



UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

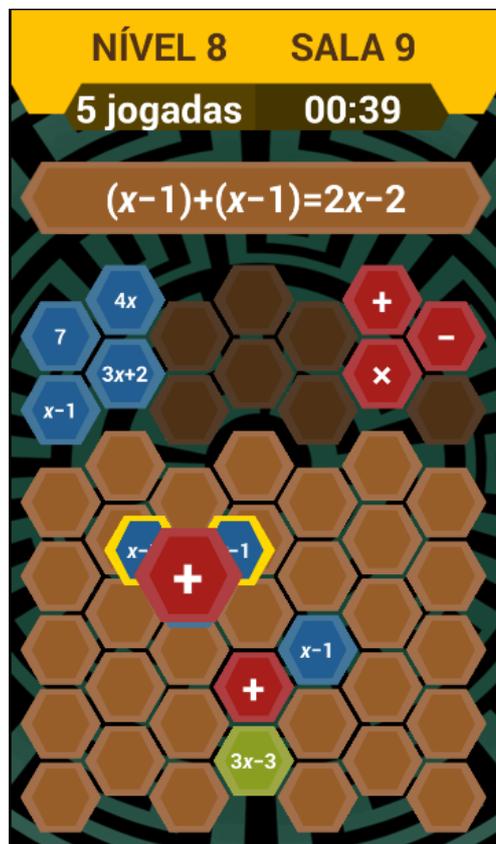


Cândida Raquel Clemente Barros

DESIGN DO JOGO SÉRIO TEMPOLY PARA A
APRENDIZAGEM DAS QUATRO OPERAÇÕES
ARITMÉTICAS COM POLINÓMIOS
UM ESTUDO NO 3º CICLO DO ENSINO BÁSICO

Tese no âmbito do Doutoramento em Ciências da Educação, especialidade de Organização do Ensino, Aprendizagem e Formação de Professores, orientada pela Professora Doutora Ana Amélia Costa da Conceição Amorim Soares de Carvalho e apresentada à Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra.

Julho de 2018



Cândida Raquel Clemente Barros

DESIGN DO JOGO SÉRIO TEMPOLY PARA A APRENDIZAGEM DAS QUATRO OPERAÇÕES ARITMÉTICAS COM POLINÓMIOS UM ESTUDO NO 3º CICLO DO ENSINO BÁSICO

Tese no âmbito do Doutoramento em Ciências da Educação, especialidade de Organização do Ensino, Aprendizagem e Formação de Professores, orientada pela Professora Doutora Ana Amélia Costa da Conceição Amorim Soares de Carvalho e apresentada à Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra.

Julho de 2018



Ficha Técnica

Título

Design do jogo sério *Tempoly* para a aprendizagem das quatro operações aritméticas com polinómios: um estudo no 3º Ciclo do Ensino Básico

Autora

Cândida Raquel Clemente Barros

Orientadora

Professora Doutora Ana Amélia Costa da Conceição Amorim Soares de Carvalho

Tese de doutoramento em Ciências da Educação, especialidade de Organização do Ensino, Aprendizagem e Formação de Professores e apresentada à Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra.

Este trabalho é, em parte, financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Fatores de Competitividade – COMPETE e por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projeto PTDC/CPE-CED/118337/2010.

FCT Fundação
para a Ciência
e a Tecnologia


COMPETE
PROGRAMA OPERACIONAL FACTORES DE COMPETITIVIDADE


QUADRO
DE REFERÊNCIA
ESTRATÉGICO
NACIONAL
PORTUGAL2007.2013

 **UNIÃO EUROPEIA**
Fundo Europeu de
Desenvolvimento Regional

- Mamã, agora já posso jogar?

Esta tese é dedicada, com infinito amor, à minha mãe, ao Francisco e ao João Martim.

Agradecimentos

A realização deste trabalho de investigação só foi possível devido ao contributo de inúmeras pessoas. A todos aqueles que estiveram presentes na minha vida, durante este meu percurso, e que acabaram por dar o seu contributo, direta ou indiretamente, pelas mais diversas razões, deixo aqui expressa a minha profunda gratidão.

Começo por agradecer à minha orientadora de doutoramento, Professora Doutora Ana Amélia Carvalho, pela gentileza em me aceitar como sua orientanda, pelos contributos fundamentais que enriqueceram esta tese e por me ter ensinado a ser uma investigadora independente.

À FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia, pelo financiamento do Projeto “Dos Jogos às Actividades Interactivas para Mobile-Learning”, PTDC/CPE-CED/1187/2010, com o qual esta investigação está relacionado, e que permitiu a sua divulgação em diversas conferências em Portugal e no Estrangeiro.

À coordenadora do projeto, Professora Doutora Ana Amélia Carvalho e aos restantes membros, Professor Doutor Nelson Zagalo, Adelina Moura, Sónia Cruz e Inês Araújo e outras pessoas e entidades que colaboraram no projeto, em particular, ao Professor Doutor Licínio Roque e Ricardo Barroca e à Criamagin por ter feito o desenho gráfico do jogo *Tempoly*.

Ficarei eternamente grata ao Professor Doutor António Salgueiro pelo desenvolvimento do *Tempoly* e pela validação dos conteúdos programáticos do jogo.

Ao Professor Doutor José Bidarra, à Professora Doutora Clara Coutinho, ao Professor Doutor Leonel Morgado, à Professora Doutora Cristina Vieira e ao Professor Doutor Nelson Zagalo, pela validação do questionário.

Aos especialistas que participaram no Simpósio Doutoral, nomeadamente, Professor Doutor João Amado, Professora Doutora Clara Coutinho, Professora Doutora Lia Oliveira, Professora Doutora Teresa Pessoa e Professora Doutora Cristina Vieira, pelo seu contributo com importantes sugestões.

Aos diretores das várias escolas onde este trabalho de investigação foi sendo implementado nas suas diversas fases, e aos meus colegas de trabalho. Neste conjunto de pessoas deixo aqui um agradecimento muito especial ao Alberto, à Cecília, ao Jaakko, à Raija e à Susana.

Aos alunos participantes do estudo nas diversas fases, e que são para mim uma fonte de inspiração todos os dias.

Ao IAVE por ter disponibilizado os dados estatísticos que solicitei, em particular à Conceição Barraca pela sua diligência.

Um agradecimento muito especial a James Paul Gee, que conheci pessoalmente no SITE 2015, autor dos princípios de aprendizagem que estão na base de uma parte importante deste trabalho de investigação.

Finalmente, à Anabela, a toda a minha família e amigos, pelo incondicional incentivo dado nas várias fases deste trabalho.

Resumo

Os dispositivos móveis estão cada vez mais presentes na nossa sociedade, estando os alunos sempre com eles, dentro e fora da escola, usando-os frequentemente para jogar. A aprendizagem através de jogos digitais, em particular dos jogos sérios, tem vindo assim a ganhar importância nos últimos anos, aproveitando a motivação inerente ao jogo para melhorar a experiência educativa. Este interesse dos alunos levou-nos a tentar compreender quais as características dos jogos que mais jogam, com o objetivo de criar um jogo sério baseado nessas características, contribuindo desta forma para aproximar o recurso educativo (o jogo sério) do interesse dos alunos.

No quadro teórico desta investigação analisam-se as relações entre o jogo e a aprendizagem, nomeadamente o conceito de aprendizagem através de jogos digitais, a aprendizagem situada pelo contexto, o estado de fluxo e os princípios de aprendizagem de Gee (2003). Aborda-se ainda o conceito de jogo sério, o papel que os jogos sérios podem ter na aprendizagem da Matemática e o tema da aprendizagem das operações aritméticas com polinómios, como base nos programas oficiais da disciplina e nos exames nacionais.

A investigação realizada desenvolveu-se em várias etapas. Começou-se por realizar uma sondagem sobre os jogos para dispositivos móveis mais jogados pelos alunos, tendo-se desenvolvido um questionário, que foi respondido por 298 alunos. Estes dados permitiram identificar os 15 jogos mais jogados, que foram avaliados através de uma grelha desenvolvida para o efeito. Os resultados obtidos permitiram identificar que as características que mais se

salientaram nesses jogos estavam ligadas ao desafio proporcionado pelo jogo, à facilidade no uso dos controlos e à rapidez das interações do jogo.

Partindo do estudo realizado e dos programas e metas curriculares do Ensino Básico e do Ensino Secundário, foi concebido o jogo sério *Tempoly*, para a aprendizagem das quatro operações aritméticas com polinómios. O jogo é do género *puzzle*, sendo composto por 250 desafios. Em cada desafio é apresentado ao jogador o polinómio que ele deve construir. Para isso, são disponibilizados alguns polinómios e operações, que o jogador tenta combinar para atingir o resultado pretendido. Além disso, o jogo inclui um modo criativo, em que o aluno tem a possibilidade de criar novos desafios, através da indicação dos polinómios e operações disponíveis e do resultado pretendido. Este jogo sério faz parte dos jogos desenvolvidos no âmbito do projeto de investigação PTDC/CPE-CED/118337/2010 “Dos Jogos às Atividades Interativas para Mobile-Learning”.

Foram realizados testes de usabilidade ao jogo, na modalidade utilizador/observador com 59 participantes, que permitiram melhorar a jogabilidade do *Tempoly*.

Foi realizado um estudo de tipo *quasi-experimental* com 101 alunos do 3.º Ciclo do Ensino Básico, onde se pretendeu avaliar as reações dos alunos ao jogo *Tempoly*, os efeitos da utilização do jogo na aprendizagem das operações com polinómios, qual o melhor momento para introduzir o *Tempoly* relativamente à unidade programática sobre polinómios, a relação entre o desempenho dos alunos no *Tempoly* e a sua apropriação de conhecimentos e a relação entre a utilização do *Tempoly* e o intervalo de tempo em que esteve disponível. A recolha de dados foi realizada através de um questionário de opinião sobre o jogo *Tempoly*, um diário de campo, um pré-teste e um pós-teste de conhecimentos e registos de utilização do *Tempoly* pelos alunos.

Os dados obtidos permitiram concluir que os alunos gostaram de jogar o *Tempoly* (89%), considerando que o jogo os ajudou na aprendizagem das operações com polinómios (66%) e que o que aprenderam nas aulas foi útil para jogar o jogo (79%). Através da realização de um pré-teste e um pós-teste de conhecimentos, com cotação de 10 pontos, verificou-se que a cotação média dos alunos que jogaram o *Tempoly* em simultâneo com as aulas subiu 2,55 pontos enquanto a cotação média dos alunos que não jogaram o jogo subiu 1,20 pontos. Comparou-se o grupo que jogou *versus* o grupo que não jogou através do teste de Mann-Whitney, sendo os resultados estatisticamente significativos, permitindo assim concluir que o *Tempoly*, conjugado com as aulas sobre a unidade programática correspondente, contribuiu para a aprendizagem das operações aritméticas com polinómios. Foi ainda analisado se existiam diferenças entre os grupos que jogaram o *Tempoly* como introdução à unidade, num momento intermédio, ou como consolidação da unidade, através do teste Kruskal-Wallis. Este teste não revelou diferenças estatisticamente significativas, indicando, assim, não haver um momento marcante para a introdução do jogo.

Esta investigação constitui um contributo para a integração de jogos sérios em contexto educativo, apresentando recomendações para o seu *design*.

Palavras-chave: Jogos sérios, *Tempoly*, Educação matemática, Princípios de aprendizagem

Abstract

Mobile devices are increasingly present in our society, with students always with them, in and out of school, often using them to play. Learning through digital games, in particular serious games, has thus been gaining importance in recent years, taking advantage of the inherent motivation of the game to improve the educational experience. This interest of the students led us to try to understand which are the characteristics of the games they play the most, with the objective of creating a serious game based on those characteristics, thus contributing to bring the educational resource (the serious game) closer to the student's interest.

The theoretical framework of this research analyzes the relationship between games and learning, namely the concept of digital game based learning, situated learning, flow state and Gee's learning principles (2003). It is also discussed the concept of serious game, the role that serious games can have in Mathematics learning and the topic of learning the arithmetic operations with polynomials, based on the official discipline programs and national exams.

The research was carried out in several stages. It began by performing a survey on the mobile games most played by the students, by developing a questionnaire, which was answered by 298 students. These data allowed to identify the 15 most played games, which were evaluated through a grid developed for this purpose. The results allowed to identify that the characteristics that were most emphasized in these games were linked to the challenge provided by the game, to the ease in the use of the controls and to the speed of the interactions of the game.

Starting from the study carried out and the curricular programs and goals of Basic Education and Secondary Education, the serious game *Tempoly* was conceived for the learning of the four arithmetic operations with polynomials. The game is of the puzzle genre, consisting of 250 challenges. In each challenge the player is presented with the polynomial he must build. For that, some polynomials and operations are available, which the player tries to combine to achieve the desired result. In addition, the game includes a creative mode, in which the student has the possibility to create new challenges, by indicating the polynomials and operations available and the desired result. This serious game is part of the games developed under the research project PTDC/CPE-CED/118337/2010 "From Games to Interactive Activities for Mobile-Learning".

Game usability tests were performed in user/observer mode with 59 participants, which allowed to improve the gameplay of *Tempoly*.

A quasi-experimental study was carried out with 101 students from the 3rd Cycle of Basic Education, where it was intended to evaluate the reactions of the students to the game *Tempoly*, the effects of the use of the game in learning polynomial operation, which is the best moment to introduce *Tempoly* relatively to the programmatic unit on polynomials, the relationship between student performance in *Tempoly* and its appropriation of knowledge and the relationship between the use of *Tempoly* and the time interval in which it was available. Data collection was done through an opinion questionnaire on the *Tempoly*, a field diary, a knowledge pre-test and post-test and use records of *Tempoly* by the students.

The data obtained allowed us to conclude that students liked to play *Tempoly* (89%), considering that the game helped them learn the polynomial operations (66%) and that what they learned in class was useful to play the game (79%). Through a 10-point knowledge pre-test and post-test, it was concluded that the average score of students who played *Tempoly* simultaneously with the

classes increased 2.55 points while the average score of students who did not play the game increased 1.20 points. The group that played versus the group that did not play through the Mann-Whitney test were compared, and the results were statistically significant, allowing to conclude that the *Tempoly*, combined with the classes on the corresponding program unit, contributed to the learning of the arithmetic polynomial operations. It was also analyzed if there were differences between the groups that played *Tempoly* as an introduction to the unit, at an intermediate moment, or as unit consolidation, through the Kruskal-Wallis test. This test did not reveal statistically significant differences, indicating, therefore, that there was not a marked moment for the introduction of the game.

This research constitutes a contribution to the integration of serious games in educational context, presenting recommendations for their design.

Keywords: Serious games, *Tempoly*, Mathematics education, Learning principles

Índice

Índice	xvii
Índice de tabelas	xxv
Índice de figuras	xxvii
Lista de abreviaturas	xxxiii
Capítulo I – Introdução	1
1.1. Contextualização.....	3
1.2. As tecnologias digitais e os jogos sérios na aprendizagem	6
1.3. Questões de investigação	10
1.4. Objetivos de investigação	10
1.5. Destinatários.....	11
1.6. Estrutura da tese.....	11
Capítulo II – Os jogos digitais e a aprendizagem	15
2.1. O jogo.....	18
2.1.1. Características do jogo	18
2.1.2. A aprendizagem baseada em jogos digitais	25
2.1.2.1. O estado de fluxo	30
2.1.2.2. A aprendizagem situada	32

2.1.2.3.	Os princípios de aprendizagem de Gee.....	35
2.1.2.4.	Os géneros dos jogos digitais.....	49
2.1.3.	Os jovens e as tecnologias móveis em Portugal.....	51
2.1.4.	A aprendizagem móvel.....	54
2.2.	Jogos sérios.....	60
2.2.1.	Taxonomias de jogos sérios.....	64
2.2.2.	Jogos sérios na aprendizagem da Matemática.....	69
Capítulo III – Metodologia.....		75
3.1.	Opções metodológicas.....	77
3.1.1.	Primeira fase – Identificação dos jogos que os alunos jogam.....	80
3.1.2.	Segunda fase – Análise dos jogos.....	80
3.1.3.	Terceira fase – <i>Design</i> do jogo <i>Tempoly</i>	81
3.1.4.	Quarta fase – Integração do jogo <i>Tempoly</i> em contexto educativo.....	82
3.2.	Técnicas de recolha de dados.....	84
3.2.1.	Inquérito.....	84
3.2.2.	Observação.....	85
3.3.	Instrumentos de recolha de dados.....	86
3.3.1.	Questionário – Preferências dos alunos sobre jogos móveis.....	86
3.3.2.	Grelha de análise de jogos.....	90
3.3.3.	Questionário de opinião sobre o jogo <i>Tempoly</i>	91

3.3.3.1. Versão preliminar do Questionário de opinião sobre o jogo <i>Tempoly</i>	93
3.3.3.2. Versão final do Questionário de opinião sobre o jogo <i>Tempoly</i>	95
3.3.4. Diário de campo	97
3.3.5. Testes de conhecimentos.....	98
3.3.6. Registos de utilização.....	100
3.4. Recolha de dados.....	100
3.5. Tratamento de dados.....	101
3.6. Calendarização do estudo.....	103
Capítulo IV – Os jogos mais jogados pelos alunos.....	107
4.1. Participantes no estudo.....	109
4.2. Hábitos de jogo.....	111
4.3. Os jogos mais jogados.....	119
4.4. A dificuldade do jogo.....	122
4.5. As características dos jogos mais jogados.....	125
Capítulo V – Análise dos jogos	133
5.1. Breve descrição dos jogos	135
5.1.1. <i>Bad Piggies</i>	136
5.1.2. <i>Call of Duty</i>	137
5.1.3. <i>Crossfire</i>	139
5.1.4. FIFA.....	141

5.1.5.	<i>Fruit Ninja</i>	142
5.1.6.	<i>Grand Theft Auto</i>	143
5.1.7.	<i>Hill Climb Racing</i>	145
5.1.8.	<i>Jetpack Joyride</i>	146
5.1.9.	<i>Little Big Planet</i>	147
5.1.10.	<i>Minecraft</i>	148
5.1.11.	<i>Pro Evolution Soccer</i>	150
5.1.12.	<i>Puzzle Bobble</i>	151
5.1.13.	<i>Stardolls</i>	152
5.1.14.	<i>Subway Surfers</i>	153
5.1.15.	<i>The Sims</i>	155
5.2.	Os géneros dos jogos mais jogados pelos alunos	156
5.3.	Características dos jogos	157
5.3.1.	Instruções.....	158
5.3.2.	Missões.....	158
5.3.3.	<i>Feedback</i>	159
5.3.4.	Pontuação.....	160
5.3.5.	Número de jogadores	160
5.4.	Princípios de aprendizagem.....	161
Capítulo VI – O jogo sério <i>Tempoly</i>.....		179
6.1.	A aprendizagem das operações aritméticas com polinómios....	182
6.1.1.	Competências.....	182
6.1.2.	Conteúdos programáticos.....	186

6.2.	Antecedentes do jogo.....	197
6.2.1.	O Jogo do Tesouro.....	199
6.2.2.	O jogo do 24.....	203
6.3.	<i>Design</i> do jogo <i>Tempoly</i>	205
6.3.1.	Propósito do jogo.....	205
6.3.2.	Princípios de aprendizagem de Gee no jogo.....	207
6.3.3.	História subjacente ao jogo	227
6.3.4.	A mascote.....	227
6.3.5.	O menu principal	228
6.3.6.	Mecânica do jogo	229
6.4.	A versão preliminar do jogo <i>Tempoly</i>	232
6.5.	Descrição do jogo <i>Tempoly</i>	235
6.5.1.	Género de jogo.....	236
6.5.2.	Tutorial.....	237
6.5.3.	Níveis.....	239
6.5.4.	<i>Feedback</i>	242
6.5.5.	Medalhas.....	245
6.5.6.	Controlo do utilizador.....	248
6.5.7.	Modo criativo.....	250
6.6.	Testes de usabilidade.....	251
6.6.1.	Estudo exploratório.....	253
6.6.2.	Estudo de usabilidade	253
6.6.2.1.	As tarefas.....	254
6.6.2.2.	Questionário de satisfação	254

6.6.2.3. Os participantes	254
6.6.2.4. Metodologia	255
6.6.2.5. Resultados obtidos	255
Capítulo VII – Avaliação do jogo <i>Tempoly</i> em contexto educativo.....	259
7.1. Estudo piloto.....	262
7.2. O estudo.....	268
7.2.1. Reações dos alunos	269
7.2.1.1. Motivação	270
7.2.1.2. Percepções	273
7.2.1.3. Preferências.....	276
7.2.1.4. Atitudes	282
7.2.2. Aprendizagem dos alunos	284
7.2.2.1. Evolução do pré-teste para o pós-teste, por turma.....	284
7.2.2.2. Efeito da utilização do <i>Tempoly</i> na evolução do pré-teste para o pós-teste.....	288
7.2.3. Momento de introdução do jogo	289
7.2.4. Desempenho dos alunos no jogo	290
7.2.4.1. Desafios jogados	291
7.2.4.2. Nível máximo atingido.....	292
7.2.4.3. Eficiência	292
7.2.4.4. Tempo de jogo	293
7.2.5. Frequência de utilização do <i>Tempoly</i> por turma.....	294

7.2.5.1. Desafios jogados por turma	294
7.2.5.2. Nível máximo atingido por turma	295
7.2.5.3. Eficiência por turma	296
7.2.5.4. Tempo de jogo por turma.....	297
Capítulo VIII – Conclusão	301
8.1. Descrição do estudo.....	303
8.1.1. Jogos mais jogados.....	303
8.1.2. Análise dos jogos	305
8.1.3. O jogo sério <i>Tempoly</i>	306
8.1.4. Efeitos no jogo em contexto educativo	307
8.1.4.1. Reações dos alunos	307
8.1.4.2. Aprendizagem dos alunos	308
8.1.4.3. Momento de introdução do jogo.....	309
8.1.4.4. Desempenho dos alunos no jogo.....	309
8.1.4.5. Frequência de utilização do <i>Tempoly</i>	310
8.2. Limitações do estudo.....	310
8.3. Recomendações para o desenvolvimento de jogos sérios para dispositivos móveis.....	311
8.4. Investigação a realizar.....	316
8.5. Reflexão final.....	317
Referências.....	319

Anexos	343
1. Pedido de dados ao IAVE	345
2. Questionário sobre os jogos mais jogados.....	347
3. Grelha de análise de jogos.....	354
4. <i>Design do Tempoly</i>	357
5. Lista de funcionalidades do <i>Tempoly</i>	361
6. Questionário de satisfação.....	366
7. Pré-teste.....	368
8. Pós-teste.....	369
9. Questionário de opinião – versão preliminar	370
10. Questionário de opinião.....	375
11. Lista de jogos	384

