com um modificador de jogabilidade próprio. Antes de cada modalidade, um tutorial introdutório apresenta as respetivas mecânicas, e cada partida termina com uma condição de vitória ou de derrota, o que lhe confere uma duração variável e um objetivo claro.

A acessibilidade constitui a funcionalidade central do jogo e assenta na redundância sensorial entre os canais visual, sonoro e háptico. Para esse efeito, o jogo oferece narração por voz (TTS), legendas de efeitos sonoros (NV-SDH), alto contraste, filtro de daltonismo, áudio espacial e feedback háptico. Todas estas funcionalidades podem ser ativadas ou desativadas individualmente e em tempo real, através de uma barra de *Quick Toggles*, o que permite que cada jogador adapte a experiência ao seu próprio perfil sensorial.

3.2.3. Requisitos

Os requisitos do sistema dividem-se em requisitos funcionais, que descrevem o que o jogo deve fazer, e requisitos não funcionais, que descrevem as suas qualidades.

Requisitos funcionais:

- RF1: O sistema deve permitir ao jogador navegar pelos menus com apoio de narração por voz.
- RF2: O sistema deve permitir ao jogador escolher entre as várias modalidades desportivas.
- RF3: O sistema deve permitir seleccionar uma de três personagens, cada uma com modificadores distintos.
- RF4: O sistema deve permitir ativar e desativar individualmente cada funcionalidade de acessibilidade, em tempo real, através dos *Quick Toggles*.
- RF5: O sistema deve comunicar a informação crítica de jogo em simultâneo nos canais visual, sonoro e háptico.
- RF6: O sistema deve ajustar a dificuldade ao longo da partida.
- RF7: O sistema deve registar e apresentar a progressão e as recompensas do jogador.
- RF8: O sistema deve apresentar um tutorial em cada modalidade.
- RF9: O sistema deve apresentar uma condição de vitória e de derrota.

Requisitos não funcionais:

- RNF1: Acessibilidade: o jogo deve ser utilizável por jogadores com deficiência visual e/ou auditiva, sem depender de um único canal sensorial.
- RNF2: Usabilidade: a interface deve ser simples e consistente entre modalidades.
- RNF3: Desempenho: o jogo deve responder às ações do jogador sem atrasos perceptíveis.
- RNF4: Portabilidade: o jogo deve funcionar com o hardware genérico do dispositivo, podendo ser complementado por hardware de apoio que enriqueça a experiência.

3.2.4. Análise de jogos existentes

Antes de definir o design do jogo a desenvolver, importa analisar soluções já disponíveis no mercado que se destaquem no mesmo género, de modo a identificar boas práticas de acessibilidade e a posicionar o projeto face ao que já existe. Ao contrário dos jogos analisados na revisão de literatura, na sua maioria protótipos académicos dirigidos a um único tipo de deficiência, os títulos aqui considerados são jogos de desporto comerciais, acessíveis ao público geral, o que os torna referências mais próximas do PowerSensation Games.

A seleção dos jogos obedeceu a três critérios. Em primeiro lugar, a relevância para o género: todos são jogos de desporto, à semelhança do projeto. Em segundo lugar, a proximidade ao conceito: o **Nintendo Switch Sports** é o sucessor direto do **Wii Sports**, a inspiração assumida deste projeto, ao reunir várias modalidades desportivas simplificadas num só jogo. Em terceiro lugar, a representatividade do mercado e da acessibilidade: o **EA Sports FC 26** representa o topo comercial do desporto e introduziu recentemente

funcionalidades de acessibilidade relevantes, e o **Forza Horizon 5** é reconhecido como uma das referências de acessibilidade no género, tendo vencido o prémio *Innovation in Accessibility* nos *The Game Awards* de 2021 [24], nomeadamente pela implementação de língua gestual e por um conjunto alargado de opções de acessibilidade. Para cada jogo, descrevem-se as principais funcionalidades de acessibilidade, comparadas na Figura 3 e ilustradas com imagens dos respetivos jogos.

Tabela 3 - Funcionalidades de acessibilidade dos jogos analisados

Funcionalidade	Forza Horizon 5 [25]	EA Sports FC 26 [26], [27]	Nintendo Switch Sports [28], [29]
Legendas configuráveis	Sim (tamanho, fundo)	Sim	Não
Alto contraste	Sim	Sim (personalizável)	Não
Filtro de daltonismo	Sim	Sim (intensidade ajustável)	Parcial (não específico por tipo)
Redimensionamento de texto	Sim	Sim	Texto legível por defeito, não ajustável
Leitor de ecrã / narração	Sim	Não	Não
Áudio espacial	Sim	Não	Não
Feedback háptico para acessibilidade	Não	Não	Não
Controlos simplificados / alternativos	Sim (assistências, remapeamento)	Sim (skill moves simplificados)	Não (somente controlos de movimento)
Ajuste de dificuldade	Sim	Sim	Sim

Forza Horizon 5, é o título mais acessível dos três analisados, reconhecido com o prémio *Innovation in Accessibility* nos *The Game Awards* de 2021 [24]. Oferece legendas claras e personalizáveis, aumento do tamanho de texto, filtros de daltonismo, língua gestual nas cenas narrativas, narração de menus e notificações através de leitor de ecrã (de forma

limitada), modo de velocidade de jogo offline, assistências de condução, ajuste de dificuldade, remapeamento de controlos e vibração do comando [25].

Já o EA Sports FC 26 representa o maior título comercial de desporto e introduziu, nesta edição, um modo de alto contraste personalizável e útil para jogadores com baixa visão, daltonismo ou dificuldades cognitivas. Disponibiliza também uma definição de daltonismo com intensidade ajustável, legendas com mais opções de configuração e movimentos de habilidade simplificados, tendo as suas funcionalidades de acessibilidade sido informadas pelo feedback dos jogadores [26], [27].

O sucessor do Wii Sports, Nintendo Switch Sports, reúne várias modalidades desportivas simplificadas, mas é o mais limitado em acessibilidade. Apresenta texto legível e de bom tamanho, algum suporte a daltonismo (não específico por tipo de deficiência cromática) e ajuste da dificuldade da IA no modo offline. Contudo, depende inteiramente dos controlos de movimento, não oferecendo esquemas de controlo alternativos, não permite navegar os menus com o *D-Pad* e não dispõe de legendas, limitações significativas para jogadores com dificuldades motoras [28], [29].