Índice de tabelas

Tabela 2.1. Algumas definições de jogo.....	18
Tabela 2.2. As características do jogo presentes nas várias definições	25
Tabela 2.3. As classes dos princípios de aprendizagem de Gee	36
Tabela 2.4. A relevância dos princípios de Gee na aprendizagem da Matemática.....	48
Tabela 2.5. Os géneros dos jogos digitais	49
Tabela 2.6. Uma taxonomia de jogos sérios, segundo o tema e o destinatário.....	65
Tabela 3.1. Operacionalização do estudo	79
Tabela 3.2. Alunos participantes no estudo	83
Tabela 3.3. As questões dos testes de conhecimentos	99
Tabela 3.4. Calendarização do estudo.....	104
Tabela 3.5. Calendarização da integração em contexto educativo	104
Tabela 4.1. Idade e género dos participantes	110
Tabela 4.2. Jogos mais jogados pelos alunos por dispositivo	120
Tabela 4.3. Jogos mais jogados, por género.....	121
Tabela 5.1. Géneros dos jogos mais jogados pelos alunos	157
Tabela 5.2. Princípios de aprendizagem presentes nos jogos mais jogados pelos alunos	161
Tabela 6.1. Conteúdos programáticos do 8.º ano relacionados com a aprendizagem das operações aritméticas com polinómios	187
Tabela 6.2. Metas de aprendizagem do 8.º ano relacionadas com as operações aritméticas com polinómios	188
Tabela 6.3. Conteúdos programáticos do 10.º ano relacionados com a aprendizagem das operações aritméticas com polinómios	191

Tabela 6.4. Metas de aprendizagem do 10.º ano relacionadas com as operações aritméticas com polinómios	191
Tabela 6.5. Grau dos polinómios e operações envolvidas nos níveis do <i>Tempoly</i>	242
Tabela 6.6. As medalhas do <i>Tempoly</i>	247
Tabela 7.1. Resultados obtidos nos testes de conhecimentos, na Turma 0 ..	263
Tabela 7.2. Os resultados do teste Wilcoxon relativo à diferença entre o pré-teste e o pós-teste, na Turma 0	264
Tabela 7.3. Tratamento recebido por turma	268
Tabela 7.4. Resultados obtidos nos testes de conhecimentos, nas Turmas 1 a 4	285
Tabela 7.5. Os resultados do teste de Wilcoxon <i>signed rank</i> relativo à diferença entre o pré-teste e o pós-teste, nas Turmas 1 a 4	287
Tabela 7.6. Os resultados do teste Mann-Whitney relativo à evolução nos testes nos dois grupos	289
Tabela 7.7. Os resultados do teste de Kruskal-Wallis relativo à diferença entre os testes, nas Turmas 1, 2 e 3	290
Tabela 7.8. Desafios jogados pelos alunos nos dispositivos móveis	291
Tabela 7.9. Nível máximo atingido pelos alunos	292
Tabela 7.10. Eficiência dos alunos nos desafios do <i>Tempoly</i>	293
Tabela 7.11. Tempo de jogo dos alunos no <i>Tempoly</i>	293

Índice de figuras

Figura 1.1. Índice de atitudes para com os computadores.....	7
Figura 2.1. As duas dimensões da aprendizagem baseada em jogos digitais.	28
Figura 2.2. A aprendizagem na teoria da cognição situada	33
Figura 2.3. Utilização das tecnologias no grupo etário dos 10 aos 15 anos.....	52
Figura 2.4. Principais atividades realizadas na Internet pelo grupo etário dos 10 aos 15 anos.....	53
Figura 3.1. O modelo da aceitação da tecnologia	86
Figura 3.2. O modelo de avaliação da aprendizagem eficaz baseada em jogos	92
Figura 4.1. Participantes no estudo, por ano de escolaridade.....	110
Figura 4.2. Costuma jogar em dispositivos móveis	111
Figura 4.3. Costuma jogar em dispositivos móveis, por género.....	111
Figura 4.4. Dispositivo onde o aluno costuma jogar com mais frequência.....	112
Figura 4.5. Costuma jogar em dispositivos móveis, por ano de escolaridade.	112
Figura 4.6. Horas de jogo por semana	113
Figura 4.7. Número de horas de jogo por semana, por género.....	114
Figura 4.8. Costuma jogar com outros jogadores na Internet, por ano de escolaridade	115
Figura 4.9. Costuma jogar sozinho, por ano de escolaridade	115
Figura 4.10. Com quem jogam os alunos, por género	116
Figura 4.11. Costuma jogar com outros jogadores na Internet, segundo o tempo de jogo semanal	117
Figura 4.12. Número de jogos no dispositivo móvel.....	118
Figura 4.13. Número de jogos no dispositivo móvel, segundo o tempo de jogo semanal	118

Figura 4.14. Percentagem de alunos cujo jogo mais jogado não é adequado para a sua idade.....	121
Figura 4.15. A dificuldade do jogo.....	122
Figura 4.16. Possibilidade de mudar a dificuldade do jogo.....	122
Figura 4.17. A dificuldade do jogo mais jogado, segundo o género.....	123
Figura 4.18. A dificuldade do jogo mais jogado, segundo o tempo de jogo semanal.....	124
Figura 4.19. A dificuldade do jogo mais jogado, segundo a companhia no jogo.....	124
Figura 4.20. A dificuldade do jogo mais jogado, segundo o número de jogos.....	125
Figura 4.21. Classificação do jogo mais jogado.....	127
Figura 4.22. Classificação do jogo mais jogado, por género.....	128
Figura 4.23. Classificação do jogo mais jogado, segundo o tempo de jogo semanal.....	129
Figura 4.24. Classificação do jogo mais jogado em relação à colaboração com outros jogadores.....	130
Figura 5.1. Uma engenhoca construída num nível do jogo <i>Bad Piggies</i>	137
Figura 5.2. Um nível do jogo <i>Call of Duty: Modern Warfare 3</i>	138
Figura 5.3. Um nível do jogo <i>Crossfire</i>	140
Figura 5.4. Um jogo de futebol no FIFA 14.....	141
Figura 5.5. Um nível do jogo <i>Fruit Ninja</i>	143
Figura 5.6. Uma missão do jogo <i>Grand Theft Auto IV</i>	144
Figura 5.7. Um nível do jogo <i>Hill Climb Racing</i>	145
Figura 5.8. Uma corrida no jogo <i>JetPack Joyride</i>	147
Figura 5.9. Um nível no jogo <i>Little Big Planet</i>	148
Figura 5.10. O Taj Mahal num jogo de <i>Minecraft</i>	149
Figura 5.11. Um jogo de <i>Pro Evolution Soccer</i>	150
Figura 5.12. Um jogo de <i>Puzzle Bobble</i>	152
Figura 5.13. Uma boneca do jogo <i>Stardolls</i>	153

Figura 5.14. Um nível do jogo <i>Subway Surfers</i>	154
Figura 5.15. Uma personagem do jogo <i>The Sims</i>	155
Figura 6.1. As médias dos resultados dos alunos nas Provas Finais de Matemática do 3.º Ciclo do Ensino Básico, de 2013 a 2015	193
Figura 6.2. Uma das questões da 2.ª Chamada da Prova Final de Matemática do 3.º Ciclo do Ensino Básico	194
Figura 6.3. Uma das questões da 1.ª Chamada da Prova Final de Matemática do 3.º Ciclo do Ensino Básico	195
Figura 6.4. Uma das questões da 2.ª Fase da Prova Final de Matemática do 3.º Ciclo do Ensino Básico	196
Figura 6.5. Delineamento do <i>Tempoly</i>	198
Figura 6.6. O início do <i>Jogo do Tesouro</i>	199
Figura 6.7. Um dos níveis do <i>Jogo do Tesouro</i>	201
Figura 6.8. Uma carta do Jogo do 24	204
Figura 6.9. Um dos desafios do <i>Tempoly</i>	206
Figura 6.10. Sequência de operações aritméticas	207
Figura 6.11. Decomposição de um problema em subproblemas	209
Figura 6.12. As entradas e a saída da adição	211
Figura 6.13. As entradas e a saída da divisão	212
Figura 6.14. Uma solução errada para o desafio	214
Figura 6.15. A medalha final do <i>Tempoly</i>	215
Figura 6.16. A realização de cálculos pelos <i>Tempoly</i>	217
Figura 6.17. Medalhas ganhas pelo jogador num certo momento do jogo	219
Figura 6.18. Desafios resolvidos em cada nível	220
Figura 6.19. O jogador pode escolher jogar um desafio entre os primeiros 17 níveis	223
Figura 6.20. Um desafio do primeiro nível	225
Figura 6.21. A mascote do <i>Tempoly</i>	228
Figura 6.22. O menu principal	228
Figura 6.23. Um nível com a variável p	230

Figura 6.24. Indicação das jogadas efetuadas e do tempo despendido.....	231
Figura 6.25. Indicação do recorde de jogadas e de tempo	232
Figura 6.26. A área de jogo na versão preliminar do <i>Tempoly</i>	233
Figura 6.27. Os níveis de madeira, pedra e metal.....	236
Figura 6.28. O tutorial do jogo	238
Figura 6.29. A mascote do jogo como narrador	239
Figura 6.30. Os primeiros 5 níveis apenas envolvem operações com números	241
Figura 6.31. A animação correspondente a uma operação com polinómios..	243
Figura 6.32. Resolver um desafio desbloqueia o nível seguinte	245
Figura 6.33. Informação sobre o progresso do jogador.....	248
Figura 6.34. Opções do jogo	250
Figura 6.35. O modo criativo do jogo	251
Figura 7.1. Exemplos de respostas à questão 5 do pré-teste e pós-teste.....	265
Figura 7.2. Exemplos de respostas à questão 7 do pré-teste e pós-teste.....	266
Figura 7.3. O primeiro dia de jogo	269
Figura 7.4. Nível de interesse pelas aulas onde foi jogado o <i>Tempoly</i>	271
Figura 7.5. Gosto em jogar o <i>Tempoly</i> na sala de aula.....	271
Figura 7.6. Reações do aluno quando conseguia / não conseguia encontrar a chave.....	272
Figura 7.7. Gosto em arrastar os hexágonos	273
Figura 7.8. A aprendizagem através do jogo.....	274
Figura 7.9. Utilidade das aulas no jogo <i>Tempoly</i>	274
Figura 7.10. Exigência do jogo em termos de cálculos	275
Figura 7.11. Exigência do jogo em termos de reflexão	275
Figura 7.12. Dificuldade do <i>Tempoly</i>	276
Figura 7.13. Gosta mais de jogar do que outras formas de trabalho.....	277
Figura 7.14. Gostaria de usar jogos novamente.....	278
Figura 7.15. Preferência em relação à visualização do número de jogadas e tempo utilizado	278

Figura 7.16. Preferência em relação à indicação de uma solução	279
Figura 7.17. Preferências em relação à música e aos efeitos sonoros	280
Figura 7.18. Utilização do modo criativo	280
Figura 7.19. Clareza da ajuda	281
Figura 7.20. Opinião em relação ao aspeto gráfico, tema do jogo e nome das medalhas	281
Figura 7.21. Os hábitos de jogo	282
Figura 7.22. O gosto pela Matemática	283
Figura 7.23. Evolução dos resultados nos testes de conhecimentos nas quatro turmas	286
Figura 7.24. Evolução média entre o pré-teste e o pós-teste	288
Figura 7.25. Número médio de desafios jogados, por turma.....	295
Figura 7.26. Média do nível máximo atingido, por turma.....	296
Figura 7.27. Média da eficiência, por turma	297
Figura 7.28. Tempo médio de jogo, por turma	298
Figura 7.29. Tempo mediano de jogo, por turma	298

Lista de abreviaturas

BECTA – *British Educational Communications and Technology Agency*

DGIDC – *Direção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular*

ESA – *Entertainment Software Association*

ESRB – *Entertainment Software Rating Board*

FCT – *Fundação para a Ciência e a Tecnologia*

IAVE – *Instituto de Avaliação Educativa*

INE – *Instituto Nacional de Estatística*

ISO – *International Organization for Standardization*

MMORPG – *Massively Multiplayer Online Role-Playing Game*

NCTM – *National Council of Teachers of Mathematics*

OCDE – *Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico*

P2P – *Peer to Peer*

PDA – *Personal Digital Assistant*

PISA – *Programme for International Student Assessment*

RPG – *Role-Playing Game*

SPSS – *Statistical Package for the Social Sciences*

TAM – *Technology Acceptance Model*

TIC – *Tecnologias da Informação e Comunicação*

Capítulo I

Introdução

Este capítulo inicia-se com uma contextualização do trabalho de investigação, seguindo-se uma breve abordagem ao tema da relação entre as tecnologias digitais e a aprendizagem.

De seguida, são apresentadas as questões de investigação, os objetivos e os destinatários do estudo.

O capítulo termina com a apresentação da estrutura da tese.

1.1. Contextualização

A educação Matemática oferece muitos desafios, oportunidades, mas também algumas dificuldades. Esta disciplina reveste-se de elevado grau de abstração, o que coloca dificuldades aos alunos, que por vezes perdem o interesse pela aprendizagem. Há assim a necessidade de encontrar formas de ressurgir esse interesse pela disciplina. Esta dissertação enquadra-se nesta procura, através da utilização de jogos sérios na aprendizagem da Matemática.

Este trabalho de investigação tem a sua génese na minha dissertação de mestrado, que incidia sobre a utilização de videojogos nas aprendizagens da Matemática nos primeiros níveis de educação. Nessa dissertação, foi observado que a utilização de videojogos contribuía para as aprendizagens da Matemática, nomeadamente no desenvolvimento do raciocínio lógico e na resolução de problemas, não isolando as crianças e promovendo a cooperação entre elas. Surgiu assim naturalmente a questão de saber se o mesmo se verificava nos níveis mais avançados de ensino. Nas recomendações para estudos futuros dessa dissertação, pode ler-se:

Por outro lado, há a necessidade de refletir sobre a adequabilidade da utilização de videojogos nos níveis educativos subsequentes. Nestes, a existência de um currículo confere ao professor menos liberdade na introdução de estratégias alternativas, o que poderá criar problemas adicionais na implementação dos videojogos em contexto educativo. Para além disso, nos níveis educativos mais avançados, o carácter mais específico e mais técnico das aprendizagens, nomeadamente da matemática, deixa antever uma maior dificuldade na seleção de videojogos adequados para a aprendizagem. (Barros, 2009, p. 154)

Deste modo, vislumbravam-se algumas dificuldades à introdução de videojogos nesses níveis de ensino. Nessa dissertação de mestrado foi mencionado brevemente um primeiro passo que foi dado na tentativa de estudar esta questão. Logo após ter sido realizado o estudo com crianças na educação pré- -escolar, foi desenvolvido um jogo de computador sobre a temática dos polinómios, intitulado *Jogo do Tesouro*. Essa primeira experiência no desenvolvimento de jogos para o Ensino Básico e Ensino Secundário, que revelou algumas dificuldades na introdução de jogos em contexto escolar, descritas na secção 6.2.1, mostrou a necessidade de aprofundar o estudo desta temática. A presente dissertação pretende contribuir para esse aprofundamento.

O estudo realizado, que envolveu a criação de um novo jogo, incidiu sobre a aprendizagem das quatro operações aritméticas com polinómios. A motivação para a escolha deste tema está relacionada com o carácter basilar destas operações, que são essenciais para a aprendizagem de conhecimentos mais avançados da álgebra. A este propósito, Liping Ma (2009) reconhece o papel de base que as operações aritméticas desempenham na aprendizagem da Matemática:

A matemática é uma área da ciência que diz respeito a relações espaciais e numéricas e cujo raciocínio se baseia nestas relações. Historicamente, aritmética e geometria foram os dois principais ramos da disciplina de matemática. Hoje, apesar de o número de ramos da disciplina se ter expandido e o próprio campo da disciplina ter aumentado, o estatuto da aritmética e geometria como base ou fundamento da matemática permanece inalterado. Nenhum dos novos ramos, quer puros ou aplicados, opera sem as regras matemáticas básicas e as capacidades computacionais estabelecidas na aritmética e na geometria. A matemática do ensino básico, composta de aritmética e geometria elementares, é, portanto, a base da disciplina sobre a qual são construídos ramos avançados. (Ma, 2009, p. 203)

Combinando este meu interesse pelos jogos sérios e o ensino da Matemática, abracei com satisfação a minha integração na equipa do projeto “Dos Jogos às Atividades Interativas para Mobile Learning”¹. Este projeto estava faseado em sete partes, nomeadamente: 1) Identificação dos jogos para dispositivos móveis preferidos dos alunos (do 2º CEB ao Ensino Superior), através da técnica de inquérito; 2) Análise dos jogos; 3) Identificação dos princípios de aprendizagem subjacentes aos jogos; 4) Conceção de quatro atividades interativas (*serious games*); 5) Implementação das atividades interativas e avaliação da sua usabilidade; 6) Avaliação das atividades interativas desenvolvidas em contexto educativo; 7) Recomendações para construir atividades interativas para dispositivos móveis, que foram as seguidas nesta tese.

Como se dá conta na secção 6.1, as operações aritméticas com polinómios oferecem bastantes dificuldades aos alunos, sendo importante desenvolver estratégias para colmatar estas dificuldades, potenciando desta

¹ Projeto financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia com a referência PTDC/CPE-CED/118337/2010, informação disponível em <http://jml.fpce.uc.pt>

forma as aprendizagens de conhecimentos mais avançados da álgebra e da Matemática em geral.

1.2. As tecnologias digitais e os jogos sérios na aprendizagem

As tecnologias digitais são cada vez mais usadas e necessárias numa sociedade tecnologicamente avançada. De facto, as competências no uso destas tecnologias são uma exigência no mundo atual (Friedman, 2005; ECDL Foundation, 2011; Ferrari, 2012). A educação não pode assim, passar ao lado desta necessidade, tendo que adaptar os seus métodos e estratégias, integrando as tecnologias de informação e comunicação (TIC) no contexto educativo.

Em Portugal a aposta na integração das TIC no contexto educativo já vem de longa data (Carvalho & Pessoa, 2012). Este processo iniciou-se com o projeto Minerva (Meios Informáticos no Ensino – Racionalização, Valorização, Atualização), que esteve em vigor entre 1985 e 1994, e que tinha várias valências, indo desde a formação de professores à criação de *software*. Seguiram-se outras iniciativas, como o Programa Nónio Século XXI, de 1996 a 2002, também com várias vertentes, a uARTE – Internet na Escola, de 1997 a 2002, que pretendia ligar as escolas à Internet, a iniciativa Escolas, Professores e Computadores Portáteis, de 2005 a 2009, que distribuiu portáteis a escolas do 2.º e 3.º Ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário, o projeto Moodle.edu.pt em 2006, que incidia na formação de professores na área das TIC, ou o Plano Tecnológico da Educação, de 2007 a 2012, que, numa das suas iniciativas, distribuiu milhares de computadores portáteis – o Magalhães – pelos alunos do 1º ciclo.

Todas estas iniciativas deram o seu contributo para a integração das TIC nas escolas. De facto, a OCDE, num estudo realizado no âmbito da edição 2009 do PISA, concluiu que os alunos portugueses eram os que tinham melhores atitudes para com os computadores, entre todos os países da organização (OCDE, 2011), conforme se pode verificar na Figura 1.1.

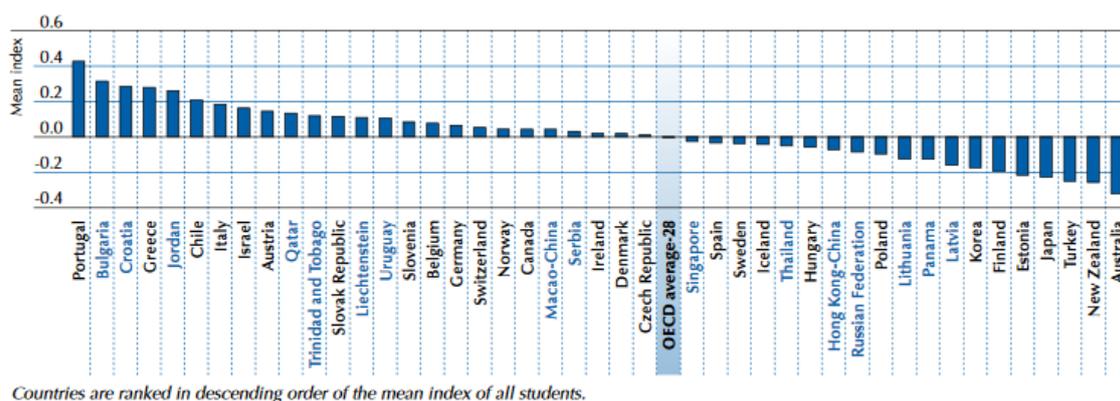


Figura 1.1. Índice de atitudes para com os computadores (Fonte: OCDE, 2011)

Nos últimos anos, devido a restrições orçamentais, tem havido um desinvestimento na introdução das TIC nas escolas. No entanto, tem sido incentivado em Portugal o uso de tecnologias móveis na escola, através, por exemplo, do projeto Laboratório de Salas de Aula Criativas (European School Net, 2015). Mais recentemente, foi apresentada a Iniciativa Nacional em Competências Digitais e.2030, que tem como um dos objetivos promover as competências digitais nas novas gerações.

Uma das vantagens das tecnologias é a sua omnipresença. Deste modo, a utilização das TIC na educação não deve ficar confinada às quatro paredes de uma sala de aula. Através da iniciativa “Abrir a Educação”, lançada em 2013, a Comissão Europeia reconheceu a importância da integração das tecnologias de informação e comunicação na educação, nomeadamente através da criação de

materiais que possam ser usados por qualquer aluno, em qualquer momento e lugar, em particular através de dispositivos móveis:

Os potenciais benefícios da revolução informática no domínio da educação são múltiplos: as pessoas podem facilmente procurar e adquirir conhecimentos de fontes diferentes dos seus professores e estabelecimentos de ensino, muitas vezes de graça; novos grupos de alunos podem ser destinatários de um ensino que já não está confinado à sala de aula nem a horários ou métodos específicos e que pode ser personalizado; surgem novos prestadores de serviços de educação; os professores podem facilmente partilhar e criar conteúdos com colegas e alunos de diferentes países; e pode ter-se acesso a um conjunto muito mais vasto de recursos educativos. As tecnologias abertas dão possibilidade a todos de aprender, em qualquer local, em qualquer momento, através de qualquer equipamento e com o apoio de qualquer pessoa. (Comissão Europeia, 2013, p. 3)

O trabalho realizado nesta tese enquadra-se neste espírito de abertura ao tempo e espaço exterior à escola. O propósito principal desta investigação é assim contribuir para o estudo que as tecnologias móveis poderão dar às aprendizagens na disciplina de Matemática, nomeadamente através do desenvolvimento e introdução de um jogo destinado a alunos do 3.º Ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário.

Uma das grandes dificuldades na aprendizagem da Matemática é o desinteresse pela disciplina, que se traduz numa elevada taxa de insucesso escolar. Por outro lado, os jogos digitais captam a atenção da grande maioria dos alunos (ver secção 2.1.3.), que lhes dedica grande parte do seu tempo. Num estudo (Common Sense, 2015) com 2658 norte-americanos entre os 8 e os 18 anos, concluiu-se que passavam 1h20m por dia a jogar estes jogos. Se parte desse tempo dedicado ao jogo for aproveitado para aproximar os alunos da Matemática, o envolvimento e a motivação na disciplina será potencialmente maior, contribuindo desta forma para melhorar as aprendizagens.

A utilização de jogos na aprendizagem está profundamente ligada ao conceito de jogos sérios, que se aborda na secção 2.2. Esta utilização não tem sido suficientemente estudada, sobretudo nos ciclos educativos mais avançados, mas os estudos realizados indicam que há um enorme potencial por aproveitar (ver secção 2.2.2.). No caso da Matemática a relação é ainda mais promissora, devido aos laços estreitos entre a Matemática e os jogos. Neste sentido, Guzmán (1990) defende que há uma grande semelhança entre os processos envolvidos nas atividades matemáticas e nos jogos:

Playing a good game or puzzle is the closest thing to doing mathematics; it stimulates essentially the same abilities and often requires the same type of strategies as mathematics. (Guzmán, 1990, p.364)

No caso particular dos jogos digitais, esta relação manifesta-se de forma particularmente relevante, sendo visível em diversos aspetos do *design* dos jogos (Lane, 2017).

Nesta investigação pretende-se conjugar os benefícios do uso de tecnologias móveis com as potencialidades da utilização de jogos na Educação Matemática, para desenvolver atividades educativas que promovam as aprendizagens.

Deste modo, esta investigação tem como finalidade estudar a utilização dos jogos sérios para dispositivos móveis, em contexto escolar, na aprendizagem da Matemática. Para este efeito, foi desenhado e desenvolvido um jogo sério para dispositivos móveis, denominado *Tempoly*, destinado às aprendizagens das quatro operações aritméticas com polinómios, que depois dos testes de usabilidade realizados e a subsequente retificação do jogo, foi estudada a sua utilização em contexto educativo, particularmente em relação à aprendizagem e as reações dos alunos.

1.3. Questões de investigação

Tendo em conta a importância tanto dos jogos sérios na aprendizagem como das tecnologias móveis, bem como as questões e os objetivos do projeto FCT referido, colocam-se as seguintes questões de investigação:

1. Quais são os jogos mais jogados em dispositivos móveis pelos alunos do 3.º Ciclo do Ensino Básico e quais são as suas características?
2. Que princípios de aprendizagem estão integrados nos jogos mais jogados pelos alunos?
3. Como aplicar esses princípios de aprendizagem num jogo sério para o ensino da Matemática em dispositivos móveis?
4. Quais são os efeitos da utilização do jogo *Tempoly* na aprendizagem e na satisfação dos alunos?

Para responder à Questão 4, serão analisados diversos aspetos da utilização do jogo, propondo-se diversas subquestões de investigação, conforme é descrito na secção 3.1.4.

1.4. Objetivos de investigação

Os objetivos desta investigação decorrem das questões de investigação indicadas. Desta forma, esta investigação tem como objetivos:

- i) Identificar os jogos móveis mais jogados pelos alunos do 3.º Ciclo do Ensino Básico e as suas características;

- ii) Identificar os princípios de aprendizagem presentes nos jogos mais jogados pelos alunos;
- iii) Conceber e desenvolver um jogo sério sobre Matemática para dispositivos móveis;
- iv) Avaliar as reações dos alunos e as aprendizagens matemáticas decorrentes do uso do jogo sério *Tempoly*.

1.5. Destinatários

Os destinatários do jogo sério desenvolvido – o *Tempoly* – são alunos do 3.º Ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário.

1.6. Estrutura da tese

Este trabalho de investigação está organizado em oito capítulos. Neste primeiro capítulo, *Introdução*, apresenta-se a temática da investigação, as questões e objetivos da investigação, os destinatários e apresenta-se uma visão global do estudo realizado.

No segundo capítulo, *Os jogos digitais e a aprendizagem*, faz-se uma revisão da literatura sobre a aprendizagem baseada em jogos digitais, incidindo sobre os conceitos de aprendizagem situada, o estado de fluxo e os princípios de aprendizagem de Gee (2003). Aborda-se ainda o conceito de jogo sério, e a relação entre o uso de jogos sérios e a aprendizagem da Matemática.

No terceiro capítulo, *Metodologia*, são explicitadas as opções metodológicas que foram tomadas, são apresentadas as várias fases da investigação e a metodologia adotada em cada uma delas. São ainda explicitadas as técnicas de recolha de dados e os instrumentos de recolha de dados concebidos para cada fase da investigação, bem como o respetivo tratamento.

Os quatro capítulos seguintes são dedicados à apresentação dos resultados obtidos. No quarto capítulo, *Os jogos mais jogados pelos alunos*, descreve-se o resultado do estudo relativo aos jogos mais jogados pelos alunos no 3º Ciclo do Ensino Básico (n=298). É feita uma caracterização dos hábitos de jogo dos alunos e são apresentados os jogos mais jogados pelos alunos, bem como as características que os alunos identificam nesses jogos, dando-se resposta à primeira das questões de investigação.

No quinto capítulo, *Análise dos jogos*, identificam-se os princípios de aprendizagem propostos por James Paul Gee (2003) presentes nos jogos mais jogados pelos alunos. Procedem-se a uma breve descrição desses jogos, analisando-os em seguida no que diz respeito aos princípios de aprendizagem envolvidos.

No sexto capítulo, *O jogo sério Tempoly*, é descrito o jogo. Começa-se por referir sucintamente a aprendizagem das operações aritméticas com polinómios, enquadrando-a nos programas nacionais do Ensino Básico e do Ensino Secundário. De seguida, descrevem-se os pressupostos do jogo e os princípios de aprendizagem incorporados. No ponto seguinte, apresentam-se as várias fases de desenvolvimento do jogo *Tempoly*, as suas características, bem como os testes de usabilidade realizados.

No sétimo capítulo, *Avaliação do jogo Tempoly em contexto educativo*, é descrita a utilização do jogo desenvolvido em contexto educativo com quatro turmas e os efeitos desse jogo na construção e aplicação de conhecimento

relativo às operações aritméticas com polinómios, respondendo-se à quarta das questões de investigação. São apresentados os resultados relativos à reação dos alunos ao jogo recolhidos através do questionário de opinião, aos testes de conhecimentos realizados pelos alunos e aos registos de utilização feitos pelo *Tempoly*, fazendo-se uma análise comparativa entre todos estes dados, de modo a responder às várias subquestões de investigação.

Por último, no oitavo capítulo, *Conclusões*, apresenta-se uma visão global da investigação e responde-se às questões de investigação. São feitas algumas recomendações para o desenvolvimento de jogos sérios para a aprendizagem da Matemática e fazem-se propostas de estudos para trabalhos futuros, terminando-se com uma reflexão.

Capítulo II

Os jogos digitais e a aprendizagem

A relação entre a Matemática e os jogos é muito antiga e multifacetada (Beasley, 2013, Wells, 2002). Os jogos de tabuleiro, essencialmente matemáticos, em que é necessário o uso de uma estratégia e cujo resultado não depende apenas da sorte, fazem parte da cultura humana desde o Egipto Antigo (Crist et al. 2016). A chamada *teoria dos jogos*, criada por von Neumann em 1928, matemático também conhecido pela criação do computador, é hoje um ramo ativo da Matemática. A nível escolar, em Portugal, também se constata o reconhecimento da importância dos jogos, realizando-se todos os anos um Campeonato Nacional de Jogos Matemáticos, destinado a todos os alunos do Ensino Básico e do Ensino Secundário.

Este capítulo integra duas secções. Na primeira secção analisa-se o conceito de jogo e de aprendizagem baseada em jogos digitais, abordando-se os conceitos de estado de fluxo, aprendizagem situada, os princípios de aprendizagem de Gee e os géneros dos jogos digitais. Descreve-se ainda a implantação das tecnologias digitais entre os jovens em Portugal. A secção termina com uma análise dos benefícios da aprendizagem móvel através de jogos.

Na secção seguinte abordam-se os jogos sérios, dando especial atenção aos jogos desenvolvidos com o intuito de ser um apoio à aprendizagem da Matemática.

2.1. O jogo

As definições de jogo não são consensuais. Diversos autores apresentaram as suas próprias definições de jogo ou jogar, conceitos que em inglês são indicados por palavras distintas, nomeadamente *game* e *play*. Estas definições, embora usando terminologias distintas, apresentam várias características comuns, que discutimos no ponto seguinte.

2.1.1. Características do jogo

Na Tabela 2.1. apresenta-se algumas das definições de jogo propostas por diversos autores, que vão desde uma época em que não existiam jogos digitais até aos dias de hoje. Assim, começamos por apresentar as definições propostas por Huizinga (1938), Caillois (1961), Abt (1970), Avedon & Sutton-Smith (1971) e Suits (1978) sobre o conceito de jogo em geral. Embora os restantes autores não se refiram nestas definições especificamente a jogos digitais, várias das obras aqui citadas (Prensky, 2001, Salen & Zimmerman, 2004, Juul, 2005, Fullerton et al., 2008, Burgun, 2013) abordam o tema do *design* destes jogos, pelo que esta está implícita nas suas definições.

Tabela 2.1. Algumas definições de jogo

Autor	Definição de jogo
Huizinga (1938)	<p><i>“O jogo é uma atividade ou ocupação voluntária, exercida dentro de certos e determinados limites de tempo e de espaço, segundo regras livremente consentidas, mas absolutamente obrigatórias, dotado de um fim em si mesmo, acompanhado de um sentimento de tensão e de alegria e de uma consciência de ser diferente da vida quotidiana.”</i> (p. 24)</p>

Caillois (1961)	<i>“Um jogo é uma atividade livre, separada, incerta, não produtiva, governada por regras, faz-de-conta” (p. 43)</i>
Abt (1970)	<i>“Um jogo é uma atividade entre dois ou mais decisores independentes procurando alcançar os seus objetivos nalgum contexto limitante.” (p. 6)</i>
Avedon e Sutton-Smith (1971)	<i>Um jogo é um exercício de sistemas de controlo voluntários nos quais existe uma oposição entre forças, confinadas por um procedimento e regras para produzir um resultado desequilibrante. (p. 405)</i>
Suits (1978)	<i>“Um jogo é uma tentativa de atingir um estado específico, usando apenas os meios permitidos por regras, onde as regras proíbem o uso de meios mais eficientes em favor de meios menos eficientes, e onde as regras são aceites precisamente porque tornam essa atividade possível.” (p. 54)</i>
Prensky (2001)	<i>“Um jogo é composto por regras, objetivos, feedback, desafio, interação social e representação.” (p. 119)</i>
Salen e Zimmerman (2004)	<i>“Um jogo é um sistema no qual os jogadores se envolvem num conflito artificial, definido por regras, que termina num resultado quantificável.” (p. 83)</i>
Juul (2005)	<i>“Um jogo é um sistema baseado em regras com um resultado variável e quantificável, onde a diferentes resultados são atribuídos diferentes valores, o jogador esforça-se para influenciar o resultado, o jogador sente-se emocionalmente ligado ao resultado e as consequências da atividade são opcionais e negociáveis.” (p. 6)</i>
Fullerton et al. (2008)	<i>“Um jogo é um sistema fechado e formal, que envolve os jogadores num conflito estruturado e resolve a sua incerteza num resultado desigual.” (p. 46)</i>
McGonigal (2011)	<i>“Um jogo é definido por: um objetivo, regras, um sistema de feedback, e participação voluntária.” (p. 24)</i>
Burgun (2013)	<i>“Um jogo é um sistema de regras no qual agentes competem fazendo decisões ambíguas.” (p. 3)</i>

As diversas definições de jogo dadas na Tabela 2.1 apresentam diferentes aspetos complementares do jogo. Os principais aspetos apresentados são analisados a seguir.

Regras

Como se evidencia nas diversas definições propostas na Tabela 2.1, uma das principais características que define um jogo é a existência de regras, sendo referida por todos os autores. As regras são aquilo que torna uma simples brincadeira num jogo. O conceito de jogo é mais restrito do que o de brincadeira (Huizinga 1938, Bishop, 1991), sendo mais formal, estando sujeito a regras e sendo menos espontâneo. À medida que as crianças se desenvolvem, as regras, associadas à socialização e disciplinação da atividade lúdica, vão progressivamente transformando as brincadeiras em jogos (Piaget, 1971), como se dá conta na secção seguinte.

Embora os termos usados nestas definições de jogo sejam ligeiramente diferentes, estas baseiam-se na premissa de que o conjunto de regras de um jogo serve para delimitar as ações dos jogadores, criando assim um espaço separado da realidade. A palavra “regras” é usada pela maior parte dos autores, embora Abt (1970) use a expressão “contexto limitante” e Fullerton et al. (2008) usem a expressão “sistema fechado e formal”. Esta limitação, própria de cada jogo, é o que torna o jogo apelativo para o jogador. A definição de Suits (1978) evidencia esta característica quando afirma que “as regras são aceites precisamente porque tornam essa atividade possível”. Se as regras do jogo forem demasiado flexíveis, dando ao jogador demasiada liberdade, o jogo perde o interesse (se um jogador de xadrez pudesse fazer xeque-mate logo na primeira jogada, ninguém se interessaria pelo jogo).

Em suma, a dificuldade que um jogo oferece ao jogador está na essência do que o torna um jogo. No entanto, as regras também não podem ser demasiado restritivas, impedindo as ações do jogador. Como se verá na secção 2.1.2.1., a dificuldade adequada ao nível da destreza do jogador é uma das condições necessárias para o estabelecimento do estado de fluxo (Csikszentmihalyi, 1992).

Objetivos

Outra característica evidenciada pelas várias definições é a existência de objetivos num jogo. Enquanto Abt (1970), Prensky (2001) e McGonigal (2011) referem o termo “objetivos”, Suits (1978) usa a expressão “tentativa de atingir um estado específico” e Juul (2005) a expressão “esforça-se para influenciar o resultado”. Enquanto as regras constituem as dificuldades em atingir esses objetivos, a motivação de jogar provém dos próprios objetivos, como está patente na definição de Juul (2005), quando refere que o jogador se sente emocionalmente ligado ao resultado. Nos jogos com mais do que um jogador, o objetivo é frequentemente vencer o adversário, como é indicado nas definições de Avedon e Sutton-Smith (1971), Salen e Zimmerman (2004), Fullerton et al. (2008) e Burgun (2013), que referem a oposição entre jogadores.

No entanto, muitos dos jogos, em particular os jogos digitais, são jogados por um único jogador, enquanto outros são jogados por um grande número de jogadores, como os MMORPG (*Massively Multiplayer Online Role-Playing Game*). Para o jogador, o objetivo pode ser vencer um adversário fictício, controlado pelo computador, ou, simplesmente, ultrapassar um determinado obstáculo (chegar ao fim de um nível, receber uma determinada recompensa, etc.). Em jogos de simulação, como por exemplo, o *The Sims*, o objetivo pode mesmo ser criado pelo próprio jogador, que tenta construir algo a que se tenha proposto. Nos jogos, como os MMORPG, os jogadores frequentemente

auxiliam-se mutuamente, agrupando-se em grandes equipas, que tentam vencer inimigos comuns.

Os objetivos de um jogo são aquilo que orienta as ações do jogador, mantendo-o motivado no jogo e em estado de fluxo, como referem Csikszentmihalyi et al. (2005).

Flow tends to occur when the activity one engages in contains a clear set of goals. These goals serve to add direction and purpose to behavior. (Csikszentmihalyi et al., 2005, p. 601)

Interatividade

Uma outra característica essencial dos jogos, presente nalgumas das definições anteriores, é a interatividade. O jogo não é estático, desenvolvendo-se em resposta às ações que um jogador faz. Se, por um lado o desenvolvimento do jogo está delimitado pelas regras, por outro lado é incerto, pois depende do comportamento dos jogadores. As expressões usadas para se referir à interatividade pelos diversos autores referidos na Tabela 2.1 são variadas: Huizinga (1938) usa a expressão “desenvolve-se”, Cailliois (1961) refere que o jogo é uma atividade “incerta”, Prensky (2001) e McGonigal (2011) usam o termo inglês “*feedback*”, Juul (2005) refere o “resultado variável”, Fullerton et al. (2008) fala em “incerteza” e Burgun (2013) usa a expressão “decisões ambíguas”.

A resposta do jogo, ou *feedback*, pode ser dada quer pelo adversário, quer pelo computador, e permite que o jogador vá fazendo decisões continuamente ao longo do jogo. O *feedback* pode ser dado de diversas formas, como elementos numéricos, textos, sons, efeitos gráficos, ou também pela reação dos outros jogadores (Gee, 2003).

Por vezes, o *feedback* é dado à *posteriori*, quando os efeitos de uma ação de um jogador apenas se revelam mais tarde no jogo. Isto acontece, por

exemplo, nos jogos de estratégia, em que para se atingir um determinado objetivo, é necessário um planejamento longo e ponderado.

No entanto, em grande parte dos jogos, o *feedback* é claro e imediato. Csikszentmihalyi et al. (2005) referem que este tipo de *feedback* é essencial para o estabelecimento do estado de fluxo:

Immediate feedback serves this purpose: It informs the individual how well he or she is progressing in the activity, and dictates whether to adjust or maintain the present course of action. It leaves the individual with little doubt about what to do next. (Csikszentmihalyi et al., 2005, p. 602)

Também Prensky (2001) sublinha que o *feedback* dado por um jogo é a principal característica responsável pela aprendizagem. O jogo, através de um processo adaptativo e individualizado, vai dando ao jogador informações sobre o seu desempenho e dá-lhe indicações sobre como melhorá-lo, no momento em que são mais relevantes.

Nas diversas definições apresentadas na Tabela 2.1 são ainda referidas algumas outras características que definem um jogo, embora com menos preponderância.

Competição

A competição, ou na terminologia de alguns autores, o conflito, é um aspeto essencial de muitos jogos, segundo as definições de Avedon e Sutton-Smith (1971), Salen e Zimmerman (2004), Fullerton et al. (2008) e Burgun (2008). No entanto, nem todos os jogos envolvem a competição entre jogadores, ou entre o jogador e o computador. A competição, nestes jogos, só pode ser entendida como sendo um desafio, e, nesse sentido, está de certo modo incorporada nas características mencionadas anteriormente relativas à existência de objetivos e regras que dificultam o chegar a esses objetivos.

Atividade voluntária

A liberdade do jogador, que se dedica a um jogo de forma voluntária, é também particularmente relevante nos jogos (Huizinga, 1938, McGonigal, 2011). Esta característica é referida nas definições de Caillois (1961), Avedon e Sutton-Smith (1971), Suits (1978), quando se refere a regras aceites e Juul (2005) quando fala do esforço do jogador.

Se o jogador se sentir forçado a realizar uma determinada atividade, não a verá como um jogo, mas como uma obrigação, perdendo o interesse nela. A motivação intrínseca, associada a jogar de forma voluntária e recreativa, pelo entusiasmo e diversão que isso proporciona, está profundamente associada ao estado de fluxo (Nakamura & Csikszentmihalyi, 2002).

Interação social

A interação social é outro fator referido nalgumas das definições da Tabela 2.1. Na definição de Prensky (2001) esta referência é feita explicitamente, enquanto outras definições fazem alusão a uma atividade entre dois ou mais jogadores (Abt, 1970, Salen & Zimmerman, 2004, Fullerton et al., 2008, Burgun, 2013).

De facto, é a presença de alguns destes aspetos nomeadamente a existência de regras, objetivos e de *feedback*, o sentido de desafio, bem como a interação social que os jogos promovem, que tornam apropriada a sua utilização em contextos educativos.

Na Tabela 2.2 é indicado um resumo das definições que se referem às características do jogo atrás referidas, embora, como já foi frisado anteriormente, a terminologia usada em cada uma dessas definições seja bastante distinta.

Tabela 2.2. As características do jogo presentes nas várias definições.

	Huizinga (1938)	Caillouis (1961)	Abt (1970)	Avedon e Sutton-Smith (1971)	Suits (1978)	Prensky (2001)	Salen e Zimmerman (2004)	Juul (2005)	Fullerton et al. (2008)	McGonigal (2011)	Burgun (2013)
Regras	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Objetivos			X		X	X		X		X	
Interatividade	X	X				X		X	X	X	X
Competição				X			X		X		X
Atividade voluntária		X		X	X			X		X	
Interação social			X			X	X		X		X

2.1.2. A aprendizagem baseada em jogos digitais

Segundo Piaget (1971), “o jogo é um aspeto de qualquer atividade” (p. 189) e clarificou a sua importância na aprendizagem. À medida que a criança se desenvolve, as suas capacidades cognitivas vão-se alterando, bem como as suas brincadeiras e jogos. Segundo a Teoria de Desenvolvimento Cognitivo de Piaget, as crianças passam por quatro períodos de desenvolvimento cognitivo até chegar à idade adulta.

No início da infância, no chamado período sensório-motor, que vai desde o nascimento até cerca dos 2 anos de idade, as brincadeiras da criança

consistem numa exploração do mundo que a rodeia, através do movimento e dos sentidos. Estas brincadeiras contribuem para a perceção do mundo pela criança e constituem a base da sua aprendizagem. No final deste período, a criança começa a fazer experiências sucessivas, usando o método da tentativa e erro (Piaget, 1971).

Na fase seguinte do desenvolvimento da criança, que vai dos 2 aos 6 anos de idade, que Piaget denomina de período pré-operatório, aparecem as brincadeiras simbólicas, em que a criança atribui significados aos objetos que a rodeiam. Nesta fase desenvolve-se a linguagem oral, que é essencial para a construção desses significados (Piaget, 1971).

A partir dos 7 anos de idade a criança entra nos estádios operatórios. Dos 7 aos 11 anos, no chamado período operatório concreto, as crianças começam a substituir a fantasia pela lógica nas suas brincadeiras. No entanto, esta lógica ainda é aplicada apenas a situações concretas. As crianças conseguem agora compreender e manipular números e conseguem desenvolver estratégias para a resolução de problemas concretos. Neste período, muitos jogos passam a ser mais mentais do que físicos.