3.3. Design

Na fase de design define-se a forma como o jogador interage com o jogo e como a informação lhe é apresentada. Apresentam-se e descrevem-se todos os ecrãs do jogo, as personagens disponíveis, as mecânicas de cada modalidade desportiva, o sistema de progressão e o design das funcionalidades de acessibilidade, bem como os casos de uso que sintetizam as interações do jogador com o sistema.

Todos os ecrãs do jogo foram concebidos na ferramenta Figma, escolhida pela facilidade de colaboração em tempo real entre os dois elementos da equipa, pela reutilização de componentes que assegura consistência visual entre ecrãs e pela possibilidade de simular fluxos de navegação através de protótipos interativos. Esta abordagem de prototipagem segue o modelo descrito por Othman et al. [13], que realça a importância de validar a estrutura visual e os fluxos de interação antes da implementação no motor de jogo.

3.3.1 Ecrãs do Jogo

A estrutura geral da interface é deliberadamente minimalista, privilegiando a leitura por leitor de ecrã e a navegação por teclado. O Menu Inicial, representado na Figura 5, apresenta logo um menu com a lista dos vários desportos em cima uma barra com o nome do jogo, opções e acesso direto aos *Quick Toggles* que estão visíveis desde o primeiro ecrã. Cada “cartão” de jogo informa a progressão acumulada, ícones para cada módulo de acessibilidade disponível e uma descrição da modalidade.

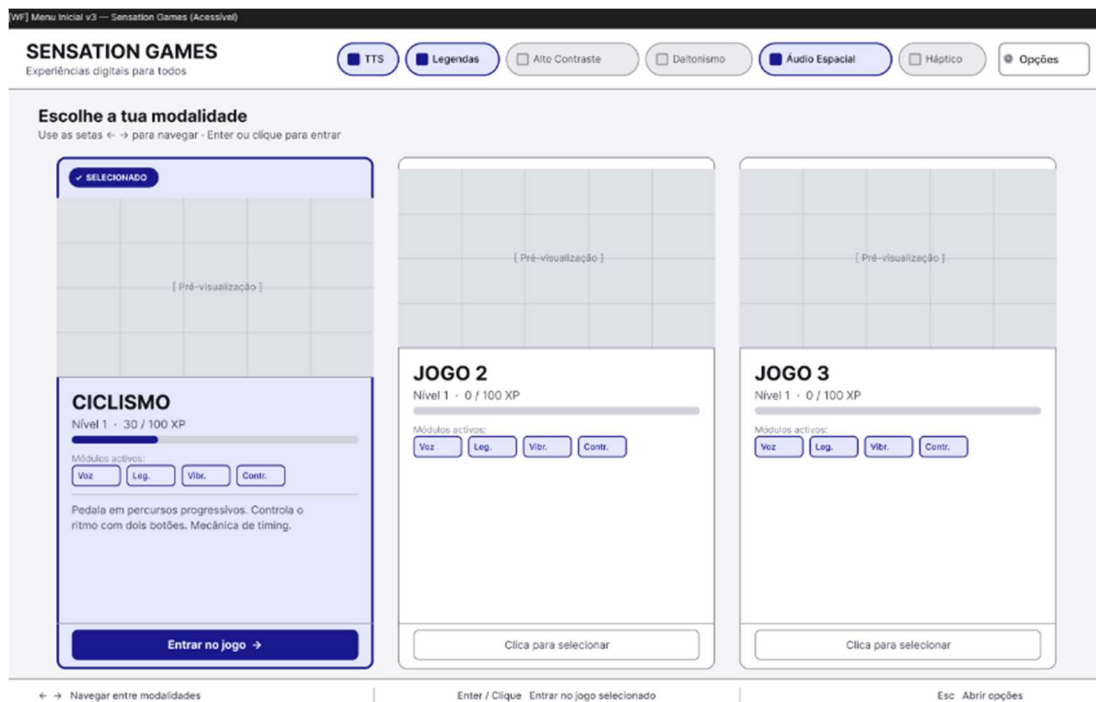


Figura 5 - Wireframe Menu Inicial

Na Figura 6, o menu de opções organiza-se em duas secções: opções comuns (volume, brilho, controlos) e a secção com os módulos de acessibilidade disponíveis através dos *Quick Toggles*, permitindo customizar opções mais precisas para cada um deles.

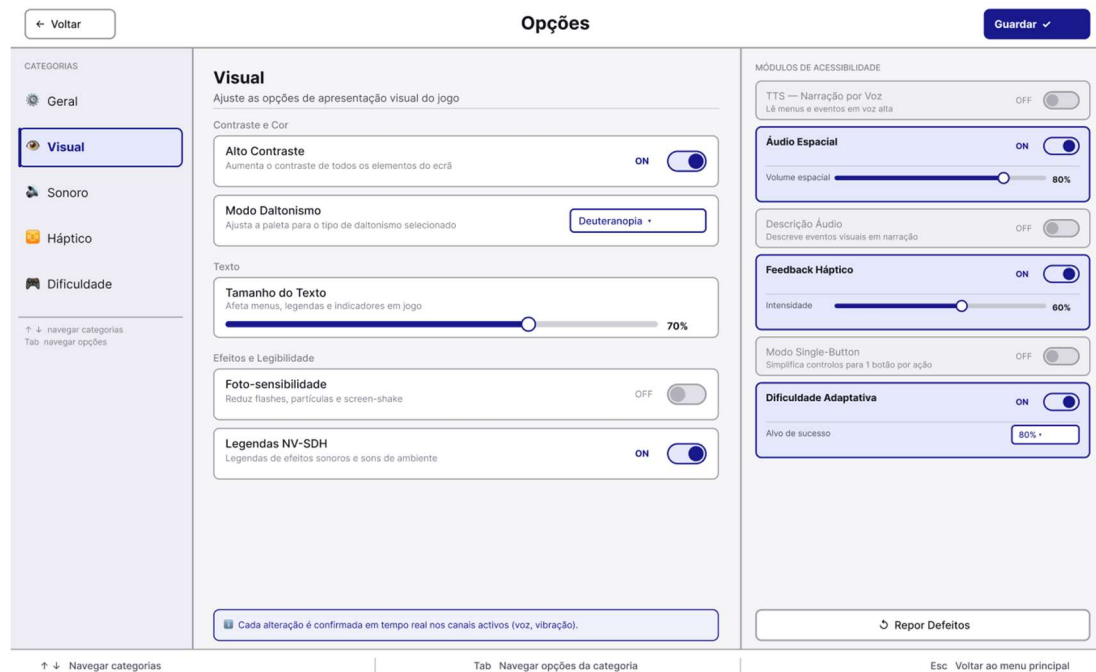


Figura 6 - Wireframe Menu de Opções

Voltando ao menu inicial, após a escolha de um desporto, o jogador acede ao Menu de Seleção de Personagem. É possível visualizar na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** as diferenças que os diferentes personagens aplicam ao jogo.