A partir dos 12 anos, a criança entra no estágio final do desenvolvimento, o período operatório formal, no qual permanecerá durante a sua vida adulta. Neste período, a criança já consegue resolver problemas abstratos e pensar de forma lógica sobre eles. A criança tem já a capacidade para jogar com regras abstratas e desenvolver estratégias complexas para a resolução de problemas. Os jogos matemáticos abstratos são assim adequados para as crianças que se encontram neste período do seu desenvolvimento, ou seja, as crianças no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário.

A utilização de jogos digitais na aprendizagem pode ser benéfica tanto no aspeto de apropriação de conhecimento (*knowledge*) como também no

desenvolvimento de competências (*skills*), como constataram McFarlane, Sparrowhawk e Heald (2002), num estudo realizado no Reino Unido com alunos de oito escolas do Ensino Básico e quatro escolas do Ensino Secundário.

Games provide a forum in which learning arises as a result of tasks stimulated by the content of the games, knowledge is developed through the content of the game, and skills are developed as a result of playing the game. (McFarlane, Sparrowhawk & Heald, 2002, p. 4)

No mesmo sentido, Gros (2007) considera também que os jogos digitais podem contribuir para a aprendizagem, uma vez que são centrados nos jogadores e na resolução de desafios:

the design of a learning environment built on the educational properties of games can be an appropriate way to improve learning. Digital games are user-centred: they can promote challenges, co-operation, engagement, and the development of problem-solving strategies (Gros, 2007, p. 23)

Jenkins (2009) defende mesmo que a capacidade de jogar é uma das competências essenciais para este século, na medida em que consiste numa exploração do meio envolvente, acarretando uma correspondente resolução de problemas, o que promove a aprendizagem. Squire (2013) também destaca a resolução de problemas como uma componente essencial da aprendizagem baseada em jogos digitais, que fornece aos jogadores um espaço onde podem interagir com ferramentas complexas. Nesta interação, os jogadores têm uma atitude produtiva, onde formulam objetivos e desenvolvem estratégias para atingir esses objetivos (Squire, 2011).

Para Prensky (2001), a aprendizagem através de jogos digitais é eficaz devido ao grande envolvimento na aprendizagem e ao processo de aprendizagem interativo proporcionado pelos jogos (ver Figura 2.1). Nos jogos de puro entretenimento, o envolvimento do jogador é alto, mas a aprendizagem é escassa. Por outro lado, no treino baseado em computadores, o envolvimento e a aprendizagem são baixos. Para Prensky, não é possível existir um nível alto

de aprendizagem com um nível baixo de envolvimento, pelo que a classe correspondente é vazia. Deste modo, é necessário encontrar um equilíbrio entre a aprendizagem e o envolvimento, mantendo ambos num nível elevado.

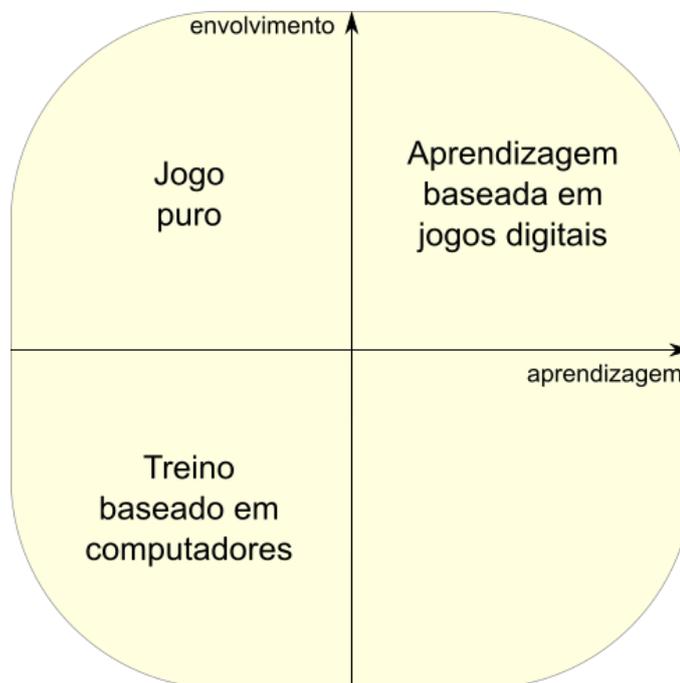


Figura 2.1. As duas dimensões da aprendizagem baseada em jogos digitais (adaptado de Prensky, 2001, p. 149)

A aprendizagem através dos jogos, embora constitua uma valiosa alternativa a outros métodos mais tradicionais, não pode ser, no entanto, desligada destes (Leemkuil et al., 2003), continuando o professor a ter um papel essencial na orientação dos alunos. Também Kirschner et al. (2006), partindo do conhecimento sobre a arquitetura cognitiva humana e resultados experimentais, argumentam que o esbatimento do papel do professor, deixando ao aluno a responsabilidade quase plena pela sua própria aprendizagem é menos eficaz do que um apoio do professor até que o aluno consiga, por si próprio, atuar como o seu próprio orientador.

Por outro lado, hoje a tecnologia é uma parte integrante das nossas vidas e em muitos casos é preciso um esforço de adaptação a este novo paradigma. No entanto, para muitos jovens, isto não se passa, e o que é novo para um adulto, para os jovens sempre existiu. Como disse Alan Kay: “*a technology is anything that wasn't around when you were born*”. De facto, os jovens alunos fazem parte da geração *swipe*², usando frequentemente o seu *smartphone*. Segundo o estudo de Simões et al. (2014), cerca de 70% dos jovens usa diariamente o seu *smartphone* para visitar uma rede social, estando em contacto permanente com os seus familiares e amigos e cerca de 50% pesquisa informação na Internet para satisfazer a sua curiosidade.

A importância do jogo e das TIC que acabámos de referir, também é reconhecida no Programa de Matemática do Ensino Básico:

o aluno deve ter diversos tipos de experiências matemáticas, nomeadamente resolvendo problemas, realizando atividades de investigação, desenvolvendo projetos, participando em jogos. (DGIDC, 2007, p. 8)

O computador possibilita explorações que podem enriquecer as aprendizagens realizadas no âmbito deste tema, nomeadamente através de applets – pequenos programas ou aplicações disponíveis na Internet – e permitir a realização de jogos e outras atividades de natureza interativa. (DGIDC, 2007, p. 21)

Num estudo envolvendo 3729 escolas americanas (Project Tomorrow and PASCO Scientific, 2008), 65% dos professores declaram que os jogos digitais promovem a motivação dos seus alunos. Neste estudo, cerca de metade dos alunos indicaram que gostam de descobrir formas de ser bem-sucedido nos jogos, o que está relacionado com a capacidade de resolver problemas, e

² Esta geração, que genericamente é composta pelos jovens com menos de 20 anos, é também conhecida como Geração Z e segue-se à primeira geração que cresceu com os computadores, intitulada Geração Y, geração polegar (Rheingold, 2002), geração digital (Prensky 2001, Gros 2002) ou *net generation* (Tapscott, 2008)

afirmaram que os jogos são úteis na aprendizagem porque lhes permite aprender conceitos difíceis, envolvendo-os nos assuntos a estudar. Por outro lado, os professores consideraram principalmente que os jogos permitiam adequar-se a diferentes estilos de aprendizagem, centrar a aprendizagem no aluno e desenvolver competências de resolução de problemas e pensamento crítico. Embora apenas 11% dos professores reconhecessem usar jogos nas suas aulas, mais de metade mostraram interesse em aprender mais sobre como integrar jogos na sala de aula e gostariam de ter formação que lhes permitisse fazer isso.

Nos pontos seguintes desta secção são discutidos alguns conceitos relacionados com a aprendizagem através de jogos digitais, nomeadamente a teoria do fluxo de Csikszentmihalyi (1992), a teoria da aprendizagem situada de Brown, Collins e Duguid (1989) e os princípios de aprendizagem de Gee (2003).

2.1.2.1. O estado de fluxo

A teoria do fluxo de Csikszentmihalyi (1992) defende que um indivíduo, ao realizar uma determinada atividade, pode atingir o denominado *estado de fluxo*, onde se sente profundamente concentrado nessa atividade. Quando o indivíduo atinge este estado de fluxo, a sua atenção centra-se integralmente nessa atividade, havendo uma alienação do ambiente exterior e do próprio decorrer do tempo. Ryan et al. (2006) designam a sensação de integração profunda na atividade de *presença*, e enquadram este fator na teoria da autodeterminação (Deci & Ryan, 1980, 1985, 1991, 2000), que considera a motivação intrínseca como o principal motivo para jogar.

O estado de fluxo é caracterizado pelo sentimento de que se é capaz de terminar uma atividade, grande capacidade de concentração, *feedback* rápido,

envolvimento profundo na atividade, sentimento de controlo sobre o decorrer da atividade, esbatimento da consciência de si mesmo e percepção alterada do tempo. Estas características têm uma importância crucial na aprendizagem, opondo-se aos estados de apatia e desinteresse em que a aprendizagem não ocorre. Estas características estão presentes nos jogos digitais atuais (Abrantes & Gouveia, 2007, Sharek & Wiebe, 2011), o que justifica a grande atração que estes exercem. O uso de jogos digitais, construídos de modo a promover o estado de fluxo, poderá assim ajudar a captar a atenção dos alunos, promover uma maior concentração e motivando um maior envolvimento dos alunos na aprendizagem (Mozelius, 2014).

O estado de fluxo ocorre quando a dificuldade da atividade se situa num nível adequado à proficiência do indivíduo (Csikszentmihalyi, 1992). Quando a atividade é demasiado difícil para o indivíduo, ocorre um estado de ansiedade. Por outro lado, quando é muito fácil, gera-se um estado de aborrecimento e apatia. A realização de uma determinada atividade pode passar naturalmente do estado de fluxo para um estado de apatia, à medida que a evolução das capacidades do indivíduo torna essa atividade menos desafiante e o jogador se torna mais proficiente. Por esse motivo, a utilização continuada de um jogo tem o efeito de se tornar menos motivante com o passar do tempo (Deater-Deckard et al., 2014). O *timing* de utilização do jogo é, por isso, um fator importante na introdução desta tecnologia educativa na sala de aula. Para se recuperar o estado de fluxo, é necessário que os desafios apresentados pelo jogo vão evoluindo com as capacidades do indivíduo, mas mantendo neste a sensação de controlo e de que é capaz de realizar a atividade. A adaptabilidade dos jogos digitais às capacidades do jogador, de forma interativa, bem como a dificuldade crescente que muitos jogos apresentam, permitem manter o jogador neste estado de fluxo.

2.1.2.2. A aprendizagem situada

A aprendizagem situada defende que os alunos conseguirão um conhecimento mais sólido, preparado para responder aos futuros desafios da vida real, através de uma instrução baseada na teoria da cognição situada. Esta teoria, desenvolvida por Brown et al. (1989) argumenta que a aprendizagem é um processo de aculturação. Esta aprendizagem é, em grande medida, não intencional, ocorrendo naturalmente, sem uma procura explícita. Brown et al. (1989) propõem que a aprendizagem em idades precoces, como por exemplo a aquisição da linguagem é um exemplo de cognição situada. No caso da Matemática, as experiências de Barth et al. (2005) mostraram que crianças com 5 anos de idade, sem qualquer experiência escolar ou conhecimentos numéricos, eram capazes de fazer adições, mesmo envolvendo objetos de natureza distinta.

O ponto essencial da teoria da cognição situada é que a aprendizagem tem uma natureza situada, isto é, que as situações em que o conhecimento é usado são essenciais para se efetuar uma aprendizagem sólida. As atividades, os conceitos e a cultura são interdependentes. Os conceitos são vistos como ferramentas, que um aluno pode adquirir, mas eventualmente não aprender a usar. Para aprender a usar essa ferramenta é necessário contextualizá-la numa atividade e não apenas compreender as suas regras de funcionamento. Esta atividade coproduz conhecimento. A utilização de um conceito (ferramenta) numa atividade autêntica, no sentido de atividade corrente numa determinada cultura, reconstrói e fortalece esse conceito providenciando uma compreensão mais profunda da sua utilidade e aplicação prática. Esta reconstrução demonstra o carácter dinâmico dos conceitos, sugerindo que o ensino formal, abstrato e autocontido, que fornece regras culturalmente descontextualizadas não favorece a aquisição de conhecimento útil. O termo ferramenta sugere que a aquisição deste conceito não é um fim em si, mas só serve algum propósito se for

interiorizada a sua forma de uso num determinado contexto. Brown et al. (1989) não separam as ferramentas do contexto em que se inserem, isto é, da atividade onde são usadas e da cultura onde estão inseridas.

As ferramentas conceptuais e as atividades onde são usadas influenciam-se reciprocamente e esta relação só pode ser compreendida dentro de uma determinada cultura que lhes serve de enquadramento (ver Figura 2.2). As atividades autênticas refletem-se nas ferramentas conceptuais, que não têm assim um significado independente. Por sua vez, as ferramentas, usadas apropriadamente permitem uma melhor compreensão das atividades. A aprendizagem não é mais do que o processo pelo qual se interioriza esta relação, e, portanto, é influenciada simultaneamente pelas ferramentas, atividades e cultura.

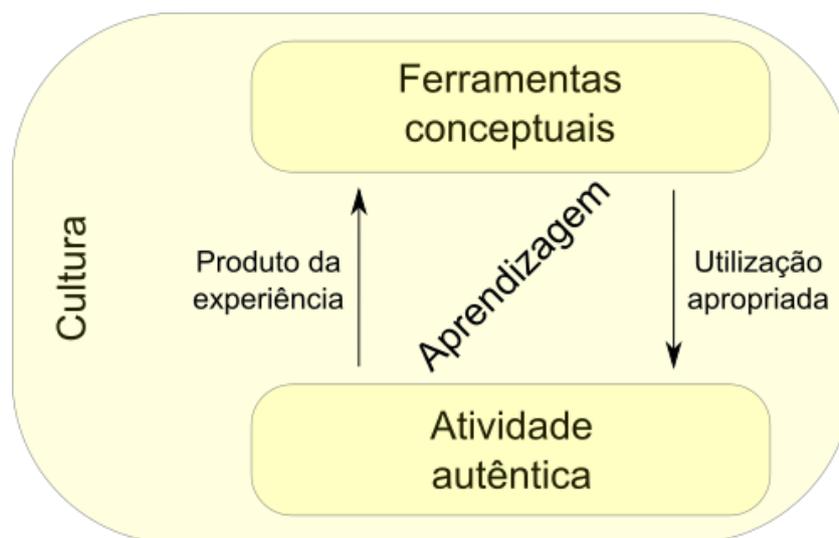


Figura 2.2. A aprendizagem na teoria da cognição situada

A teoria da cognição situada e a aprendizagem baseada em problemas são teorias da cognição e aprendizagem que ocuparam uma posição de relevo nos últimos anos. O conhecimento, segundo estas teorias, é visto mais como um saber-fazer do que um saber-saber, sendo promovido pela participação dos

alunos em atividades autênticas. O aluno desenvolve deste modo competências de responsabilidade pela sua aprendizagem, tornando-se um ator ativo e participativo do seu próprio desenvolvimento. Esta característica implica necessariamente que esta aprendizagem tenha um carácter individualizado. Os currículos têm assim que perder a sua rigidez tradicional, tornando-se flexíveis e adaptáveis às características individuais de cada aluno, inserido no seu contexto cultural (num paralelismo com a adaptação empresarial às condições dos mercados).

Neste contexto, tendo o aluno uma autonomia acrescida, o papel do professor passou a ser o de orientador do aluno e facilitador da sua aprendizagem. A tradicional hierarquia escolar, em que o professor se situa num plano superior ao dos alunos (do qual se encontram reminiscências no pequeno estrado que se encontra junto ao quadro nas escolas mais antigas), deu lugar a uma horizontalização da relação professor/aluno. O professor agora circula entre os alunos, no seu plano, auxiliando-os e motivando-os na sua aprendizagem. Do mesmo modo, também a hierarquia do sistema escolar deverá ser horizontalizada. Da mesma forma que o aluno deve procurar a sua autonomia na aprendizagem, também a Escola deverá ter autonomia para aplicar os métodos e projetos específicos para resolver os problemas educativos que encontra no seu meio sociocultural.

No caso específico da Matemática tem-se notado uma mudança nas exigências programáticas. Enquanto que há uns anos se valorizava sobretudo o conhecimento teórico, que serviria de base a futuras aplicações práticas, hoje em dia dá-se também importância ao saber-fazer. Como exemplo, num manual de Matemática do 11.º ano, de 1979, era indicado como objetivo "*proporcionar aos alunos, não só o domínio das técnicas de cálculo, mas sobretudo uma certa formação matemática que é indispensável para atacar problemas que no futuro tenham que resolver*". Por outro lado, num livro de 2014 do mesmo ano de escolaridade, da mesma editora, é referido que se pretende que "*o aluno se*

envolva ativamente no seu próprio processo de aprendizagem" e que *"o computador, munido de software matemático surge como uma ferramenta importante"*. Esta exigência está relacionada com o conceito de competência, que é desenvolvido na secção 6.1.1.

2.1.2.3. Os princípios de aprendizagem de Gee

Gee (2003), partindo do conceito de aprendizagem situada debatido no ponto anterior, defende que os bons jogos digitais são uma forma segura de o jogador se envolver em atividades nas quais não é ainda competente, permitindo repetir o ciclo de aprendizagem composto pela exploração, ação e falha, desenvolvendo a competência em causa. Este autor descreve 36 bons princípios de aprendizagem presentes nos jogos digitais, que se indicam a seguir. A descrição dos princípios de aprendizagem segue a ordem numérica do livro de Gee (2003). No entanto, devido à semelhança entre alguns dos princípios, Garcia-Murillo e MacInnes (2011) agruparam estes 36 princípios de aprendizagem em oito classes, que serão utilizadas na exposição dos princípios, nomeadamente Aprendizagem ativa e reflexiva, Aprendizagem orientada pelo contexto, Transferência de conhecimento, Aprendizagem através da prática, Aprendizagem através da realização, Aprendizagem sobre si próprio, Conteúdo, e Aprendizagem social.

A proposta de Garcia-Murillo e MacInness (2011) para agrupar os princípios de Gee está sintetizada na Tabela 2.3. Nesta destaca-se a Aprendizagem através do contexto (7 princípios) e a Aprendizagem através da prática (7 princípios).

Tabela 2.3. As classes dos princípios de aprendizagem de Gee.

Garcia-Murillo e Macness (2011)	Princípios de Gee (2003)
Aprendizagem ativa e refletida	1 – Princípio da Aprendizagem Ativa e Crítica 15 – Princípio da Exploração 22 – Princípio do Conhecimento Intuitivo 28 - Princípio da Descoberta
Aprendizagem orientada pelo contexto	2 – Princípio do Design 3 – Princípio da Semiótica 4 – Princípio dos Domínios Semióticos 17 – Princípio do Significado Situado 20 – Princípio Multimodal 32 – Princípio dos Modelos Culturais sobre os Domínios Semióticos 33 – Princípio da Distribuição
Transferência de conhecimento	5 – Princípio do Pensamento Meta-nível sobre os Domínios Semióticos 29 – Princípio da Transferência 30 – Princípio dos Modelos Culturais sobre o Mundo
Aprendizagem através da prática	7 – Princípio do Compromisso com a Aprendizagem 12 – Princípio da Prática 13 – Princípio da Aprendizagem Contínua 23 – Princípio do Subconjunto 24 – Princípio Incremental 25 – Princípio da Amostra Concentrada 26 – Princípio das Competências Básicas Ascendentes
Aprendizagem através da realização	6 – Princípio da Moratória Psicossocial 10 – Princípio da Amplificação da Entrada 11 – Princípio da Realização 14 – Princípio do Regime de Competência 16 – Princípio dos Caminhos Múltiplos

Garcia-Murillo e Macness (2011)	Princípios de Gee (2003)
Aprendizagem sobre si próprio	8 – Princípio da Identidade 9 – Princípio do Autoconhecimento 31 – Princípio dos Modelos Culturais sobre a Aprendizagem
Conteúdo	18 – Princípio do Texto 19 – Princípio Intertextual 21 – Princípio da Inteligência Material 27 – Princípio da Informação Explícita a Pedido e na Hora Certa
Aprendizagem social	34 – Princípio da Dispersão 35 – Princípio do Grupo de Afinidade 36 – Princípio Interno

Aprendizagem ativa e refletida

Estes princípios de aprendizagem dizem respeito ao papel ativo que o jogador tem na aprendizagem através de jogos. O jogador, para ser bem sucedido no jogo, tem que refletir sobre as suas ações e experimentar diversas estratégias. Ao fazê-lo, ganha um conhecimento intuitivo do jogo, que tem grande valor.

1. *Princípio da Aprendizagem Ativa e Crítica* – Todos os aspetos do ambiente de aprendizagem (incluindo as formas como o domínio semiótico é desenhado e apresentado) estão configurados para encorajar a aprendizagem ativa e crítica, não passiva (Gee, 2003, p. 49).

15. *Princípio da Exploração* – A aprendizagem é um ciclo de explorar o mundo (fazer alguma coisa); refletir sobre esta ação e, nessa base,

formar uma hipótese; reexplorar o mundo para testar esta hipótese; e depois aceitar ou repensar a hipótese (Gee, 2003, p. 107).

22. *Princípio do Conhecimento Intuitivo* – O conhecimento intuitivo ou tácito, construído pela prática e pela experiência repetidas, muitas vezes em associação com um grupo de afinidade, tem grande valor e é reconhecido. Não apenas o conhecimento verbal e consciente é recompensado (Gee, 2003, p. 111).

28. *Princípio da Descoberta* – As instruções diretas são mantidas num nível mínimo bem pensado, permitindo amplas oportunidades para o aprendiz experimentar e fazer descobertas (Gee, 2003, p. 138).

Aprendizagem orientada pelo contexto

Este grupo de princípios de aprendizagem dizem respeito ao modo como a aprendizagem através de jogos é uma forma de aprendizagem situada (ver secção 2.1.2.2.). O conhecimento que o jogador adquire através do jogo não é descontextualizado, estando ligado a vários elementos do jogo.

2. *Princípio do Design* – Aprender sobre e apreciar cada vez mais o *design* e os princípios do *design* está no cerne da experiência de aprendizagem (Gee, 2003, p. 49).

3. *Princípio da Semiótica* – Aprender sobre e apreciar cada vez mais as inter-relações dentro e através de múltiplos sistemas simbólicos (imagens, palavras, ações, símbolos, artefactos, etc.) como um sistema complexo está no cerne da experiência de aprendizagem (Gee, 2003, p. 49).