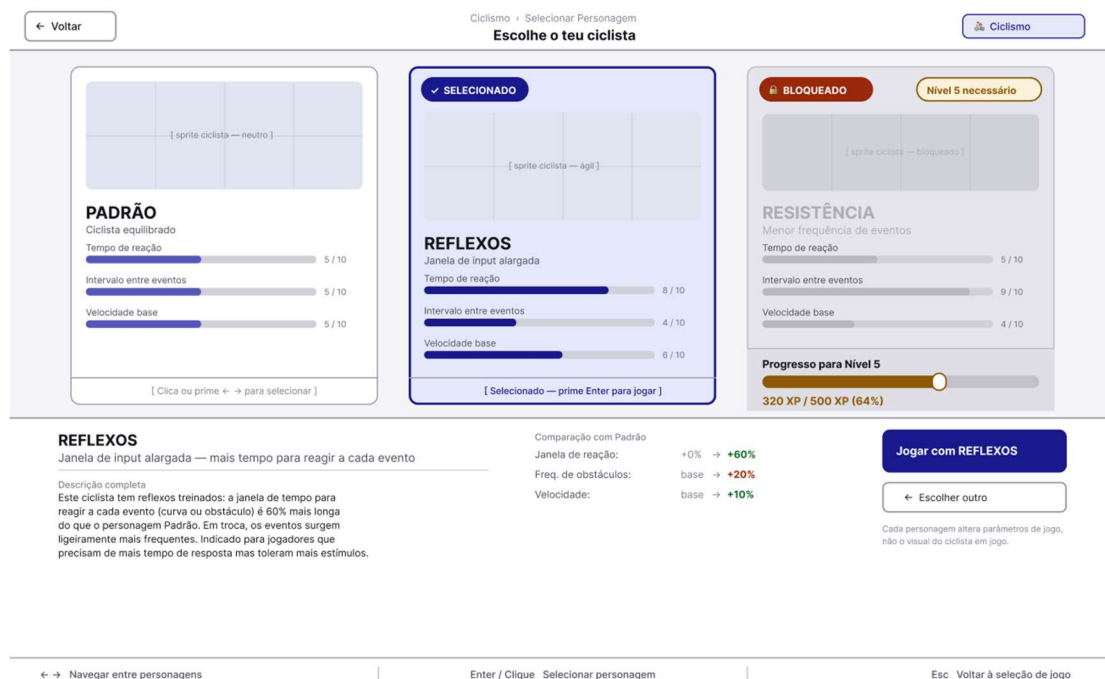


Figura 7 - Wireframe Seleção de Personagem (Ciclista)

Para complementar, em coerência com as recomendações de Oliveira et al. [10], todas as descrições textuais são padronizadas, os botões são claramente identificáveis e há feedback imediato após cada interação, em paralelo nos canais visual, sonoro e háptico. As legendas dos efeitos sonoros seguem a tipologia de Al-Batineh [19]: legendas imersivas para sons de ambiente e legendas baseadas em ação para eventos críticos de jogabilidade.

3.3.2. Design Visual e Pipeline de Criação Artística

O desenvolvimento da identidade visual e dos elementos gráficos do jogo assenta num *pipeline* de criação híbrido que combina três fontes complementares, escolhidas por critérios de eficiência, qualidade e adequação às necessidades de acessibilidade do projeto.

A primeira fonte consiste na geração de imagens por inteligência artificial, recorrendo à ferramenta *Nano Banana* integrada na plataforma *Google Gemini*. Esta ferramenta permite gerar rapidamente conceitos visuais, ilustrações de personagens, cenários e elementos de interface a partir de descrições textuais (*prompts*). A utilização de IA generativa para a produção de *assets visuais* ajuda a acelerar a fase de ideação, permitindo explorar múltiplas direções artísticas num curto espaço de tempo e obter uma base visual coerente para o projeto.

A segunda fonte é o trabalho manual de edição e refinamento em *Adobe Photoshop*. As imagens geradas por IA raramente estão prontas para uso direto num videojogo: apresentam frequentemente artefactos visuais, proporções incorretas, fundos indesejados ou inconsistências de estilo. Por esse motivo, todas as imagens geradas passam por um processo de pós-produção em *Photoshop* que inclui remoção e substituição de fundos,

correção de proporções e alinhamento, ajuste de paleta de cores para garantir conformidade com os requisitos de acessibilidade (nomeadamente alto contraste e compatibilidade com modos de daltonismo [18]), adição de contornos espessos e formas redundantes conforme as recomendações de Othman et al. [13], [14] e Anuar et al. [18], e exportação nos formatos adequados.

A terceira fonte é a utilização seletiva de *assets* de uso gratuito (*free-to-use*), provenientes de repositórios como o *Unity Asset Store* (categoria gratuita). Estes *assets* são selecionados quando complementam a direção artística do projeto sem necessidade de modificação extensiva, reduzindo o tempo de produção em elementos secundários (ícones de UI, texturas de fundo, efeitos de partículas) e permitindo concentrar o esforço criativo nos elementos diferenciadores do projeto.

A direção de arte resultante deste pipeline privilegia formas simples e reconhecíveis, contornos espessos, paletas de elevado contraste e redundância de informação por forma e cor (nunca apenas por cor), em linha direta com a evidência empírica de que estas opções beneficiam jogadores com baixa visão e deficiência cromática [13], [14], [18]. Todos os elementos visuais são concebidos com versões alternativas para o modo de alto contraste e para os três tipos principais de daltonismo (*protanopia*, *deuteranopia*, *tritanopia*).