4. *Princípio dos Domínios Semióticos* – A aprendizagem envolve dominar num determinado nível, domínios semióticos, e ser capaz de participar, num determinado nível, no grupo ou grupos de afinidade a eles ligados (Gee, 2003, p. 50).
17. *Princípio do Significado Situado* – O significado dos sinais (palavras, ações, objetos, artefactos, símbolos, textos, etc.) está situado na experiência incorporada. Os significados não são gerais nem descontextualizados. Qualquer generalidade que os significados venham a ter, é descoberta de baixo para cima, a partir da experiência incorporada (Gee, 2003, p. 108).
20. *Princípio Multimodal* – O significado e o conhecimento são construídos através de várias modalidades (imagens, textos, símbolos, interações, *design* abstrato, som, etc.), e não apenas de palavras (Gee, 2003, p. 111).
32. *Princípio dos Modelos Culturais sobre os Domínios Semióticos* – A aprendizagem está configurada de tal forma, que os aprendentes pensam consciente e refletidamente sobre os seus modelos culturais sobre um domínio semiótico particular que estejam a aprender, sem denegrir as suas identidades, habilidades ou afiliações sociais, e justapõem-nas a novos modelos sobre este domínio (Gee, 2003, p. 167).
33. *Princípio da Distribuição* – O significado e o conhecimento são distribuídos pelo aprendente, objetos, ferramentas, símbolos, tecnologias e pelo meio ambiente (Gee, 2003, p. 197).

Transferência de conhecimento

Estes princípios de aprendizagem dizem respeito ao modo como o conhecimento é transferido, quer dentro do próprio jogo, de umas situações para outras, quer para fora do jogo.

5. *Princípio do Pensamento Meta-nível sobre os Domínios Semióticos* – A aprendizagem envolve o pensamento ativo e crítico sobre as relações entre o domínio semiótico que está a ser aprendido com outros domínios semióticos (Gee, 2003, p. 50).

29. *Princípio da Transferência* – Os aprendentes recebem ampla oportunidade de praticar, bem como apoio na transferência do que aprenderam anteriormente para problemas posteriores, incluindo problemas que exigem a adaptação e a transformação da aprendizagem anterior (Gee, 2003, p. 138).

30. *Princípio dos Modelos Culturais sobre o Mundo* – A aprendizagem está configurada de tal forma, que os aprendentes pensam consciente e refletidamente sobre alguns dos seus modelos culturais em relação ao mundo, sem denegrir as suas identidades, habilidades ou afiliações sociais, e justapõem-nas a novos modelos que possam entrar em conflito ou relacionar-se com eles de várias maneiras (Gee, 2003, p. 166).

Aprendizagem através da prática

Estes princípios de aprendizagem incidem sobre a grande prática que os jogos proporcionam aos jogadores. Estes envolvem-se voluntariamente nas

tarefas, que consideram cativantes, e com isso, vão entrando em sucessivos ciclos de aprendizagem.

7. *Princípio do Compromisso com a Aprendizagem* – Os aprendentes participam num envolvimento extenso (com muito esforço e prática) como uma extensão das suas identidades no mundo real em relação com a sua identidade virtual com a qual sentem algum compromisso e um mundo virtual que eles encontram cativante (Gee, 2003, p. 67).

12. *Princípio da Prática* – Os aprendentes recebem muita, muita prática num contexto onde a prática não é aborrecida (isto é, num mundo virtual que é cativante para os aprendentes nos seus próprios termos e onde os aprendentes experienciam um sucesso contínuo). Eles despendem muito tempo centrados nas tarefas (Gee, 2003, p. 71).

13. *Princípio da Aprendizagem Contínua* – A distinção entre o aprendente e o mestre é vaga, uma vez que os aprendentes, graças à operação do Princípio do Regime de Competência, devem, em níveis cada vez mais altos, desfazer as suas mestrias rotinizadas para se adaptar a condições novas ou alteradas. Há ciclos de nova aprendizagem, automatização, anulação de automatizações, e uma nova reorganização da automatização (Gee, 2003, p. 71).

23. *Princípio do Subconjunto* – A aprendizagem ocorre, mesmo desde o seu início, num subconjunto (simplificado) do domínio real (Gee, 2003, p. 137).

24. *Princípio Incremental* – As situações de aprendizagem são ordenadas nos estágios iniciais, de modo que casos anteriores conduzam a generalizações que são frutíferas para casos posteriores. Quando os

aprendentes se deparam mais tarde com casos mais complexos, o espaço de aprendizagem (o número e o tipo de tentativas que o aprendente pode fazer) é limitado pelo tipo de padrões frutíferos ou generalizações que o aprendente encontrou anteriormente (Gee, 2003, p. 137).

25. *Princípio da Amostra Concentrada* – O aprendente vê, especialmente no início, muitos mais exemplos dos sinais e ações fundamentais do que deveria ser o caso numa amostra menos controlada. Os sinais e ações fundamentais estão concentrados nos estágios iniciais para que os aprendentes os pratiquem frequentemente e os aprendam bem (Gee, 2003, p. 137).

26. *Princípio das Competências Básicas Ascendentes* – As competências básicas não são aprendidas isoladamente ou fora do contexto; em vez disso, o que conta como uma competência básica é descoberto de baixo para cima, através de um cada vez maior envolvimento no jogo/domínio ou jogos/domínios semelhantes. As competências básicas são elementos do género de um determinado tipo de jogo/domínio (Gee, 2003, p. 137).

Aprendizagem através da realização

Estes princípios de aprendizagem dizem respeito às recompensas que os jogos dão aos jogadores pela sua aprendizagem e ao encorajamento que é dado ao jogador pelo sentimento de capacidade de realização das tarefas. Este

sentimento está também ligado à noção de ausência de riscos³ e à existência de diversos caminhos possíveis para se conseguir concluir uma tarefa.

6. *Princípio da Moratória Psicossocial* – Os aprendentes podem correr riscos num espaço onde as consequências sobre o mundo real são baixas (Gee, 2003, p. 67).

10. *Princípio da Amplificação da Entrada* – Para uma pequena quantidade de entrada, os aprendentes recebem muita quantidade de saída (Gee, 2003, p. 67).

11. *Princípio da Realização* – Para os aprendentes de todos os níveis de competência existem recompensas intrínsecas desde o início, personalizadas de acordo com o nível, esforço e mestria crescente de cada aprendente e sinalizando as conquistas contínuas alcançadas pelo aprendente (Gee, 2003, p. 67).

14. *Princípio do Regime de Competência* – O aprendente obtém uma ampla oportunidade de operar dentro, mas no limite dos seus recursos, para que nesse ponto as tarefas sejam sentidas como desafiadoras, mas não impossíveis de realizar (Gee, 2003, p. 71).

16. *Princípio dos Caminhos Múltiplos* – Existem várias maneiras de progredir ou avançar. Isso permite aos aprendentes fazer escolhas, confiar nos seus próprios pontos fortes e estilos de aprendizagem e

³ A negação deste princípio de ausência de riscos tem sido explorada com sucesso pela indústria cinematográfica, como por exemplo, nos filmes *Jogos de Guerra*, de John Badham, *O Jogo*, de David Fincher ou *Jumanji*, de Joe Johnston, onde o jogo tem consequências severas na vida real dos protagonistas.

de resolução de problemas, enquanto também exploram estilos alternativos (Gee, 2003, p. 108).

Aprendizagem sobre si próprio

Estes princípios de aprendizagem abordam o autoconhecimento que é proporcionado pelos jogos. Este autoconhecimento decorre da aprendizagem sobre as relações da sua identidade com uma identidade virtual, bem como da aprendizagem sobre as próprias capacidades.

8. *Princípio da Identidade* – A aprendizagem envolve assumir e representar com identidades de uma maneira que o aprendente tem escolhas reais (no desenvolvimento da identidade virtual) e amplas oportunidades para meditar sobre as relações entre as novas identidades e as antigas. Há uma representação tripartida de identidades, à medida que os aprendentes se relacionam com, e refletem sobre as suas múltiplas identidades do mundo real, uma identidade virtual e uma identidade projetiva (Gee, 2003, p. 67).

9. *Princípio do Autoconhecimento* – O mundo virtual é construído de uma forma que os aprendentes aprendem não apenas sobre o domínio, mas também sobre eles próprios e sobre as suas capacidades atuais e potenciais (Gee, 2003, p. 67).

31. *Princípio dos Modelos Culturais sobre a Aprendizagem* – A aprendizagem está configurada de tal forma, que os aprendentes pensam consciente e refletidamente sobre os seus modelos culturais sobre a aprendizagem e sobre eles próprios enquanto aprendentes, sem denegrir as suas identidades, habilidades ou afiliações sociais, e

justapõem-nas a novos modelos de aprendizagem e deles próprios enquanto aprendentes (Gee, 2003, p. 166).

Conteúdo

Estes princípios de aprendizagem exprimem a forma como o conteúdo é disponibilizado através dos jogos. O conteúdo é apresentado com recurso a diferentes modalidades, fica guardado em diversos elementos do jogo e é disponibilizado nos momentos mais relevantes para o jogador.

18. *Princípio do Texto* – Os textos não são entendidos de forma puramente verbal (isto é, somente em termos das definições das palavras no texto e das suas relações dentro do texto entre si), mas são entendidos em termos de experiência incorporada. Os aprendentes alternam entre textos e experiências incorporadas. A compreensão mais puramente verbal (leitura de textos separados da ação incorporada) vem apenas quando os aprendentes possuem experiência incorporada suficiente no domínio e amplas experiências com textos semelhantes (Gee, 2003, p. 108).

19. *Princípio Intertextual* – O aprendente entende textos como uma família ("género") de textos relacionados e entende qualquer texto em relação a outros na família, mas apenas depois de ter alcançado entendimentos incorporados de alguns textos. Entender um grupo de textos como uma família ("género") de textos é uma grande parte do que ajuda o aprendente a apreender o sentido dos textos (Gee, 2003, p. 111).

21. *Princípio da Inteligência Material* – O pensamento, a resolução de problemas e o conhecimento são "armazenados" nos objetos

materiais e no meio ambiente. Isto liberta os aprendentes para envolver as suas mentes com outras tarefas, enquanto combinam os resultados do seu próprio pensamento com o conhecimento armazenado nos objetos materiais e no meio ambiente para alcançar efeitos ainda mais poderosos (Gee, 2003, p. 111).

27. *Princípio da Informação Explícita a Pedido e na Hora Certa* – O aprendente recebe informações explícitas, tanto *on-demand* como *just-in-time*, quando o aprendente precisa dela ou precisamente no ponto em que a informação pode ser melhor compreendida e usada na prática (Gee, 2003, p. 138).

Aprendizagem social

Este último grupo de princípios de aprendizagem dizem respeito ao aspeto social dos jogos. Mesmo nos jogos para um único jogador, existe partilha de conhecimento com outros jogadores, que usam uma linguagem comum. Os jogadores podem ainda ser criadores de conteúdos que são distribuídos por outros jogadores.

34. *Princípio da Dispersão* – O significado/conhecimento está disperso no sentido em que o aprendente o compartilha com outras pessoas fora do domínio/jogo, algumas das quais o aprendente pode raramente ou nunca ver face a face (Gee, 2003, p. 197).

35. *Princípio do Grupo de Afinidade* – Os aprendentes constituem um "grupo de afinidade", ou seja, um grupo que é unido principalmente por esforços, objetivos e práticas compartilhadas e que não estão unidos pela raça, género, nação, etnicidade ou cultura (Gee, 2003, p. 197).

36. *Princípio Interno* – O aprendente é um "insider", "professor" e "produtor" (não apenas um consumidor), capaz de personalizar a experiência de aprendizagem e o domínio/jogo desde o início e ao longo da experiência (Gee, 2003, p. 197).

Para Gee (2003), a utilização destes 36 princípios de aprendizagem poderá ajudar a transformar a aprendizagem, não apenas no contexto dos próprios jogos, mas também na escola.

No caso da aprendizagem da Matemática, estes 36 princípios são igualmente importantes. Devlin (2011) analisa a pertinência de cada um destes 36 princípios na aprendizagem desta disciplina, evidenciando os que considera mais relevantes, conforme se dá conta na Tabela 2.4.

Tabela 2.4. A relevância dos princípios de Gee na aprendizagem da Matemática (segundo Devlin, 2011)

Relevância dos princípios de aprendizagem de Gee na aprendizagem da Matemática (Devlin, 2011)	Princípios de aprendizagem de Gee
Muito relevantes	Princípio da Aprendizagem Ativa e Crítica; Princípio dos Domínios Semióticos; Princípio da Moratória Psicossocial; Princípio do Compromisso com a Aprendizagem; Princípio do Autoconhecimento; Princípio da Amplificação da Entrada; Princípio da Realização; Princípio da Prática ; Princípio do Regime de Competência; Princípio da Exploração; Princípio dos Caminhos Múltiplos; Princípio do Significado Situado; Princípio do Texto; Princípio Intertextual; Princípio Multimodal; Princípio Incremental; Princípio da Amostra Concentrada; Princípio das Competências Básicas Ascendentes; Princípio da Informação Explícita a Pedido e na Hora Certa; Princípio da Descoberta ; Princípio da Transferência; Princípio da Dispersão; Princípio do Grupo de Afinidade; Princípio Interno
Moderadamente relevantes	Princípio da Semiótica; Princípio do Pensamento Meta-nível sobre os Domínios Semióticos; Princípio da Aprendizagem Contínua; Princípio do Subconjunto
Pouco relevantes	Princípio do Design; Princípio da Identidade; Princípio da Inteligência Material; Princípio do Conhecimento Intuitivo, Princípio dos Modelos Culturais sobre o Mundo; Princípio dos Modelos Culturais sobre a Aprendizagem; Princípio dos Modelos Culturais sobre os Domínios Semióticos; Princípio da Distribuição

Na secção 6.3.2. explicitam-se os princípios de aprendizagem que estão presentes no jogo desenvolvido, mostrando-se que os princípios indicados mais relevantes desta tabela são particularmente significativos no *design* do jogo *Tempoly*.

2.1.2.4. Os géneros dos jogos digitais

Os jogos digitais podem ser classificados em diversas categorias, designadas por género do jogo. Adams (2014) defende que o género de um jogo se refere ao tipo de desafios que o jogo proporciona ao jogador, ao contrário do género de um livro, que se refere ao seu conteúdo. Um jogo cujo conteúdo se insira na ficção científica pode ser do género *puzzle*, ou estratégia, ou ação consoante o tipo de ações que exija ao jogador. Os géneros dos jogos não são consensuais e diversos autores propõem diferentes categorizações. Na Tabela 2.5 apresentam-se os géneros principais segundo Prensky (2001), Gros (2007), Adams (2014) e Wolf e Perron (2014).

Tabela 2.5. Os géneros dos jogos digitais.

	Prensky (2001)	Gros (2007)	Adams (2014)	Wolf e Perron (2014)
Ação	X	X	X	X
Aventura	X	X	X	X
Luta	X	X		
Tiros			X	X
RPG	X	X	X	X
Simulação	X	X	X	X
Desporto	X	X	X	X
Condução			X	
Estratégia	X	X	X	X
Puzzle	X		X	

Um determinado jogo pode ser de mais do que um género. Além disso, cada género pode subdividir-se em várias subcategorias. De seguida, descrevem-se os vários géneros indicados na Tabela 2.5.

Ação – jogos que envolvem movimentos rápidos que testam os reflexos do jogador; algumas subcategorias deste género são os jogos de *arcade* e os jogos do tipo *endless runner*.

Aventura – jogos que envolvem a exploração de um mundo virtual através da resolução de problemas; frequentemente estes jogos contêm elementos que envolvem a reação rápida do jogador, originando a subcategoria dos jogos de ação-aventura.

Luta – jogos que consistem no confronto próximo entre dois jogadores até à vitória de um deles; para alguns autores, esta é uma subcategoria dos jogos de ação.

Tiros – jogos que consistem no confronto a distância entre jogadores, através do uso de armas; esta é também por vezes considerada uma subcategoria dos jogos de ação.

RPG (*role-playing game*) – jogos em que o jogador desenvolve um personagem, tendo a liberdade de escolher os poderes que vai adquirindo através da interação com o jogo; por vezes estes jogos envolvem a interação entre milhares de jogadores, consistindo na subcategoria dos MMORPG (*Massively Multiplayer Online Role-Playing Game*).

Simulação – jogos que simulam aspetos da vida real; uma subcategoria dos jogos de simulação é a dos jogos de construção e gestão, que contemplam a construção de infraestruturas com ou sem restrições económicas,

Desporto – jogos que simulam um determinado desporto, geralmente de forma realista; estes jogos podem ser subcategorizados pelo desporto que simulam, como por exemplo, na subcategoria dos jogos de futebol.

Condução – jogos que simulam a condução de veículos reais ou imaginários; esta categoria pode ser considerada uma subcategoria dos jogos de simulação ou de desporto.

Estratégia – jogos que exigem ao jogador o planeamento das suas ações para cumprir um determinado objetivo, geralmente criado através de um conflito; por vezes esse planeamento tem restrições de tempo (na categoria dos jogos de estratégia em tempo real), outras vezes o jogador pode desenvolver a sua estratégia sem essa restrição (na categoria dos jogos de estratégia por jogadas).

Puzzle – jogos que oferecem desafios, muitas vezes lógicos, mas que também podem estar relacionados com processos físicos; estes jogos exigem ao jogador sobretudo a capacidade de resolução de problemas.

2.1.3. Os jovens e as tecnologias móveis em Portugal

As tecnologias móveis estão cada vez mais presentes na sociedade portuguesa. O Inquérito à Utilização de Tecnologias da Informação e da Comunicação pelas Famílias, publicado pelo Instituto Nacional de Estatística (INE 2001-2017) mostra que o uso do computador e da Internet cresceu substancialmente em Portugal nos últimos vinte anos. Enquanto em 1995, o uso destas tecnologias pela população portuguesa não ultrapassava os 10%, e a Internet, em 1999, era usada por apenas 5% da população, na atualidade esses valores rondam os 70%.

A utilização da Internet em banda larga começou a implementar-se um pouco mais tarde, sendo de apenas 8% em 2003, mas tornou-se comum nos últimos anos, sendo atualmente quase todos os acessos à Internet feitos em banda larga. Nos últimos anos verificou-se também um grande aumento da utilização da Internet móvel, passando rapidamente dos 17% de utilização em 2011 para os 59% em 2017.

Embora os números revelados por esse inquérito mostrem a forte implantação que as tecnologias têm tido na sociedade portuguesa, a realidade entre os jovens de 10 a 15 anos é ainda mais expressiva. Conforme se pode verificar na Figura 2.3, neste grupo etário, a utilização do telemóvel, computador e Internet tornou-se quase universal nos últimos anos. Em 2012, último ano de que há dados disponíveis, o Inquérito à Utilização de Tecnologias da Informação e da Comunicação pelas Famílias revelou que 98% dos jovens dos 10 aos 15 anos utilizava o computador, 95% acedia à Internet e 93% usava telemóvel.

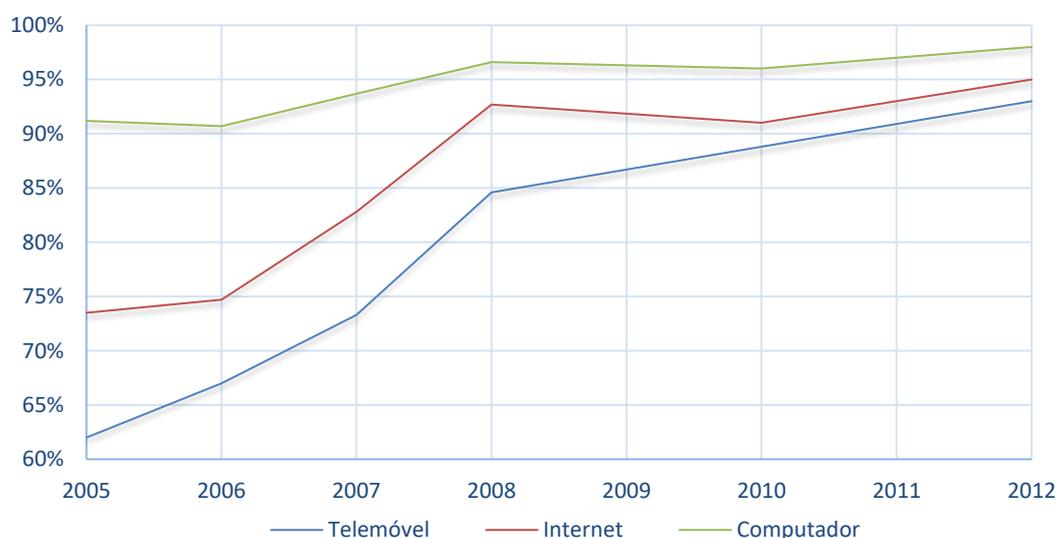


Figura 2.3. Utilização das tecnologias no grupo etário dos 10 aos 15 anos

O mesmo estudo analisou também as atividades realizadas na Internet pelos jovens desta faixa etária. Na Figura 2.4 são indicadas as principais

atividades realizadas *online* por estes jovens. A atividade realizada na Internet mais referida no estudo é a procura de informação para trabalhos escolares, que é indicada por mais de 90% dos inquiridos. A comunicação é também uma das atividades preferidas pelos jovens, sendo referida em 2012 por 84% dos inquiridos. O estudo conclui também que, nesta faixa etária, 81% dos utilizadores da Internet, usam-na para jogar, ou fazer *download* de jogos, imagens, música e vídeos. Tem também vindo a aumentar a consulta de *websites* de interesse pessoal, por estes jovens.

A ubiquidade das tecnologias e da sua utilização para o jogo revelada no inquérito torna importante estudar o potencial destas tecnologias na aprendizagem.

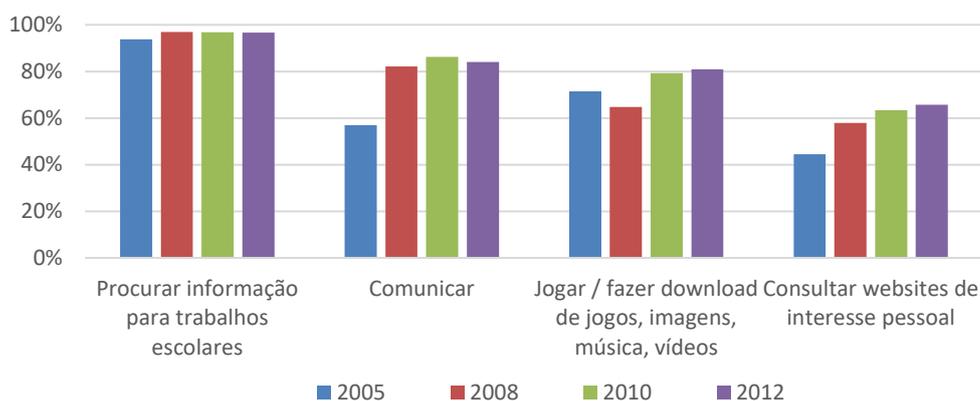


Figura 2.4. Principais atividades realizadas na Internet pelo grupo etário dos 10 aos 15 anos

Como foi visto, os dispositivos portáteis têm tido uma grande expansão, estando presentes em todas as camadas da sociedade atual. Esta disponibilidade dos dispositivos portáteis é um dos fatores que indicam o potencial da tecnologia móvel na aprendizagem. Os dispositivos móveis podem ser aproveitados como apoio à aprendizagem (Carvalho, 2012, 2014). Em particular, os jogos móveis, que muitos alunos utilizam diariamente, são uma

ferramenta natural a considerar no desenvolvimento de estratégias educativas alternativas.