3.3.3. Personagens

O jogo disponibiliza três personagens selecionáveis, conforme ilustrado na Figura 7, cada uma com uma habilidade passiva distinta que ajusta a exigência do jogo ao perfil do jogador. À semelhança do princípio de personalização descrito por Othman et al. no modelo de design para baixa visão, segundo o qual a adaptação do ritmo e da exigência deve ser transparente e não estigmatizante [13], estas habilidades funcionam como uma forma de ajuda integrada na própria jogabilidade, que complementa a opção de ajuste de dificuldade. As personagens são desbloqueáveis através da progressão, o que as torna também um objetivo de médio prazo.

A primeira é a personagem padrão, sem qualquer modificador, que corresponde à experiência de referência. A segunda possui um tempo de reação aumentado, que concede ao jogador mais tempo para responder aos eventos de cada modalidade. A terceira reduz a exigência associada aos desafios: na modalidade de Ciclismo, traduz-se num maior intervalo entre obstáculos, ao passo que no Voleibol reduz o número de opções de decisão apresentadas ao jogador.

Como o efeito concreto de cada habilidade depende da modalidade, a sua aplicação específica é detalhada nas secções de mecânicas correspondentes.

3.3.4. Mecânicas das modalidades

Nesta fase estão implementadas duas modalidades desportivas, escolhidas por representarem padrões de interação distintos: o Ciclismo, assente em evasão reativa contínua, e o Voleibol, assente em decisão direcional estratégica. Esta diversidade permite demonstrar como as mesmas técnicas de acessibilidade se aplicam a contextos de jogo diferentes.

Ciclismo

A primeira modalidade desportiva implementada no PowerSensation Games é o Ciclismo, como na Figura 8 este jogo é concebido em perspetiva *top-down* com *scroll* vertical contínuo, no qual o jogador controla um ciclista ao longo de uma ciclovia que se desloca automaticamente de cima para baixo no ecrã. A escolha desta modalidade como ponto de partida justifica-se pela simplicidade relativa do esquema de controlo que permite testar e validar a totalidade da arquitetura de acessibilidade descrita nas secções anteriores antes de avançar para modalidades de interação mais complexa.

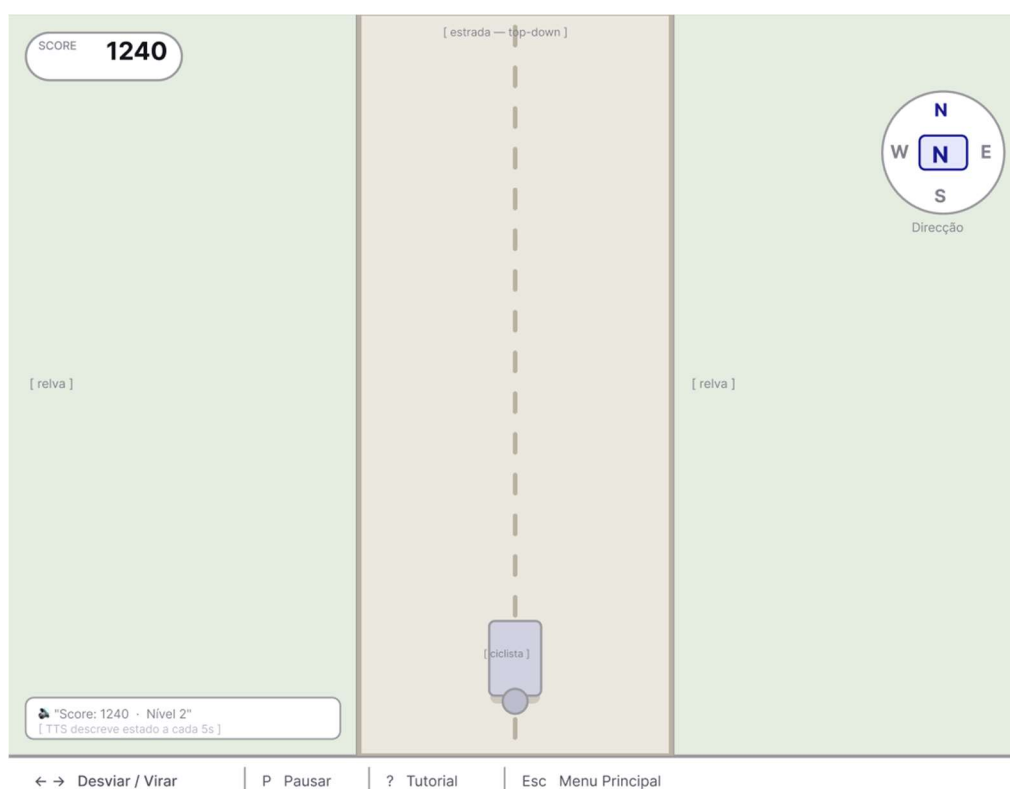


Figura 8 - Wireframe de jogabilidade do Ciclismo

A jogabilidade articula-se em torno de dois tipos de eventos: os eventos de curva, em que a estrada muda de direção e o jogador deve acompanhar o desvio, e os eventos de obstáculo, em que um elemento surge na estrada e o jogador deve esquivar-se para um dos lados. A sequência e a frequência dos eventos aumentam progressivamente ao longo da partida, em linha com o ajuste dinâmico de dificuldade do *framework* DPE de Huang et al.[20] e com a recomendação de Ben Itzhak et al. de equilibrar ajuda e desafio para evitar a frustração sem reduzir o envolvimento[9].

O jogo não é infinito, mas tem uma duração variável: após um número mínimo de eventos ultrapassados com sucesso, há uma probabilidade crescente de surgir a meta final. Esta mecânica foi desenhada para proporcionar uma sensação clara de conquista e de encerramento positivo, alinhada com as implicações de design de Ben Itzhak et al., que realçam a importância de recompensas significativas e de experiências de conclusão para manter a motivação [9], e com a dimensão de experiência emocional do *framework* DPE [20]. Nesta modalidade, a terceira personagem aplica a sua habilidade sob a forma de um maior intervalo entre obstáculos, o que reduz a frequência dos eventos.

Quanto à acessibilidade, no canal visual cada tipo de evento é sinalizado não apenas por cor, mas também por forma e ícone redundantes, com suporte para o modo de alto contraste e para os filtros de daltonismo, conforme as recomendações de Anuar et al. sobre o uso de formas e linhas espessas como complemento à diferenciação cromática [18]. No canal sonoro, a aproximação de um obstáculo é comunicada por um som crescente com *panning* estéreo que indica a posição lateral (esquerda ou direita), à semelhança do áudio espacial do BlindBattle [7], e os eventos de curva são antecipados por uma indicação sonora direcional inspirada nas pistas de combate do BlindFun [15]; o TTS pode ainda narrar o tipo de evento iminente, seguindo o modelo do BlindDefender [16]. No canal háptico, cada tipo de interação gera um padrão de vibração distinto, de acordo com o mapeamento temporal de Huang et al. [20]. Para jogadores com perda auditiva, todos os efeitos sonoros relevantes são acompanhados de legendas segundo a tipologia NV-SDH de Al-Batineh, imersivas para sons de ambiente e baseadas em ação para eventos críticos [19], e a velocidade do *scroll* e a proximidade dos eventos são também representadas por indicadores gráficos, garantindo que nenhuma informação depende exclusivamente do canal auditivo [5], [6].

Voleibol

A segunda modalidade é o Voleibol, concebido como um jogo de decisão direcional em perspectiva lateral simplificada, no qual o jogador ocupa uma posição central na sua equipa e deve decidir para qual dos três colegas (esquerdo, centro ou direito) passar a bola antes que esta atinja o chão. Esta modalidade introduz um padrão cognitivo distinto, que exige julgamento espacial e temporização da decisão num cenário de equipa.

O campo representado na Figura 9 possui uma rede no centro que separa visualmente o lado do jogador do lado adversário. A equipa do jogador é composta por três colegas de equipa controlados pelo sistema, posicionados de forma fixa à esquerda, ao centro e à direita do lado do jogador. Do lado adversário, a bola é lançada em arco parabólico em direção ao campo do jogador. O jogador tem um tempo para agir, representado por um timer visual, por um ritmo sonoro crescente e por uma vibração progressiva, para decidir para qual colega quer passar a bola, ao pressionar a tecla correspondente (esquerda, centro ou direita). Se o passe for executado a tempo e para a posição correta, a equipa marca ponto; se a bola atingir o chão sem decisão ou se o passe for dirigido a uma posição bloqueada pelo adversário, o ponto é perdido. Esta mecânica de decisão com limite de tempo definida é análoga ao padrão de interação descrito por Kobayashi et al. no BlindFun, onde o jogador deve reagir a estímulos

posicionais comunicados por áudio espacial e decidir a direção da sua ação com base em pistas sonoras e táteis [15], mas transposta de uma lógica de reação individual para uma de decisão contextual em equipa.

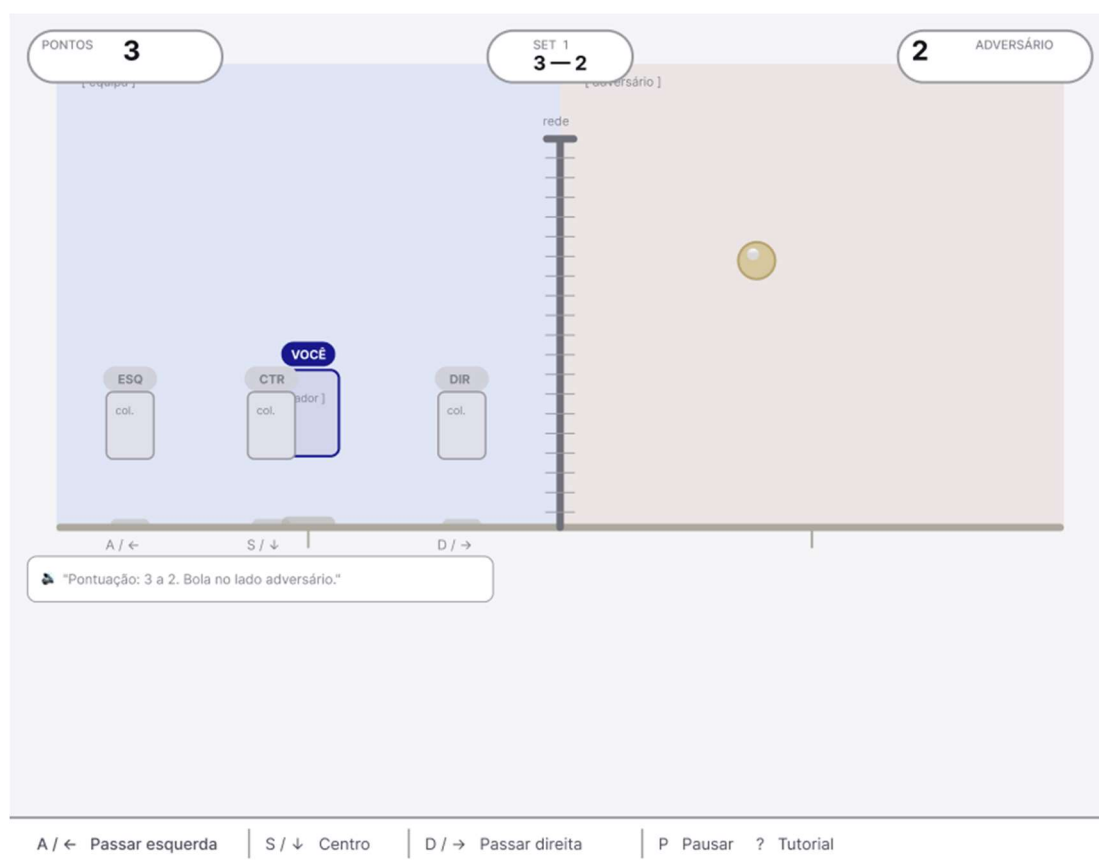


Figura 9 - Wireframe de jogabilidade do Voleibol

Nesta modalidade, as personagens manifestam-se de duas formas: a segunda aumenta o tempo limite de reação, beneficiando jogadores que necessitem de mais tempo para processar a informação sensorial antes de decidir, em linha com a recomendação de Ben Itzhak et al. de evitar a pressão temporal excessiva como fonte de frustração [9]; e a terceira reduz aleatoriamente as opções de passe de três para dois colegas em cada jogada, simplificando a decisão para binária.