Na sociedade da informação, a competência no uso das tecnologias entrou na definição de literacia, ocupando um lugar de destaque. Não é que a tecnologia seja necessariamente benéfica, podendo mesmo ter um carácter opressivo, de acordo com o uso que é feito dela, como nos alerta Castells, em 2003, na entrevista feita por Ince,

Technology per se does not do good or bad to societies. But is not indifferent. (Castells & Ince, 2003, p. 59)

Esta dualidade das potencialidades das tecnologias, que envolve variadas questões éticas, constitui um motivo adicional para despertar a consciência dos alunos acerca da sua utilização.

2.1.4. A aprendizagem móvel

Nesta secção apresentam-se algumas características da aprendizagem móvel e alguns estudos que apontam diversas vantagens pedagógicas nesta nova forma de aprendizagem.

Vários estudos revelaram que a aprendizagem móvel tem vários benefícios, como a ubiquidade, conveniência, localização, personalização e educação centrada no utilizador (Berge & Muilenberg, 2013, Crompton, 2013, Parsons, 2007). A ubiquidade das tecnologias móveis é uma característica cada vez mais real, dada a crescente cobertura das redes móveis, que permitem o acesso à informação em qualquer lugar. Por outro lado, os telemóveis ou outros dispositivos móveis são fáceis de transportar e estão sempre disponíveis o que os tornam uma ferramenta conveniente para a aprendizagem. A localização é

uma característica dos dispositivos móveis que permite que os conteúdos sejam disponibilizados em função da localização do utilizador. Por último, dada a dificuldade acrescida na navegação nos ecrãs dos dispositivos móveis, é importante que os conteúdos disponibilizados sejam personalizados e adaptados ao utilizador. Esta personalização permite por sua vez um melhor conhecimento das atividades e necessidades dos vários utilizadores. Traxler (2007) assinala, no mesmo sentido, que a aprendizagem móvel é “*just in-time, just enough, and just-for-me*” (Traxler, 2007, p. 5).

Num estudo mais recente, Norman (2011) identifica 27 benefícios da aprendizagem móvel, descritos brevemente de seguida:

Conveniência de local – Na aprendizagem móvel, os conteúdos estão acessíveis em qualquer local, mesmo fora da escola ou local de trabalho.

Conveniência de tempo – A aprendizagem móvel pode ser realizada no momento em que é necessária, sendo desta forma mais relevante.

Tranquilização – O facto de, na aprendizagem móvel, se poder aceder quando se quiser à informação é tranquilizador para o aprendente.

Flexibilidade – A flexibilidade está associada à conveniência do local e do tempo em que a aprendizagem pode ocorrer, bem como à facilidade e rapidez com que os conteúdos podem ser acedidos.

Relevância – A aprendizagem móvel, ao ser uma aprendizagem situada (ver secção 2.1.2.2.), torna-se mais relevante para o aprendente.

Controlo da aprendizagem – O aprendente, ao usar aprendizagem móvel, detém o controlo da sua aprendizagem, estabelecendo o seu próprio ritmo e iniciativa.

Rapidez de acesso – Os conteúdos, num contexto de aprendizagem móvel, estão sempre disponíveis.

Facilidade de comunicação – Os dispositivos móveis, que são usados para a aprendizagem móvel, permitem facilmente a comunicação entre os aprendentes.

Facilidade de partilha de conhecimento – Os dispositivos móveis facilitam a partilha de conhecimento e experiências entre os aprendentes, o que contribui para uma melhor aprendizagem.

Confiança – A pesquisa de informação no momento em que é necessária aumenta a confiança dos aprendentes.

Suporte à decisão – A facilidade em pesquisar conteúdos com facilidade fornece um suporte à decisão.

Melhoria de práticas – A facilidade com que os conteúdos podem ser aprendidos deixa mais tempo para melhores práticas.

Adequação a diferentes estilos de aprendizagem – A aprendizagem móvel pode disponibilizar a informação de formas diferentes, apelando aos diferentes estilos de aprendizagem dos aprendentes.

Escolha – A aprendizagem móvel é uma alternativa à aprendizagem tradicional que permite que mais pessoas acedam aos conteúdos.

Bom uso de tempos mortos – A aprendizagem móvel pode ser usada em qualquer momento, aproveitando os tempos mortos de forma útil para a aprendizagem.

Informalidade da aprendizagem – A liberdade que é dada ao aprendente, quanto ao local e momento de aprendizagem, torna-a mais informal e de acordo com as necessidades do aprendente.

Conveniência de local de avaliação – A aprendizagem móvel permite a avaliação no local mais conveniente.

Conveniência do momento de avaliação – A aprendizagem móvel permite a avaliação no momento mais conveniente.

Facilidade na recolha de dados – O facto de o dispositivo móvel estar presente durante a aprendizagem facilita a recolha de dados com o mesmo dispositivo.

Imediatismo da avaliação – A aprendizagem móvel permite que a avaliação e em geral, o feedback, seja feita imediatamente.

Acesso a anteriores avaliações – A aprendizagem móvel permite que o aprendente tenha acesso a avaliações anteriores, facilitando a reflexão sobre os resultados destas.

Facilidade de avaliação – A avaliação móvel permite que o aprendente se autoavalie repetidamente para recordar e melhorar o conhecimento sobre determinado conteúdo.

Facilidade de contacto com o tutor – A comunicação subjacente à aprendizagem móvel facilita o contacto com o tutor, permitindo o esclarecimento de dúvidas atempadamente.

Consistência – A aprendizagem móvel permite que a experiência de aprendizagem seja consistente entre os aprendentes.

Eficiência – A aprendizagem móvel permite melhorar a eficiência do aprendente e reduzir custos.

Grande alcance – A aprendizagem móvel está disponível em vários dispositivos móveis, que são de uso generalizado.

Benefício para todos – A aprendizagem móvel pode trazer benefícios para todos os aprendentes, não apenas aqueles que estão mais isolados.

Outros estudos (Attewell, 2005, 2008, Carroll et al., 2002, Carvalho, 2012, Crompton et al., 2016, Naismith et al., 2004, Lee et al., 2016, Moura 2010)

referem também que há várias vantagens pedagógicas no uso de dispositivos móveis. Por um lado, estes dispositivos conferem ao aluno grande autonomia e controlo na sua própria aprendizagem, permitindo-lhe aceder facilmente aos conteúdos necessários, quando e onde precisarem deles. Quinn (2011) chama a este fenómeno de *slow learning*, devido ao facto de o aluno ir aprendendo lentamente, em pequenas porções, em vez de receber grandes doses de informação de uma vez só.

Por serem leves e serem fáceis de transportar, esta tecnologia tem uma portabilidade acrescida para dentro da sala de aula. Associada a esta vantagem está a grande rapidez e facilidade no acesso à informação. Por outro lado, os dispositivos móveis são uma ferramenta de que os alunos gostam muito, contribuindo assim para uma maior motivação na aprendizagem e uma maior participação nas atividades (Carvalho & Machado, 2017). Estes dispositivos também proporcionam mais interações entre os participantes, devido ao grande número de aplicações, redes sociais e recursos livres disponíveis para dispositivos móveis (Kukulska-Hulme, 2014). No entanto, a proibição do uso de telemóveis em muitas escolas configura um entrave à introdução desta tecnologia na sala de aula (Melo, 2010, Moura, 2010), que é necessário superar.

Noutros estudos mostrou-se que a aprendizagem móvel também tem vários benefícios relacionados com a avaliação, flexibilidade, desempenho dos alunos, bem-estar e suporte para as necessidades individuais dos alunos (Brown & Mbat, 2015, Fuller & Joynes, 2014, Gee, 2003, 2008, Gros, 2002, Klopfer, 2008, McFarlane et al., 2002, Molenet, 2010, Prensky, 2001, 2010, Squire, 2011).

Uma abordagem relacionada com a aprendizagem móvel é a da aprendizagem através de jogos. No relatório da Molenet (2010) são apresentados diversos estudos relativos a jogos que foram utilizados com sucesso no ensino.

Os jogos móveis são jogos que são jogados em dispositivos móveis, como telemóveis, PDA's, consolas portáteis, etc. Embora nalguns casos os jogos sejam para consolas e computadores, têm algumas características que os distinguem dos anteriores (Kim et al. 2010). Jeong e Kim (2007) caracterizam os jogos móveis pela sua portabilidade, o que significa que o jogador pode levar um determinado jogo consigo e jogá-lo em qualquer lugar; pela acessibilidade, o que permite que o jogador tenha sempre o jogo disponível, uma vez que é usual transportar o telemóvel consigo no dia-a-dia; pela sua capacidade de ligação à rede, possibilitando a interação entre jogadores em diferentes locais; e pela sua simplicidade, uma vez que os telemóveis têm uma *interface* bastante fácil de utilizar.

A história dos jogos móveis é ainda bastante curta. De facto, apenas em 1997 surgiu o primeiro jogo para telemóvel, o *Snake*, cujo objetivo era guiar uma cobra na procura de alimento, usando quatro botões para indicar a direção. Este jogo, bem como outros que se seguiram, e que constituem a primeira geração de jogos móveis (Jeong & Kim, 2007), tinha uma estrutura gráfica muito simples, usando apenas duas cores. Na segunda geração, iniciada em 2001, os jogos passaram a utilizar as muitas cores que a evolução da tecnologia agora permitia. Por volta de 2003, os jogos móveis da terceira geração começaram a tirar proveito da rede e a permitir que jogadores em sítios diferentes pudessem interagir. Dois anos mais tarde, inicia-se a quarta geração de jogos móveis, onde os gráficos são já em 3 dimensões. Desde então, apareceram jogos bastante mais complexos que se suportam nas capacidades dos novos sistemas operativos para telemóveis, como o *iOS* ou o *Android*. Mais recentemente, foram desenvolvidos jogos, como o *Pokémon GO*, que se baseiam na realidade aumentada.

Os jogos móveis estão cada vez mais presentes na nossa sociedade, devido às capacidades crescentes dos equipamentos. Segundo o relatório de 2016 da ESA (*Entertainment Software Association*) sobre a utilização de jogos

digitais nos Estados Unidos, 36% dos jogadores frequentes usam o seu *smartphone* para o jogo. Ainda segundo este estudo, os tipos de jogos móveis mais jogados são os *puzzles*, jogos de tabuleiro e de cartas (38%), sendo menos jogados os jogos de ação (6%) e os jogos de estratégia (6%). No estudo realizado por Carvalho et al. (2014) foi averiguado se os alunos gostariam de usar jogos em atividades letivas, tendo a grande maioria dos alunos (mais de 80%) referido que sim. Os géneros de jogos que os alunos indicaram preferir para esse efeito foram os de aventura (71%) e ação (70%) no 3º ciclo do ensino básico e de ação (65%) e estratégia (60%) no ensino secundário.

2.2. Jogos sérios

Os jogos sérios (*serious games*) não têm ainda uma definição muito precisa. Nesta secção apresentam-se as perspetivas de diversos autores sobre o que constitui um jogo sério e também algumas propostas de classificação de jogos sérios.

A primeira definição de jogo sério remonta a 1970, quando, no livro “*Serious Games*”, Clark Abt descreveu como utilizar jogos em contexto educacional (Abt, 1970). Na altura os jogos digitais ainda não estavam desenvolvidos e os jogos descritos, nomeadamente na área da Matemática, eram sobretudo jogos de cartas. Nesse livro influente, Abt (1970) definiu um jogo sério como “*Um jogo que tem um propósito educacional explícito e cuidadosamente pensado e não se destina a ser jogado principalmente como diversão*” (p. 9).

Abt sublinha que isso não significa que um jogo sério seja, por esse motivo, alheio à diversão. A diversão está presente também num jogo sério, que advém do facto de se tratar de um jogo. No entanto, num jogo sério, esse não é

o objetivo principal do jogo. Michael e Chen (2006) recuperam esse aspecto da definição, frisando, porém, que o conceito de educação deve ser tomado num sentido lato: *“Um jogo sério é um jogo no qual a educação (nas suas várias formas) é o objetivo principal, não o entretenimento.”* (p. 17)

Zyda (2005) apresenta uma definição próxima, modernizada com a adaptação ao paradigma eletrônico:

Um jogo, jogado com um computador de acordo com regras específicas, que usa o entretenimento para promover o treino governamental ou empresarial, educação, saúde, políticas públicas e objetivos de comunicação estratégica. (p. 26)

Zyda (2005) acrescenta que um jogo é composto por história, arte e *software*, e que é a adição de pedagogia, isto é, atividades educativas, que torna o jogo sério.

Ritterfeld et al. (2009) alargam a definição de jogo sério incluindo jogos para outras plataformas digitais:

Qualquer forma de jogo de computador interativo para um ou mais jogadores para ser usado em qualquer plataforma, e que foi desenvolvido com a intenção de ser mais do que entretenimento. (p. 6)

Também Carvalho (2017) destaca que os jogos sérios têm como objetivo principal a aprendizagem de conteúdos curriculares, defendendo que

têm como preocupação central permitir ao jogador aprender determinado conteúdo em consonância com o currículo escolar e, por isso, distinguem-se dos jogos de entretenimento. (p. 4)

Um jogo sério é, por todas as definições anteriores, um jogo que não tem como objetivo principal a diversão. No entanto, alguns jogos comerciais, desenhados com um objetivo puramente lúdico, têm sido usados noutros contextos, adaptando-os a um propósito educacional (Flynn 2011).

No entanto, Djaouti et al. (2011) propõem, para além do conceito de jogo sério (*software* que combina um propósito não de entretenimento com uma estrutura de jogo eletrónico), um conceito mais geral, denominado *serious gaming*. Este conceito engloba os jogos sérios, mas também as utilizações de jogos não sérios a contextos educacionais, incluindo as modificações (*mods*) desses jogos. A distinção, já sugerida por Jenkins et al. (2009), muda a perspetiva de análise da utilização de jogos na educação, alargando a visão do jogo sério como um produto, para o *serious gaming*, que é visto como um processo.

Ulicsak e Williamson (2011) consideram ainda, para além da categoria dos jogos educativos, uma outra categoria, que consiste nos chamados jogos de entretenimento educativos. Esta categoria inclui todos os jogos, que embora tenham como objetivo principal o entretenimento e tenham sido desenhados com esse fim, têm sido usados com sucesso em contextos educativos.

Charsky (2010) também adota a perspetiva de que os jogos sérios têm um propósito não lúdico, embora faça a distinção entre *edutainment* e jogos sérios. Os jogos do tipo *edutainment* são, segundo este autor, compostos essencialmente por atividades de *drill and practice* (exercício e prática), como por exemplo, atividades de escolha múltipla, e estão vocacionados para a aprendizagem de factos. Por outro lado, os jogos sérios tentam desenvolver capacidades de pensamento de ordem superior, como por exemplo, a capacidade de resolução de problemas, através de elementos de jogo que não se resumem a exercício e prática.

Na sua tese de doutoramento, Hanghøj (2011) também faz a mesma distinção, incluindo ambas as categorias nos jogos educativos. Esta categoria inclui, segundo este autor, “os jogos desenhados com objetivos educacionais explícitos, que pretendem suportar processos de ensino e aprendizagem.” (p. 6)

Uma outra definição é dada por Deterding et al. (2011), que classificam um jogo sério como um jogo completo desenhado para um propósito diferente de entretenimento, distinguindo-os de aplicações gamificadas, que apenas apresentam alguns elementos de jogo. Kapp (2012), por outro lado, aproxima os dois conceitos nos seus objetivos, que são, em ambos os casos, o de motivar as pessoas para a aprendizagem.

Não há, portanto, uma definição bem estabelecida de jogo sério, embora todas tenham um traço comum, que consiste na utilização do jogo com um objetivo de aprender determinado conteúdo. Resumindo, as várias definições distinguem-se consoante as respostas às seguintes questões:

- Trata-se de um jogo eletrónico?
- Trata-se de um jogo ou apenas de uma atividade interativa gamificada?
- No *design* do jogo foi incluída uma perspetiva pedagógica?
- O jogo foi especificamente pensado para um propósito educativo?
- O jogo tenta desenvolver capacidades de pensamento de ordem superior?

Nesta tese, adota-se uma definição restrita de jogo sério, em que a resposta a todas estas questões é afirmativa. Assim, neste texto, um jogo sério é

Um jogo eletrónico desenhado especificamente com um propósito educativo, que usa a pedagogia para tentar desenvolver capacidades de pensamento de ordem superior.

2.2.1. Taxonomias de jogos sérios

Não sendo unânime a definição de jogo sério, também não existe uma única taxonomia de jogos sérios.

Sawyer e Smith (2008) propõem uma classificação dos jogos sérios, usando uma tabela com duas dimensões, nomeadamente o tema e o destinatário do jogo, obtendo-se assim uma taxonomia dos jogos sérios com 49 categorias, como indicado na Tabela 2.6.

Tabela 2.6. Uma taxonomia de jogos sérios, segundo o tema e o destinatário (Baseado em Sawyer & Smith, 2008)

	Saúde	Publicidade	Treino	Educação	Ciência e investigação	Produção	Trabalho
Governo e Organizações não governamentais	Educação para a Saúde Pública e Proteção Civil	Jogos políticos	Treino de funcionários	Informação ao público	Recolha de dados / planeamento	Planeamento estratégico	Diplomacia, Pesquisa de opinião
Defesa	Reabilitação e bem-estar	Recrutamento e Propaganda	Treino militar	Educação militar	Jogos de guerra / planeamento	Planeamento de guerra e pesquisa de armamento	Comando e controlo
Cuidados de saúde	Ciberterapia / jogos ativos	Campanhas de Políticas de Saúde e Consciência Social	Jogos de treino para profissionais da saúde	Jogos para a educação de pacientes e gestão de doenças	Visualização e epidemiologia	Produção biotecnológica e design	Planeamento de saúde pública e logística

Tabela 2.6. Uma taxonomia de jogos sérios segundo o tema e o destinatário (continuação)

	Saúde	Publicidade	Treino	Educação	Ciência e investigação	Produção	Trabalho
Marketing e comunicações	Publicidade a tratamentos	Publicidade, marketing com jogos, colocação de produtos	Uso de produtos	Informação de produtos	Pesquisa de opinião	<i>Machinima</i>	Pesquisa de opinião
Educação	Informação sobre doenças / riscos	Jogos sobre questões sociais	Treino de professores	Aprendizagem	Ciências de computadores e recrutamento	Aprendizagem P2P	Aprendizagem a distância
Empresas	Informação sobre saúde a funcionários e bem-estar	Educação de clientes	Treino de funcionários	Certificação, aprendizagem contínua	Publicidade / visualização	Planeamento estratégico	Comando e controlo
Indústria	Segurança ocupacional	Vendas e recrutamento	Treino de funcionários	Educação da força de trabalho	Otimização de processos e simulação	<i>Design</i> de Nano / Biotecnologia	Comando e controlo

Sawyer e Smith (2008) propõem ainda uma subdivisão mais fina desta taxonomia, restringindo-a a cada um dos temas. No caso que nos interessa mais nesta tese, o dos jogos para a educação, os autores propõem uma subdivisão segundo o público a que se destina e a formalidade do jogo. Deste modo, os jogos educativos dividem-se em 14 subcategorias, que distinguem se o jogo é formal ou informal e os sete tipos de destinatários, nomeadamente: Geral, Educação Pré-escolar, 1.º Ciclo do Ensino Básico, 2.º e 3.º Ciclos do Ensino Básico, Ensino Secundário, Universidade e Adulto.

A partir de uma análise de 612 jogos sérios, Ratan e Ritterfeld (2009) criaram um sistema de classificação com quatro dimensões: conteúdo educacional principal, princípio de aprendizagem principal, idade do público-alvo e plataforma. Cada uma destas dimensões tem vários casos possíveis e os autores estudaram a prevalência de cada um dos casos a partir da sua base de dados:

i) Conteúdo educacional principal

- Académico (63%)
- Mudança social (14%)
- Ocupação (9%)
- Saúde (8%)
- Militar (5%)
- Marketing (<1%)

ii) Princípio de aprendizagem principal

- Desenvolvimento de competências técnicas (48%)
- Resolução de problemas cognitivos (24%)

- Aquisição de conhecimento por exploração (21%)
- Resolução de problemas sociais (7%)

iii) Idade do público-alvo

- Pré-Escolar e inferior (39%)
- 1.º Ciclo do Ensino Básico (39%)
- 2.º e 3.º Ciclos do Ensino Básico e Ensino Secundário (16%)
- Universidade, adultos e seniores (5%)

iv) Plataforma

- Computador (90%)
- Outras plataformas (10%)

Existem outras taxonomias que envolvem mais dimensões. Breuer e Bente (2010) utilizam nove dimensões para categorizar os jogos sérios, nomeadamente: Plataforma, Assunto, Objetivos de aprendizagem, Princípios de aprendizagem, Destinatários, Interação, Área de aplicação, Controlo/*Interface* e Tipo de jogo.

Resumindo, há diversas formas de classificar os jogos sérios, que no essencial dependem do conteúdo do jogo, do mercado a que se destinam e dos elementos de jogabilidade neles incluídos. No entanto, nenhuma destas classificações se tornou ainda consensual e, portanto, a sua utilização em estudos comparativos é limitada.