Quanto à acessibilidade, no canal visual cada colega de equipa é identificado em simultâneo por posição, forma e cor, conforme a redundância forma-cor recomendada por Anuar et al. [18]; a bola em movimento é acompanhada por um rasto pontilhado que mostra a trajetória e por um temporizador numérico, e os três botões de decisão são apresentados como elementos grandes e claramente diferenciados na parte inferior do ecrã. No canal háptico, seguindo o mapeamento temporal de Huang et al. [20], a aproximação da bola gera uma vibração crescente, o passe bem executado uma vibração curta, o ponto marcado uma vibração média, e o ponto perdido é sinalizado pela ausência de vibração, usando o silêncio háptico como indicador negativo. Para jogadores com perda auditiva, todos os efeitos sonoros relevantes são acompanhados de legendas segundo a tipologia NV-SDH de Al-Batineh,

imersivas para sons de ambiente, como o apito, e baseadas em ação para eventos críticos, como a direção da bola, o resultado do passe ou a mudança de set [19].

3.3.5. Progressão e Recompensas

O sistema de progressão articula-se em torno de pontos de experiência (XP), níveis e desbloqueios. Recompensas significativas e feedback imediato são determinantes para a motivação e para a aderência prolongada, particularmente em jogadores com deficiência sensorial [9], [20]. Cada interação relevante gera, em simultâneo, recompensas em XP, feedback visual (animação diferenciada), feedback sonoro (assinatura distinta por tipo de recompensa) e feedback háptico (padrão de vibração específico), permitindo ao jogador compreender o impacto da sua ação independentemente do canal sensorial preferido.

A dificuldade é progressiva e ajustável dinamicamente, em linha com o *framework* DPE de Huang et al. [20]. O desbloqueio de novos personagens, modalidades ou variantes de mecânica funciona como objetivo de médio prazo e introduz variabilidade, contribuindo para o flow descrito por Ben Itzhak et al. [9] como dimensão essencial da experiência. A progressão é dividida entre modalidades: ao jogar cada modalidade contribui para o nível do jogador, o que incentiva a exploração de todas elas.

3.3.6. Design de acessibilidade

A acessibilidade é implementada através de três camadas tecnicamente independentes e combináveis, cada uma responsável por um canal sensorial, organizadas como módulos opcionais que o jogador pode ativar ou desativar em tempo real.

Camada Visual: inclui modo de alto contraste, redimensionamento de fontes e elementos de UI, filtros de daltonismo (simulação e correção para protanopia, deuteranopia e tritanopia [18]), legendas para todos os efeitos sonoros relevantes segundo a tipologia NVSDH de Al-Batineh [19] (distinguindo legendas imersivas de legendas baseadas em ação) e identificação visual do emissor de cada som. Os elementos gráficos são concebidos com redundância de forma e cor, para que nenhuma informação dependa exclusivamente da distinção cromática [13], [14], [18].

Camada Sonora: inclui TTS configurável para narração de menus, tutoriais e estado do jogo, à semelhança de BlindFun e BlindDefender [15], [16]; áudio espacial 3D ou binauricular para representar a localização de elementos da cena, conforme implementado no BlindBattle [7]; sonificação distinta para cada tipo de evento de jogo (acerto, falha, recompensa, alerta, proximidade), inspirada na conversão acessível do Foodbot Factory [6]; e alteração de ritmo sonoro para comunicar variações de estado (velocidade, cadência, proximidade de obstáculo). Este último padrão é central nas modalidades desportivas baseadas em ritmo.

Camada Háptica: recorre ao motor de vibração nativo do dispositivo (comando) para fornecer feedback tátil. Seguindo o mapeamento temporal de Huang et al. [20], definem-se

padrões diferenciados: vibrações curtas (≈ 150 ms) para confirmação de ações normais (passe, pedalar), vibrações médias (≈ 250 ms) para eventos de resultado (ponto marcado, tempo superado, item apanhado), vibrações longas duplas (≈ 350 ms $\times$ 2) para desbloqueios e conquistas, e ausência de vibração como sinalização negativa (ponto perdido, fora-de-jogo). Esta linguagem háptica é aprendível e consistente entre modalidades, funcionando como dicionário tátil do jogo.

Estas camadas são organizadas como um conjunto de módulos opcionais que podem ser ativados ou desativados em tempo real, sem reiniciar o jogo e sem navegar por submenus profundos. Esta decisão responde diretamente à evidência de Trick et al. [4], segundo a qual funcionalidades de acessibilidade só são efetivamente utilizadas quando estão imediatamente acessíveis. A implementação segue os princípios UDL aplicados ao BlindDefender [16] e permite configurar perfis pré-definidos (cego total, baixa visão, surdez profunda, sem restrições) sem que isso se traduza em variantes de produto distintas, evitando o *two-tier system* descrito por Savaglio et al. [6].

Operacionalmente, o sistema de *Quick Toggles* consiste numa barra de ícones permanentemente visível no ecrã de jogo, permitindo ao jogador ativar ou desativar individualmente: TTS (narração por voz), Legendas NV-SDH (legendas de efeitos sonoros), Modo de alto contraste, Filtro de Daltonismo (seleção entre protanopia, deuteranopia e tritanopia), Áudio Espacial (*panning* e atenuação 3D) e Feedback Háptico (padrões de vibração). A combinação de módulos ativos define automaticamente o perfil sensorial do jogador, sem necessidade de configuração manual complexa. A cada alteração de *toggle*, o jogo confirma a mudança nos canais ativos, por exemplo, ativar o TTS produz uma confirmação falada; ativar o háptico produz uma vibração de confirmação.

3.4. Design Técnico

Neste subcapítulo vamos tratar de entender as ferramentas escolhidas para o desenvolvimento deste projeto.

3.4.1. Motor de Jogo

Foi selecionado o motor Unity [30] como ferramenta principal de desenvolvimento. Esta opção justifica-se pela sua versatilidade no desenvolvimento de jogos 2D e 3D, pela vasta documentação e suporte da comunidade, pela capacidade de exportação para plataformas web (WebGL) e pela continuidade tecnológica com os projetos precedentes do IPCB Games. Unity é também o motor adotado em vários dos estudos analisados, nomeadamente por Othman et al. para o protótipo de baixa visão [13], por Savaglio et al. para a conversão acessível do Foodbot Factory [6] e por Oliveira et al. para o jogo Expedição Antártica com acessibilidade visual e auditiva [10], o que confirma a viabilidade técnica das funcionalidades de acessibilidade pretendidas.

3.4.2 Requisitos de Sistema

O desenvolvimento e a execução do jogo dependem de um conjunto de ferramentas e de requisitos mínimos, apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Software de desenvolvimento e requisitos de execução

Ferramenta/Requisito	Versão	Finalidade
Unity	6 (6000.4.4f1)	Motor de desenvolvimento do jogo
Figma	—	Prototipagem das interfaces e <i>wireframes</i>
Adobe Photoshop	2020 ou superior	Pós-produção e edição dos <i>assets</i> visuais
Google Gemini	Flash 3.5 (versão gratuita)	Plataforma de apoio à geração de <i>assets</i>
Nano Banana 2	2 (versão gratuita)	Geração de imagens por inteligência artificial

Requisitos de execução: o jogo é distribuído para plataforma web (*WebGL*), pelo que o requisito mínimo para jogar é um computador com um navegador atualizado e compatível com *WebGL*. Opcionalmente, pode ser utilizado um comando com motor de vibração, de modo a tirar partido do feedback háptico.

3.5. Conclusão

Neste capítulo foram definidas as bases de conceção e pré-produção do PowerSensation Games, traduzindo em decisões concretas as conclusões retiradas da revisão de literatura. Adotou-se a metodologia de projeto multimédia, desenvolvendo-se as fases de análise e planeamento e de design, bem como os primeiros passos da fase de produção.

Ao nível do conceito, estabeleceu-se um jogo único que reúne várias modalidades desportivas simplificadas sob uma camada comum de progressão e uma arquitetura de acessibilidade consistente, na qual os elementos críticos de jogo são comunicados em paralelo pelos canais visual, sonoro e háptico, concretizando o princípio da redundância sensorial. Ao nível técnico, justificou-se a seleção do Unity como motor de desenvolvimento e do Figma como ferramenta de prototipagem, definiu-se o pipeline de criação artística e estruturou-se uma arquitetura modular de acessibilidade, ativável em tempo real através de *Quick Toggles*. Foram ainda desenhadas a interface, o sistema de progressão e as duas

modalidades implementadas nesta fase, o Ciclismo e o Voleibol, cada uma representando um padrão de interação distinto.

O trabalho desenvolvido estabelece as fundações de concepção e pré-produção sobre as quais assentará a continuação do projeto. As fases de teste e validação com utilizadores e a conclusão da produção, incluindo a implementação das restantes modalidades, da componente de áudio direcional e da integração com o hardware de apoio, constituem o trabalho a desenvolver em Projeto II.

4. Conclusão e Trabalho Futuro

O percurso desenvolvido em Projeto I demonstrou a viabilidade técnica e conceptual do PowerSensation Games enquanto plataforma de jogo desportivo inclusiva. A revisão sistemática da literatura forneceu a fundamentação empírica necessária para sustentar cada decisão de design, e a especificação técnica produzida estabelece uma base suficientemente detalhada para orientar a implementação em Projeto II sem ambiguidades de interpretação. O contributo deste projeto para o estado da arte reside na integração coerente, numa única plataforma, de três camadas de acessibilidade independentes e combináveis, visual, sonora e háptica, aplicadas a múltiplas modalidades desportivas com padrões de interação distintos, o que constitui uma abordagem ainda sub-representada na literatura científica consultada.

Desta forma, o trabalho a desenvolver na unidade curricular de Projeto II focar-se-á na transição da teoria e prototipagem de baixa fidelidade para a produção técnica integral, implementação em código e validação empírica do sistema. O principal esforço inicial consistirá em traduzir os *wireframes* e fluxos desenhados no Figma para o motor de jogo Unity, desenvolvendo a arquitetura modular baseada no padrão *Gamer Information-Control* para que todas as camadas de *feedback* possam ser ligadas ou desligadas dinamicamente pelo utilizador. Paralelamente, será integrada e configurada a solução de síntese de voz (TTS) para a leitura de menus, em conjunto com a programação do motor de áudio tridimensional e binauricular para garantir a navegação no espaço em cenários de ausência de visão.

5. Bibliografia

- [1] World Health Organization, «World report on hearing», 2021, *WHO, Geneva*.
- [2] World Health Organization, «World report on vision», 2019, *WHO, Geneva*.
- [3] Newzoo, «Global Games Market Report 2024 (Free Version)», Ago. 2024. Acedido: 20 de Junho de 2026. [Em linha]. Disponível em: https://best-of-gaming.be/wp-content/uploads/2024/09/2024_Newzoo_Global_Games_Market_Report.pdf
- [4] N. Trick, C. Phillips, C. Gutwin, e L. Bradford, «Content Analysis of Basic Accessibility Features in 30 Top Played Video Games», *Int. J. Hum. Comput. Interact.*, vol. 42, n. 1, pp. 425–440, 2026, doi: 10.1080/10447318.2025.2508307.
- [5] M. E. Larreina-Morales e C. Gunella, «Video games for environmental awareness: the accessibility gap», *Univers. Access Inf. Soc.*, vol. 24, pp. 1931–1943, 2025, doi: 10.1007/s10209-023-01026-6.
- [6] R. Savaglio, J. M. Brown, B. Kapralos, B. Franco-Arellano, A. LeSage, e J. Arcand, «An Accessible Version of the Foodbot Factory Serious Game for Nutrition Education», *IEEE Trans. Games*, vol. 17, n. 1, pp. 181–194, 2025, doi: 10.1109/TG.2024.3414657.
- [7] K. K. G, S. D. V. Chundru, e M. R. Chintapalli, «BlindBattle: Tactile Game For Blind», em *Proc. 2024 IEEE Int. Conf. on Communication, Computing and Signal Processing (IICCCS)*, 2024. doi: 10.1109/IICCCS61609.2024.10763650.
- [8] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, D. G. Altman, e the PRISMA Group, «Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement», *PLoS Med.*, vol. 6, n. 7, p. e1000097, 2009, doi: 10.1371/journal.pmed.1000097.
- [9] N. Ben Itzhak, I. Franki, B. Jansen, K. Kostkova, J. Wagemans, e E. Ortibus, «Usability and user experience of an individualized and adaptive game-based therapy for children with cerebral visual impairment», *Int. J. Child. Comput. Interact.*, vol. 35, p. 100551, 2023, doi: 10.1016/j.ijcci.2022.100551.
- [10] R. N. R. de Oliveira *et al.*, «Desenvolvimento e Avaliação da Usabilidade e Acessibilidade de um Protótipo de Jogo Educacional Digital para Pessoas com Deficiência Visual», *Revista Brasileira de Educação Especial*, vol. 27, pp. 847–864, 2021, doi: 10.1590/1980-54702021v27e0190.
- [11] IEEE, «IEEE Xplore Digital Library». Acedido: 1 de Junho de 2026. [Em linha]. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/>
- [12] Elsevier, «Scopus». Acedido: 1 de Junho de 2026. [Em linha]. Disponível em: <https://www.scopus.com/>
- [13] N. I. Othman, H. Mohamed, e N. A. M. Zin, «Serious Games Accessibility Design Model for Low-Vision Children», *Advances in Human-Computer Interaction*, vol. 2023, p. 9528294, 2023, doi: 10.1155/2023/9528294.