2.2.2. Jogos sérios na aprendizagem da Matemática

A aprendizagem da Matemática deve ser realizada recorrendo a estratégias diversificadas, entre as quais se incluem o recurso à tecnologia e aos jogos. Em NCTM (2000), é referido como um dos princípios da aprendizagem da Matemática a tecnologia:

Technology Principle: Technology is essential in teaching and learning mathematics; it influences the mathematics that is taught and enhances students' learning. (p. 24)

Os jogos têm sido cada vez mais usados como estratégia de aprendizagem (Annetta, 2008). No entanto, embora existam muitos jogos educativos disponíveis no mercado, o uso de jogos sérios na aprendizagem formal tem sido limitado (Ulicsak & Williamson, 2010). Um dos obstáculos à introdução desta tecnologia na educação prende-se com a dificuldade em conjugar o entretenimento necessário para que o jogo seja considerado bom, com a disponibilização de boas oportunidades de aprendizagem através do jogo (Clark et al., 2009). Klopfer (2016) apelida os jogos que conseguem atingir esta conjugação de jogos ressonantes, devido ao efeito que têm no aluno, mesmo quando este não está a jogar. Por outro lado, como foi referido anteriormente, a capacidade de o jogo se adaptar a diferentes estilos de aprendizagem (Chong et al., 2005) pode contribuir para uma melhor aprendizagem por um leque mais alargado de alunos.

Os estudos realizados com jogos sérios têm apresentado resultados diversificados. De seguida, referem-se os resultados de alguns desses estudos.

Num estudo, Shin et al. (2006) concluíram que a aquisição de competências matemáticas básicas através da utilização do jogo *Skills Arena*, desenvolvido pela Universidade do Michigan para a Nintendo Game Boy, era superior à realizada através de cartões. Neste estudo, 50 crianças do 2.º ano

praticaram adições e subtrações durante 5 semanas, tendo para o efeito recorrido ou ao jogo móvel ou a cartões triangulares que indicavam o resultado das operações. Um grupo mais pequeno de alunos usou o jogo móvel durante um período mais curto. Através da realização de pré-testes e pós-testes foi verificado que o progresso dos alunos que usaram o jogo era superior, especialmente nos alunos com maiores dificuldades de aprendizagem, e que os alunos que usaram o jogo mais tempo obtiveram melhores resultados. A investigação mostrou ainda que o género e a etnia dos alunos não tinham influência nos resultados.

Ke (2008), num estudo com 15 alunos do 4.º e 5.º anos de escolaridade, concluiu que a utilização durante 20 horas de oito jogos matemáticos do pacote *Astra Eagle*, que abordam diferentes temas curriculares da Matemática, como medidas ou comparação de números inteiros, não teve um efeito significativo na *performance* dos alunos num teste de conhecimentos. No entanto, esta autora concluiu que as atitudes dos alunos relativas à aprendizagem da Matemática melhoraram significativamente.

Em Molenet (2010), é relatado o uso do jogo *Professor Kageyama's Maths Training – The Hundred Cell Calculation Method*, utilizado na aprendizagem da multiplicação. Este jogo foi usado com 50 alunos, adultos, durante 6 semanas. Os professores envolvidos observaram melhorias notórias nas capacidades de cálculo dos alunos. No entanto, devido ao longo período do estudo, foi observado um desinteresse progressivo dos alunos.

Na área da álgebra, Bai et al. (2012), num estudo envolvendo 437 alunos do 8.º ano, mostraram que a utilização do jogo *Evolver* como suplemento às aulas de Matemática durante 18 semanas, promovia o desenvolvimento do conhecimento matemático, em particular o algébrico, e mantinha a motivação dos alunos na aprendizagem. Pelo contrário, os alunos no grupo de controlo, que

não jogaram o jogo ao longo do período experimental de 18 semanas, foram perdendo a motivação.

Também Aliefenedic (2013), através de outro estudo com 156 alunos do 5.º ano, concluiu que havia uma correlação estatisticamente significativa entre o tempo de utilização do jogo *Evolver* e o desempenho dos alunos nos testes estandardizados de Matemática.

Pope e Mangram (2015) realizaram um estudo com 59 alunos do 3.º ano de escolaridade, divididos em dois grupos, onde um grupo jogou o jogo móvel *Wuzzit Trouble*, que incide sobre a adição e subtração de números inteiros através da resolução de problemas e o outro grupo não o jogou. Os autores concluíram com o estudo que os alunos que jogaram o jogo mostraram um progresso maior entre o pré-teste e o pós-teste do que os alunos que não o jogaram, sendo a diferença estatisticamente significativa.

No estudo de Hamari et al. (2015), que envolveu 173 alunos do ensino secundário e superior, foram utilizados o jogo *Quantum Spectre*, que incide sobre conceitos de ótica, e o jogo *Spumone*, criado para a aprendizagem de conceitos de dinâmica, que envolve a manipulação de fórmulas matemáticas. Neste estudo concluiu-se, através de questionários aos jogadores, que o envolvimento nos jogos tinha um efeito positivo na aprendizagem, bem como o desafio proporcionado pelo jogo, mas que a proficiência do jogador não afetava diretamente a aprendizagem.

Siew et al. (2016) estudaram o uso do jogo móvel *DragonBox 12+* na aprendizagem da álgebra. Nesse estudo, que envolveu 60 alunos do 8.º ano foram comparados os resultados de um pré-teste e de um pós-teste no grupo experimental e no grupo de controlo, tendo-se concluído que os alunos no grupo experimental apresentavam melhores resultados no pensamento algébrico e nas atitudes perante a disciplina.

Também Chang et al. (2016) verificaram, num estudo envolvendo 107 alunos do 5.º ano, que o uso em contexto escolar de um jogo matemático sobre a aprendizagem de frações desenvolvido para o estudo contribuiu para aumentar o nível de envolvimento dos alunos com a aprendizagem, em relação aos alunos que apenas realizaram exercícios com papel e lápis.

O estudo de Kyriakides et al. (2016) obteve também resultados no mesmo sentido. Neste estudo, realizado ao longo de dois anos com 15 alunos de 10-11 anos de idade, com o jogo móvel *A.L.E.X.*, que contém *puzzles* matemáticos sobre temas curriculares da Matemática, concluiu-se que os alunos realizavam as atividades com entusiasmo e melhoraram a sua relação com a disciplina.

No estudo de van der Vem et al. (2017), realizado com 103 alunos do 1º ano de escolaridade, foi desenvolvido um jogo sobre duas operações aritméticas, a adição e a subtração. Através do uso do jogo ao longo de 20 sessões de 15 minutos, e da realização de um pré-teste e de dois pós-testes no grupo experimental e no grupo de controlo, os autores concluíram que os alunos consideraram o uso do jogo cativante e que o jogo promovia a eficiência de cálculo dos alunos.

Kiili e Ketamo (2017) verificaram ainda, num estudo com 51 alunos do 6.º ano, que o uso do jogo *Semideus* para a aprendizagem de frações como estratégia de avaliação diminuía a ansiedade dos alunos na realização dos testes, sendo igualmente eficazes na avaliação quando comparados com os testes realizados em papel.

Também Ninaus et al. (2017), noutro estudo com 56 alunos do 5.º ano de escolaridade, confirmaram que o jogo digital *Semideus* podia ser usado como método de avaliação fiável na aprendizagem de frações, havendo uma correlação significativa entre os resultados dos testes realizados através do jogo e as classificações dos alunos na disciplina de Matemática.

Os benefícios da utilização de jogos na aprendizagem da matemática também foram verificados no ensino superior. Gil-Doménech e Berbegal-Mirabent (2018), num estudo realizado ao longo de cinco anos letivos com alunos do primeiro ano do ensino superior, onde foi utilizado um jogo digital sobre conceitos de análise matemática, verificaram que os alunos ficaram satisfeitos com a utilização de jogos e melhoraram significativamente os resultados na área da Matemática.

Os jogos não trazem benefícios apenas quando o aluno desempenha o papel de jogador. No estudo de Chiang e Qin (2018), em que participaram 89 alunos do 7.º ano, foram formadas equipas para criar um jogo em Scratch para resolver equações. O estudo revelou que a resolução de equações melhorou significativamente depois da criação dos jogos, bem como a atitude dos alunos perante a aprendizagem da Matemática.

Recentemente foram feitos estudos com jogos envolvendo realidade virtual. Num estudo com 15 alunos do 7.º ano, Sternig et al. (2018) desenvolveram um jogo matemático em realidade virtual sobre cálculo mental e verificaram que existia um grande potencial motivacional no uso do jogo como estratégia educativa.

No entanto, no estudo de Rodríguez-Aflecht et al. (2018), onde 212 alunos do 5.º ano de escolaridade jogaram o jogo *Number Navigation*, que envolve o uso de operações aritméticas para chegar de um número dado a um determinado objetivo, verificou-se que, embora a maioria dos alunos se mantivesse motivado ao jogar o jogo, essa motivação ia baixando ao longo do tempo, devido a um efeito de novidade. Verificou-se ainda que esse decréscimo na motivação era mais acentuado entre os alunos cuja motivação inicial era menor.

Também Beserra et al. (2018) concluíram, num estudo com 110 crianças do 2.º ano realizado ao longo de um ano letivo, que o interesse dos alunos com a utilização de um jogo digital relacionado com as operações aritméticas vai

diminuindo com o passar do tempo. Com base nos dados recolhidos neste estudo, os autores sugerem que as atividades de jogo não ultrapassem os 20 minutos de cada vez e que as atividades disponibilizadas sejam mudadas com frequência.

O uso de jogos matemáticos também tem mostrado benefícios no que diz respeito aos alunos com dificuldades de aprendizagem. Num estudo com 4 alunos de 11 anos com dificuldades de aprendizagem diagnosticadas previamente, Manginas e Nikolantokanis (2018) verificaram uma melhoria significativa na aprendizagem dos alunos quando utilizavam jogos digitais sobre Matemática incidindo na identificação e comparação de números, cálculo mental e medida.

No entanto, existem vários obstáculos à introdução de jogos na sala de aula. Num estudo realizado por Watson e Yang (2016) envolvendo 109 professores que usavam jogos na sua prática letiva, foram identificados quatro fatores adversos para a utilização de jogos: a dificuldade em utilizar os jogos de uma forma eficaz, a dificuldade em usar a tecnologia de forma adequada, os obstáculos colocados pelo próprio sistema educativo e a dificuldade em obter jogos adequados.

Capítulo III

Metodología

O trabalho desenvolvido no âmbito deste doutoramento é um estudo de investigação e desenvolvimento, envolvendo a conceção, construção, implementação e avaliação do jogo *Tempoly*. Tendo presente os objetivos da investigação, enunciados no primeiro capítulo, que correspondem a fases distintas da investigação, foram usadas diferentes metodologias para cada uma das quatro fases. Neste capítulo começa-se por apresentar as opções metodológicas para cada uma das fases. De seguida, explicitam-se as técnicas de recolha de dados e descrevem-se os instrumentos de recolha de dados. Termina-se o capítulo indicando como foi feita a recolha de dados e o tratamento dos mesmos.

3.1. Opções metodológicas

Esta investigação tem como objetivo conceber e avaliar um jogo para dispositivos móveis para alunos do 3.º Ciclo do Ensino Básico e Ensino Secundário. Tendo presente os objetivos de investigação, o estudo foi dividido nas seguintes fases:

- Fase 1) Identificação dos jogos para dispositivos móveis mais jogados pelos alunos e das suas características principais;
- Fase 2) Análise dos jogos móveis mais jogados pelos alunos e identificação dos princípios de aprendizagem que estes incorporam;

- Fase 3) Conceção de um jogo para dispositivos móveis, tendo por base os princípios de aprendizagem identificados nos jogos analisados;
- Fase 4) Integração do jogo desenvolvido em contexto educativo e avaliação dos efeitos verificados na aprendizagem e na satisfação dos alunos.

Na Tabela 3.1 está indicada a operacionalização do estudo, evidenciando, para cada fase, os objetivos, as questões de investigação correspondentes e a recolha de dados realizada. Nas secções seguintes, descreve-se a metodologia utilizada em cada uma das fases do estudo.

Tabela 3.1. Operacionalização do estudo

Fase	Objetivos	Questões de investigação	Instrumentos de recolha de dados
1) Identificação dos jogos para dispositivos móveis mais jogados pelos alunos e das suas características principais.	Identificar os jogos móveis mais jogados pelos alunos do 3.º Ciclo do Ensino Básico.	Quais são os jogos mais jogados em dispositivos móveis pelos alunos do 3.º Ciclo do Ensino Básico e quais são as suas características?	Questionário
2) Análise e identificação do potencial pedagógico dos jogos móveis mais jogados pelos alunos e dos princípios de aprendizagem que estes incorporam.	Identificar os princípios de aprendizagem presentes nos jogos mais jogados pelos alunos.	Que princípios de aprendizagem estão integrados nos jogos mais jogados pelos alunos?	Grelha de análise dos jogos
3) Conceção de um jogo para dispositivos móveis, tendo por base os princípios de aprendizagem anteriormente identificados.	Conceber e desenvolver um jogo sério sobre Matemática para dispositivos móveis.	Como aplicar esses princípios de aprendizagem num jogo sério para o ensino da Matemática em dispositivos móveis?	Diário de campo Dados de utilização do jogo Tarefas a resolver
4) Integração do jogo desenvolvido na componente letiva e avaliação dos efeitos verificados na aprendizagem.	Avaliar as reações dos alunos e as aprendizagens matemáticas decorrentes do uso do jogo sério desenvolvido.	Quais são os efeitos da utilização do jogo <i>Tempoly</i> na aprendizagem e na satisfação dos alunos?	Testes de conhecimentos Registos de utilização Diário de campo Questionário

3.1.1. Primeira fase – Identificação dos jogos que os alunos jogam

Na primeira fase, realizou-se um *survey* (Babbie, 2003) aos alunos do 3.º Ciclo do Ensino Básico, relativo aos jogos móveis mais jogados pelos alunos. Para o efeito utilizou-se a técnica do inquérito, tendo sido desenvolvido e validado um questionário (ver Anexo 2), que posteriormente foi aplicado aos alunos. Este questionário teve como objetivo identificar os hábitos de jogo dos alunos, bem como os jogos móveis que mais jogam e as características principais desses jogos.

3.1.2. Segunda fase – Análise dos jogos

Na segunda fase da investigação, procedeu-se à análise dos jogos mais jogados pelos alunos, encontrados na fase anterior. Cada um dos 15 jogos foi jogado e analisado pela investigadora.

Para a análise dos jogos, foi elaborada uma grelha de análise dos jogos (ver Anexo 3) a partir do trabalho de Gee (2003, 2007), Prensky (2005, 2006), Squire (2008), Zimmerman (2008), Carvalho e Gomes (2009) e Connolly et al. (2009) e que se descreve na secção 3.3.2.

3.1.3. Terceira fase – *Design* do jogo *Tempoly*

Depois de identificados os princípios de aprendizagem de Gee (2003) presentes nos jogos mais jogados pelos alunos, iniciou-se o desenvolvimento do jogo *Tempoly*.

Nesta terceira fase, foi usada uma metodologia de desenvolvimento (van den Akker, 1999, Coutinho & Chaves, 2001, McKenney & Reeves, 2012). Richey e Nelson (1996) distinguem entre duas abordagens da metodologia de desenvolvimento, que denominam de Tipo I e II. Na abordagem de Tipo 1, que van den Akker (1999) apelida de *investigação formativa*, os papéis do investigador e do *designer* sobrepõem-se, tendo-se como objetivo o estudo de um produto específico e a obtenção de conhecimento sobre os princípios de *design* do produto e as condições que facilitam o seu uso. Na abordagem de Tipo II, denominada por van den Akker (1999) de *estudos reconstrutivos*, o investigador não participa no processo de *design*, estudando, normalmente *a posteriori*, os processos de *design*. A abordagem usada nesta investigação foi de Tipo I (investigação formativa), tendo a investigadora assumido o papel de *designer* do jogo, desde o início e durante todo o seu desenvolvimento.

A criação do jogo *Tempoly* teve por base os dados recolhidos anteriormente, nomeadamente as características dos jogos móveis preferidas pelos jogadores, os elementos motivacionais identificados e os princípios de aprendizagem de Gee (2003). Tendo em conta todos estes elementos, foi elaborado o guião de um jogo para dispositivos móveis sobre as operações aritméticas com polinómios.

O processo de desenvolvimento do jogo *Tempoly* teve as seguintes etapas, que se descrevem no Capítulo 6: *design* do jogo através de um guião, versão preliminar, versão do jogo, testes de usabilidade e respetivas retificações.

3.1.4. Quarta fase – Integração do jogo *Tempoly* em contexto educativo

O jogo para dispositivos móveis desenvolvido foi integrado em contexto educativo e foram avaliadas as reações dos alunos e os seus efeitos na aprendizagem. A avaliação teve por base o registo das observações e reflexões sobre essa utilização, a análise de questionários elaborados para o efeito e os resultados de aprendizagem obtidos em testes de conhecimentos (pré-teste e pós-teste).

Nesta fase, pretendeu-se responder à quarta das questões de investigação, ou seja, avaliar os efeitos da utilização do jogo *Tempoly* em contexto educativo. Mais especificamente, dividiu-se esta questão nas seguintes subquestões:

- Questão 4.1. Quais são as reações dos alunos ao jogo *Tempoly*?
- Questão 4.2. Quais são os efeitos da utilização do jogo *Tempoly* na aprendizagem das operações com polinómios?
- Questão 4.3. Qual é o melhor momento para introduzir o *Tempoly* relativamente à unidade programática sobre polinómios do 8.º ano (como introdução à unidade, como consolidação, ou num momento intermédio)?
- Questão 4.4. Qual é a relação entre o desempenho dos alunos no *Tempoly* e a sua apropriação de conhecimentos através deste jogo?
- Questão 4.5. Qual é a relação entre a utilização do *Tempoly* e o intervalo de tempo em que este esteve disponível?

Tendo em conta estes objetivos, que pretendem relacionar o uso do jogo com diversas variáveis, foi seguida uma perspetiva positivista e quantitativa, desenvolvendo-se uma investigação de tipo quasi-experimental (Cook & Campbell, 1979). A diferença essencial entre as investigações de tipo experimental e quasi-experimental, baseando-se ambas em estudos controlados, está relacionada com a forma como se colocam os indivíduos nos vários grupos de estudo (Muijs, 2004). A não opção por uma investigação de tipo experimental deveu-se à impossibilidade prática de atribuir os alunos ao grupo de controlo e experimental de forma aleatória, tendo-se utilizado uma amostra de conveniência, isto é, as turmas existentes. Deste modo, os alunos que constituíram o grupo de controlo eram todos da mesma turma.

Nesta fase do estudo participaram outras quatro turmas do 8.º ano, num total de 101 alunos. A distribuição de alunos pelas quatro turmas é indicada na Tabela 3.2. O *Tempoly* foi disponibilizado apenas em três das turmas (Turmas 1, 2 e 3). A Turma 4 constituiu o grupo de controlo.

Tabela 3.2. Alunos participantes no estudo.

Turma	1	2	3	4	Total
Alunos	27	20	28	26	101
Género masculino	9	8	23	19	59
Género feminino	18	12	5	7	42

O grupo de controlo (Turma 4) realizou também o pré-teste e o pós-teste e teve as aulas sobre as operações com polinómios, mas não jogou o *Tempoly*. Os alunos das outras 3 turmas jogaram o *Tempoly* no seu dispositivo móvel, beneficiando da perspetiva *Bring your own device*, que tem revelado diversos aspetos positivos para os alunos, incluindo o gosto pela aprendizagem (Parsons & Adhikari, 2016). Diversos autores (Attewell, 2015, Pieri & Diamantini, 2009,

Moura & Carvalho, 2012) também defendem que o dispositivo móvel faça parte do dia-a-dia do aluno, e não apenas limitado a uma utilização específica.

3.2. Técnicas de recolha de dados

Nesta investigação as técnicas de recolha de dados usadas foram o inquérito e a observação.

3.2.1. Inquérito

O inquérito é uma técnica de recolha de dados que consiste em interrogar indivíduos sobre determinadas questões. Existem duas formas de realizar um inquérito, que são o inquérito por questionário e o inquérito por entrevista. Segundo Ghiglione e Matalon (1992), na entrevista é dada mais liberdade ao inquirido, que pode responder às questões de uma forma mais profunda e abrangente. As questões poderão, em entrevistas menos estruturadas, também ser adaptadas às respostas do inquirido. Por outro lado, no questionário, as questões são pré-determinadas, e podem mesmo ser aplicadas sem intervenção de um entrevistador. De acordo com Tuckman (1994), o questionário é mais adequado para respostas estruturadas. A medição de preferência e opiniões realizada nesta investigação pode ser realizada de forma fiável pelo questionário (Coutinho, 2005).

As questões num questionário podem ser abertas ou fechadas (Cohen, Manion & Morrison, 2000). Nas questões abertas, o inquirido tem um espaço para responder livremente. Por outro lado, nas questões fechadas, o inquirido apenas pode responder entre as opções existentes. Num questionário, embora as questões já estejam pré-determinadas, podem não ser todas apresentadas

ao inquirido. Nalguns casos, o inquirido pode ser instruído a saltar uma questão que não lhe seja aplicável. Quando o questionário é realizado de forma eletrónica, isto pode ser feito de forma automática, sem que o inquirido se aperceba.

Foram desenvolvidos questionários para diferentes fases da investigação, nomeadamente para identificar os jogos móveis mais jogados pelos alunos (Fase 1) e posteriormente, para inquirir das reações dos alunos à utilização do jogo *Tempoly* (Fase 4).

3.2.2. Observação

A observação permite ao investigador a recolha de dados provenientes de acontecimentos ocorridos durante a investigação, que seriam difíceis de recolher de outra forma. Para realizar este tipo de recolha de dados, o investigador deve estar no local onde decorre a investigação. Nesta investigação, isso aconteceu de forma natural, uma vez que a recolha de dados foi feita em interligação com a prática docente da investigadora.

Cohen, Manion e Morrison (2000) classificam a observação pelo seu grau de estruturamento, podendo ir de muito estruturada (onde o investigador categorizou previamente o que vai observar) a não estruturada (onde o investigador decide o que é relevante apenas durante o decorrer da observação). No caso particular desta investigação, a observação foi semiestruturada, uma vez que certas categorias de observação decorreram da prática letiva regular, como a observação da motivação, da compreensão e do comportamento dos alunos.

As observações consideradas relevantes pela investigadora foram registadas no diário de campo.

3.3. Instrumentos de recolha de dados

3.3.1. Questionário – Preferências dos alunos sobre jogos móveis

O questionário foi desenvolvido tendo por base o Modelo de Aceitação da Tecnologia (Davis, 1989). Este modelo, usualmente designado por TAM, é uma adaptação da Teoria da Ação Racional (Fishbein & Azjen, 1975), que defende que a atitude de um indivíduo emerge das suas crenças sobre as consequências do seu comportamento. No caso particular de uma decisão sobre a utilização de uma nova tecnologia, Davis (1989) propõe que as crenças chave que influenciam essa decisão são a utilidade percebida e a facilidade de uso percebida (ver Figura 3.1).