- [14] N. I. Othman, H. Mohamed, e N. A. M. Zin, «Testing the Usability of Serious Game for Low Vision Children», *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 14, n. 8, pp. 310–319, 2023.
- [15] K. Kobayashi, M. Moh, e T.-S. Moh, «BlindFun: Transforming a Video Game Blind Accessible», em *Proc. 2026 20th IEEE Int. Conf. Ubiquitous Information Management and Communication (IMCOM)*, 2026. doi: 10.1109/IMCOM69009.2026.11360840.
- [16] Y. Chen, K. Kobayashi, M. Moh, e T.-S. Moh, «BlindDefender: An Educational Game for the Visually Impaired», em *Proc. SoutheastCon 2026*, 2026. doi: 10.1109/SOUTHEASTCON63549.2026.11476158.
- [17] S. Uke, P. Sharma, M. Mhatre, D. Kshirsagar, P. Kudale, e D. Lokhande, «AI Voice Sudoku Solver for Visually Impaired Persons», em *Proc. 2025 IEEE Pune Section Int. Conf. (PuneCon)*, 2025. doi: 10.1109/PUNECON67554.2025.11377696.
- [18] D. Anuar, S. N. Safar, D. Salleh, e M. F. bin Haji Abu Bakar, «Visual Accessibility in Gaming: Measuring Satisfaction for Players with Color Vision Impairments», em *Proc. 2025 7th Int. Conf. Applied Computational Intelligence in Information Systems (ACIIS)*, 2025. doi: 10.1109/ACIIS62255.2025.11402987.
- [19] M. Al-Batineh, «Audio accessibility in Arabic game localization: A multimodal study of nonverbal subtitles for players who are d/Deaf and hard of hearing», *Translation Spaces*, vol. 14, n. 2, pp. 277–302, 2025, doi: 10.1075/ts.24042.alb.
- [20] X. Huang, N. M. Ali, S. Sahrani, e Y. Zhang, «A Haptic-Driven Serious Game for Cognitive Stimulation and Visual Impairment Mitigation in Older Adults Based on the Design-Play-Experience Framework: Cross-Sectional Mixed Methods Pilot Study», *JMIR Serious Games*, vol. 14, p. e86290, 2026, doi: 10.2196/86290.
- [21] K. Villalba, H. Robles, M. Jimeno, M. C. Delgado-Cañas, A. Perez, e F. Quintero, «An activity theory-based exploration of “Eyeland”, a task-based serious game for EFL visually impaired students», *PeerJ Comput. Sci.*, vol. 11, p. e2631, 2025, doi: 10.7717/peerj-cs.2631.
- [22] Valve Corporation, «Steam». Acedido: 2 de Junho de 2026. [Em linha]. Disponível em: <https://store.steampowered.com/>
- [23] A. Hanief, A. T. Pratama, e S. Awibowo, «Project Management System Development for Improving Infinitigroup Project Performance», em *Proceedings of the International Conference on Engineering and Information Technology for Sustainable Industry*, New York, NY, USA: ACM, Set. 2020, pp. 1–6. doi: 10.1145/3429789.3429808.
- [24] Traxion, «Forza Horizon 5 wins three categories at The Game Awards 2021». Acedido: 21 de Junho de 2026. [Em linha]. Disponível em: <https://traxion.gg/forza-horizon-5-wins-three-categories-at-the-game-awards-2021/>

- [25] Can I Play That?, «Forza Horizon 5 Accessibility Review». Acedido: 21 de Junho de 2026. [Em linha]. Disponível em: <https://caniplaythat.com/2021/11/04/forza-horizon-5-accessibility-review-can-i-play-that/>
- [26] B. Bortone, «EA Sports FC 26 Review», GameCritics. Acedido: 21 de Junho de 2026. [Em linha]. Disponível em: <https://gamecritics.com/brad-bortone/ea-sports-fc-26-review/>
- [27] Can I Play That?, «EA Sports FC 26 High Contrast Mode and More Accessibility Detailed». Acedido: 21 de Junho de 2026. [Em linha]. Disponível em: <https://caniplaythat.com/2025/07/23/ea-sports-fc-26-high-contrast-mode-and-more-accessibility-detailed/>
- [28] Access-Ability, «Nintendo Switch Sports Accessibility Review». Acedido: 21 de Junho de 2026. [Em linha]. Disponível em: <https://access-ability.uk/2022/05/06/nintendo-switch-sports-accessibility-review/>
- [29] LauraKBuzz, «Nintendo Switch Sports Accessibility Review - Access-Ability». Acedido: 21 de Junho de 2026. [Em linha]. Disponível em: <https://youtu.be/vJiXii544vs>
- [30] Unity Technologies, «Unity Real-Time Development Platform», 2025. [Em linha]. Disponível em: <https://unity.com/>