A utilidade percebida define-se como a crença de que a nova tecnologia melhora o desempenho profissional e a facilidade de uso percebida define-se como a crença de que o uso da nova tecnologia não exige esforço.

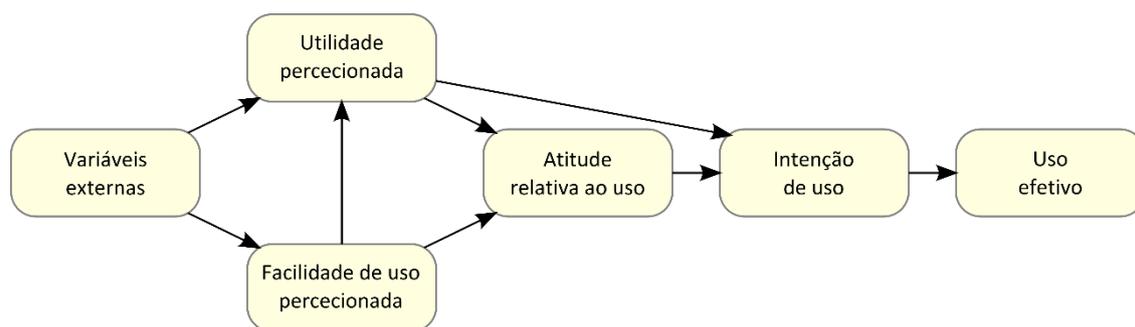


Figura 3.1. O modelo da aceitação da tecnologia

Um dos objetivos deste questionário (ver Anexo 2) é identificar as preferências de uso de uma tecnologia específica, os jogos móveis, em que a utilidade não tem a mesma natureza da de outras tecnologias. A utilidade, neste caso, não se poderá definir como uma melhoria de desempenho profissional, como no modelo TAM, mas como uma capacidade de entretenimento. Devido a esta característica, diversos autores (Moon & Kim, 2001, Liang & Yeh, 2008, Yang & Hub, 2012) propuseram substituir o constructo “utilidade percebida” por “diversão percebida” (*perceived playfulness*). Este constructo está relacionado com o estado de fluxo (Csikszentmihalyi, 1992), em que o jogador se sente profundamente integrado no jogo.

Yang e Hub (2012) concluem também que os fatores sociais, como o sentimento de pertencer a uma comunidade virtual, influenciam a intenção de uso.

O questionário relativo às preferências dos alunos (ver Anexo 2) sobre jogos móveis está dividido em três partes. A primeira parte pretende fazer uma caracterização dos hábitos de jogo do aluno. Na segunda parte, mais longa, pretende-se caracterizar, com detalhe, os jogos mais jogados pelo aluno, e os motivos dessa preferência. A terceira parte diz respeito à caracterização do aluno. As questões são maioritariamente de resposta fechada, exceto algumas que são de resposta aberta como os itens 6-11 e 14-15.

Primeira Parte: Caracterização dos hábitos de jogo

Na primeira parte do questionário pretende-se identificar os hábitos de jogo do aluno. Começa-se por perguntar ao aluno se costuma jogar em dispositivos móveis (item 1), que tipo de equipamento móvel utiliza com mais frequência (item 2), qual a frequência com que joga nesse dispositivo (item 3) e com quem costuma jogar (item 4). Finalmente pergunta-se a quantidade de jogos que possui nesse dispositivo (item 5). O item relativo aos companheiros de jogo

pretende avaliar a importância do fator social na utilização desse jogo, que será complementado com outras questões na segunda parte (nomeadamente no item 16).

Segunda Parte: Os jogos mais jogados pelo aluno

Na segunda parte, todos os itens são de resposta aberta. Começa-se por inquirir quais os jogos que o aluno mais gosta de jogar no seu equipamento móvel principal (item 6), solicitando-se para indicar o jogo que mais joga (item 7) e há quanto tempo o aluno joga esse jogo (item 8). De seguida, pretende-se identificar os motivos dessa preferência. Para isso, as questões que se seguem estão assentes em três dimensões, nomeadamente as interações com o jogo, a dificuldade do jogo e os fatores de atração do jogo. Estas três dimensões são importantes para a identificação dos princípios de aprendizagem subjacentes a esses jogos, que constituem a fase seguinte desta investigação.

a) Interações com o jogo

Em primeiro lugar é pedida uma descrição do objetivo do jogo (item 9) e o que é necessário fazer para alcançar esse objetivo (item 10), identificando assim o carácter mais linear ou não-linear do jogo. Enquanto nalguns jogos o objetivo poderá ser muito bem delimitado, Gee (2008) afirma que determinados jogos “*are designed to set up certain goals for players, but often leave players free to achieve these goals in their own ways*” (p. 46).

A descrição do objetivo como resposta aberta permite também caracterizar o jogo com um grau de detalhe superior ao que seria possível com uma simples categorização do jogo segundo uma taxonomia (como jogos de ação, estratégia, etc.).

De seguida, é formulada uma questão de resposta aberta (item 11), onde se pede uma descrição dos motivos pelo qual o aluno joga esse jogo. Pretende-se assim identificar as interações com o jogo que, segundo Botturi e Loh (2008), são uma componente essencial dos jogos.

b) Dificuldade do jogo

A segunda dimensão incide sobre o grau de dificuldade do jogo e inspira-se no constructo “Facilidade de uso percebida” do modelo TAM (Davis, 1989). Os alunos são questionados quanto à dificuldade do jogo (item 12) através de uma escala com cinco níveis (de muito fácil a muito difícil) e se o nível de dificuldade pode ser alterado (item 13). Esta análise é importante, porque frequentemente a facilidade de uso num jogo não é uma constante.

c) Fatores de atração do jogo

A última dimensão baseia-se no constructo “Diversão percebida”, identificada por Moon e Kim (2001), Liang e Yeh (2008) e Yang e Hub (2012). Perguntou-se o que os alunos gostam mais e menos no jogo (itens 14 e 15), através de uma questão de resposta aberta. Posteriormente, solicitou-se uma avaliação de diversos parâmetros relativos ao jogo, relacionados com as características da chamada geração digital (Prensky 2001, Gros 2002), como a velocidade (itens 16.1, 16.15 e 16.21), a colaboração com outros jogadores (item 16.14), a não linearidade e a tomada de decisões (itens 16.2, 16.5, 16.10, 16.16 e 16.17), ou a importância da fantasia (itens 16.4, 16.9 e 16.11) e da recompensa imediata (item 16.8). Os parâmetros analisados complementam as questões anteriores no que diz respeito aos fatores sociais (itens 16.3, 16.4, 16.6, 16.7, 16.9, 16.11, 16.14 e 16.16), à facilidade de uso (itens 16.8, 16.13 e 16.18) e ao

estado de fluxo (itens 16.12, 16.19, 16.20 e 16.22). Usou-se para cada item uma escala de Likert com cinco níveis (correspondendo 1 a Pouco e 5 a Muito).

Uma vez que os jogos mais jogados pelos alunos podem ser muito diversificados, com estes parâmetros pretende-se classificar o tipo de jogo segundo as suas características.

Terceira Parte: Caracterização do aluno

Na última parte, procedeu-se à caracterização do aluno, nomeadamente a idade (item 17), ano de escolaridade (item 18) e género (item 19). Este último item poderá ser particularmente relevante na avaliação da diversão percebida pelo aluno, onde para jogos semelhantes, poderão ser encontrados motivos diferentes para essa preferência, de acordo com o género do aluno. De facto, Nettleton (2008) afirma que *“While boys and girls play together, and often play the same games, their enjoyment in the games is often quite different.”* (p. 55)

Uma versão preliminar deste questionário foi enviada a especialistas com vista à sua validação e, depois de seguidas as suas recomendações e feitos os ajustes necessários, o instrumento ficou pronto para ser aplicado a alunos do 3º. Ciclo do Ensino Básico.

3.3.2. Grelha de análise de jogos

Com esta grelha (ver Anexo 3), pretendeu-se caracterizar cada um dos jogos mais jogados pelos alunos, identificando o *feedback* e os elementos motivacionais do jogo e, sobretudo, os princípios de aprendizagem de Gee (2003) presentes em cada jogo. A compreensão de como estes princípios de

aprendizagem se evidenciavam nos jogos mais jogados pelos alunos foi essencial para a fase seguinte da investigação, em que se desenvolveu o jogo.

A grelha de análise de jogos é composta por duas partes. Na primeira parte são indicadas algumas características do jogo. Começa-se por se indicar o nome e uma breve descrição do jogo. De seguida, caracteriza-se o cenário do jogo, indicando a sua qualidade gráfica. É também indicada a dificuldade do jogo e qual é o sistema de pontuação utilizado. Descreve-se o *feedback* dado pelo jogo às ações do jogador bem como a duração do jogo. Finalmente é indicado se o jogo pode ser jogado *online*, e quais são os elementos motivacionais do jogo.

Na segunda parte da grelha é indicado, para cada um dos 36 princípios de aprendizagem de Gee (2003), se está presente no jogo e, em caso afirmativo, como é que ele se manifesta no *design* do jogo.

3.3.3. Questionário de opinião sobre o jogo *Tempoly*

Este questionário teve como objetivo caracterizar as opiniões dos alunos relativamente ao jogo *Tempoly*.

O questionário foi desenvolvido a partir do modelo de avaliação da aprendizagem eficaz baseada em jogos de Connolly et al. (2009). Este modelo, construído a partir da análise da literatura descrevendo vários modelos distintos, pretende avaliar a aprendizagem baseada em jogos através de várias categorias de avaliação: Performance, Ambiente, Motivação, Perceções, Preferências e Atitudes (ver Figura 3.2).

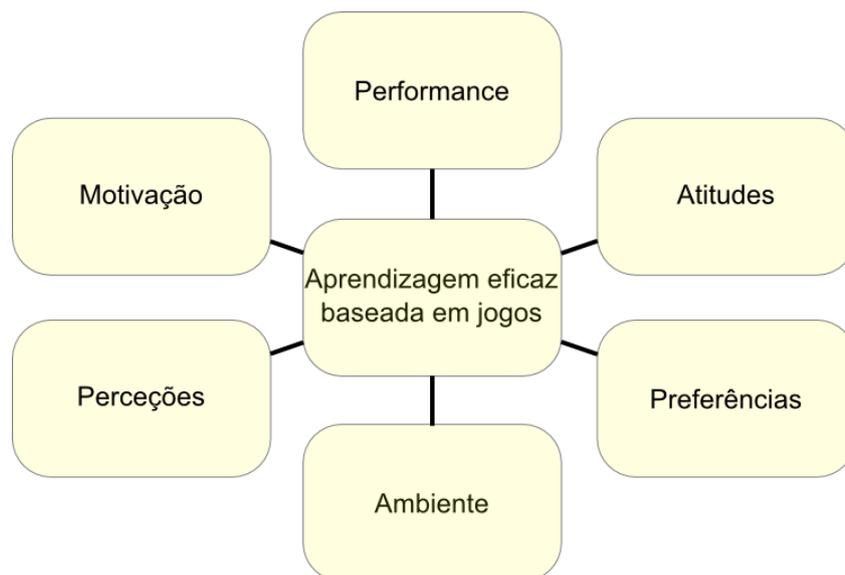


Figura 3.2. O modelo de avaliação da aprendizagem eficaz baseada em jogos (adaptado de Connolly et al., 2009)

A primeira categoria, *Performance*, que diz respeito à melhoria do desempenho matemático dos alunos como consequência de jogar o *Tempoly*, foi avaliada através de outro instrumento, nomeadamente a realização de um pré-teste e um pós-teste sobre conhecimentos.

Na categoria *Ambiente*, pretendeu-se medir aspetos do ambiente de aprendizagem, isto é, o contexto em que o jogo é introduzido na sala de aula, que pudessem influenciar o processo educacional. Alguns destes aspetos foram medidos com instrumentos complementares, a partir do desempenho dos alunos no jogo. Por exemplo, o jogo foi introduzido em diferentes momentos nas várias turmas, para verificar qual é a fase mais adequada para introduzir o jogo na unidade programática, ou seja, se é preferível introduzir o jogo no início da unidade, durante a aprendizagem da unidade ou no final, como consolidação da matéria. O questionário de opinião sobre o jogo *Tempoly* incidiu sobre quatro categorias de avaliação, nomeadamente: *Motivação*, *Percepções*, *Preferências* e *Atitudes* (Connolly et al., 2009). O questionário está dividido em quatro partes, de acordo com estas quatro categorias de avaliação.

3.3.3.1. Versão preliminar do Questionário de opinião sobre o jogo *Tempoly*

Na versão preliminar do questionário, que não tinha como objetivo um estudo aprofundado, apenas foram avaliadas as primeiras três categorias: Motivação, Percepções, Preferência, com um conjunto menor de questões do que na versão final.

Primeira Parte: Motivação (itens 1 a 5)

A categoria *Motivação* pretende medir o nível de interesse do aluno no jogo. Tendo em conta a importância da motivação proporcionada pelo jogo na aprendizagem (Paras & Bizzocchi, 2005), avalia-se a disposição do aluno para jogar o *Tempoly* como forma de aprendizagem.

Nesta parte inquire-se o interesse dos alunos pelas aulas em que foi jogado o *Tempoly* (item 1), se gostaram de jogar na aula (item 2) e qual é a sua reação perante o sucesso (item 3) no jogo. Inquire-se ainda se os alunos gostam da forma de jogar, ou seja, de arrastar os hexágonos (item 4).

Segunda Parte: Percepções (itens 5 a 8)

Na categoria *Percepções*, pretende-se avaliar as percepções do aluno relativamente ao jogo, como o aluno vê o seu desempenho no jogo, e como classifica o jogo em termos de dificuldade. A dificuldade adequada de um jogo é essencial para manter o aluno em estado de fluxo e promover a aprendizagem (Chen, 2007).

Inquire-se a percepção do aluno sobre a aprendizagem realizada através do jogo (item 5). Esta medida diz respeito a uma autoavaliação do aluno sobre a

sua aprendizagem através do jogo, e pode diferir da aprendizagem real demonstrada pelo aluno. Esta última será avaliada na categoria *Performance*, recorrendo a outros instrumentos de avaliação, nomeadamente os testes de conhecimentos descritos na secção 3.3.5. De seguida, questiona-se o aluno sobre o interesse despertado pelo jogo na aprendizagem do tema (item 6).

Relativamente à perceção da dificuldade do jogo, em particular, questiona-se se o aluno ia fazendo cálculos mentais ao longo do jogo (item 7) e se o jogo era difícil (item 8).

Terceira Parte: Preferências (itens 9 a 18)

Na categoria *Preferências* analisam-se as preferências do aluno em termos de características concretas do jogo, dada a importância da adaptação do jogo ao estilo de aprendizagem do aluno (Chong et al., 2005).

Inquire-se como se comparam as aulas em que jogaram o *Tempoly* com outro tipo de aulas (item 9) e se os alunos gostariam de repetir a experiência (item 10).

Relativamente à informação dada pelo jogo, questionam-se os alunos sobre as suas preferências, nomeadamente quanto ao número de jogadas realizadas e ao tempo despendido (item 11).

As próximas questões incidem sobre as preferências do aluno em relação ao som do jogo. Em particular, pergunta-se a preferência do aluno relativamente à música do jogo (item 12) e aos efeitos sonoros (item 13). Inquire-se também se o aluno gostou do modo criativo do jogo (item 14) e a ajuda do jogo (item 15).

Finalmente, solicita-se a opinião do aluno sobre o aspeto gráfico do jogo (item 16), o tema subjacente ao *Tempoly* (item 17) e o nome das medalhas (item 18).

3.3.3.2. Versão final do Questionário de opinião sobre o jogo *Tempoly*

Este questionário (ver Anexo 10) é uma versão mais completa do questionário descrito na secção anterior. Nesta versão, incide-se sobre as quatro categorias de avaliação, Motivação, Percepções, Preferências e Atitudes (Connolly et al., 2009).

Primeira Parte: Motivação (itens 1 a 5)

Nesta parte inquire-se o interesse dos alunos pelas aulas em que foi jogado o *Tempoly* (item 1), se gostaram de jogar na aula (item 2), qual é a sua reação perante o sucesso (item 3) e introduziu-se um novo item relativo à reação do aluno perante o insucesso (item 4) no jogo. Inquire-se ainda se os alunos gostam da forma de jogar, ou seja, de arrastar os hexágonos (item 5).

Segunda Parte: Percepções (itens 6 a 12)

Inquire-se a percepção do aluno sobre a aprendizagem realizada através do jogo (item 6) e se o jogo o ajudou na correção de erros (item 7). Estas duas medidas dizem respeito a uma autoavaliação do aluno sobre a sua aprendizagem através do jogo, e podem diferir da aprendizagem real demonstrada pelo aluno. Esta última será avaliada na categoria *Performance*, recorrendo a outros instrumentos de avaliação, nomeadamente os testes de conhecimentos descritos na secção 3.3.5.

Questiona-se o aluno sobre o interesse despertado pelo jogo na aprendizagem do tema (item 8) e se a aprendizagem sobre polinómios realizada

nas restantes aulas ajudou na resolução dos problemas apresentados pelo jogo (item 9).

Relativamente à perceção da dificuldade do jogo, em particular, questiona-se se o aluno ia fazendo cálculos mentais ao longo do jogo (item 10), se o jogo exigia reflexão (item 11) e se o jogo era difícil (item 12).

Terceira Parte: Preferências (itens 13 a 29)

Inquire-se como se comparam as aulas em que jogaram o *Tempoly* com outro tipo de aulas (item 13) e se os alunos gostariam de repetir a experiência (item 14).

Relativamente à informação dada pelo jogo, questionam-se os alunos sobre as suas preferências, nomeadamente quanto ao número de jogadas realizadas (item 15) e ao tempo despendido (item 16). Uma vez que o jogo não indica uma solução correta quando o aluno se engana, deixando-o tentar repetidamente até a encontrar, pergunta-se ao aluno se prefere esta característica como está implementada no *Tempoly* ou se preferia ser informado da solução correta (item 17).

As próximas questões incidem sobre as preferências do aluno em relação ao som do jogo. Em particular, pergunta-se a preferência do aluno relativamente à música do jogo (itens 18 e 19) e aos efeitos sonoros (itens 20 e 21). Inquire-se também se o aluno utilizou o modo criativo do jogo (itens 22, 23 e 24) e a ajuda do jogo (itens 25 e 26).

Finalmente, solicita-se a opinião do aluno sobre o aspeto gráfico do jogo (item 27), o tema subjacente ao *Tempoly* (item 28) e o nome das medalhas (item 29).

Quarta Parte: Atitudes (itens 30 a 35)

A categoria *Atitudes* incide sobre as atitudes do aluno perante os jogos digitais em geral e a disciplina de Matemática. Estas atitudes podem ter um papel relevante na experiência de jogo dos alunos (Wechselberger, 2013). Esta categoria foi colocada no final do questionário para não influenciar as restantes respostas.

Nesta parte caracteriza-se o aluno enquanto jogador nos seus dispositivos móveis, nomeadamente em contexto de sala de aula. É perguntado se o aluno costuma jogar em dispositivos móveis (item 30) e se já tinha utilizado, na sala de aula, dispositivos móveis (item 31) e jogos digitais (item 32).

Finalmente caracteriza-se a relação do aluno com a Matemática. Em particular, solicita-se que o aluno indique se gosta da disciplina (item 33), se gosta da unidade programática sobre polinómios (item 34) e se gosta de estudar Matemática (item 35).

No final do questionário é ainda disponibilizado um item para que os alunos façam outros comentários sobre o jogo (item 36), sendo o único item de resposta aberta. Os restantes itens são de resposta fechada.

O questionário, depois de validado, foi disponibilizado e respondido na sala de aula.

3.3.4. Diário de campo

O diário de campo (Bogdan & Biklen, 1994) é um registo escrito de diversos acontecimentos que decorreram ao longo da investigação. Contém observações da investigadora, bem como um registo de comentários feitos pelos vários intervenientes, nomeadamente alunos e professores.

3.3.5. Testes de conhecimentos

Os testes de conhecimentos sobre as operações aritméticas com polinômios são compostos por dez questões de dificuldade crescente. A primeira questão contém apenas números, ou seja, apenas polinômios de grau zero. As questões 2 a 4 incidem sobre polinômios de grau um, as questões 5 a 9 envolvem polinômios de grau dois e a última questão incorpora um polinômio de grau três. Cada questão vale um ponto. Os testes de conhecimentos, pré-teste e pós-teste, são apresentados nos Anexos 7 e 8.

As questões do pós-teste são similares às do pré-teste. Por exemplo, a quarta questão pede para simplificar o polinômio

$$(z - 7) - (4 - z),$$

no pré-teste e no pós-teste, o polinômio correspondente é:

$$(w - 6) - (5 - w).$$

Em ambos os casos, pretendia-se que o aluno calculasse a diferença entre dois polinômios cujos termos de grau um são simétricos e cujos termos independentes têm sinais contrários. Assim, nas duas questões era necessário adicionar (e não cometer o erro, bastante frequente, de subtrair) os dois valores numéricos que aparecem nas respectivas expressões, sendo a dificuldade de ambas muito semelhante.

Optou-se por não se aplicar exatamente o mesmo teste de conhecimentos, uma vez que, sendo o intervalo de tempo entre a aplicação do pré-teste e do pós-teste relativamente curto, poderia haver uma influência positiva nos resultados do pós-teste.

Os testes de conhecimentos incidem sobre vários tópicos relacionados com as operações aritméticas, conforme se pode verificar na Tabela 3.3.

Antes de começar a unidade programática sobre polinómios, os alunos não tiveram anteriormente contacto com estas operações, pelo que era expectável que no pré-teste os alunos respondessem corretamente a muito poucas questões. No entanto, a questão 1, que envolvia apenas números, era acessível a todos os alunos, e pretendia avaliar o conhecimento dos alunos nas operações aritméticas com números negativos.

Tabela 3.3. As questões dos testes de conhecimentos

Questão	Conhecimento	Cotação
1	Soma de dois números com sinais contrários	1
2	Soma de monómios semelhantes	1
3	Soma de polinómios de grau um	1
4	Diferença de polinómios de grau um	1
5	Soma de polinómios de grau diferente	1
6	Quadrado de um binómio	1
7	Diferença de quadrados	1
8	Factorização de uma diferença de quadrados	1
9	Diferença de produtos de polinómios	1
10	Produto de polinómios de grau diferente	1

3.3.6. Registos de utilização

O jogo *Tempoly* regista diversos dados de utilização, nomeadamente o tempo total de utilização do jogo, o número de desafios resolvidos e a eficiência do jogador nessa resolução, descritos a seguir.

O tempo total de utilização do jogo é medido em minutos e diz respeito unicamente ao tempo em que o jogador está a jogar um nível, desde o momento em que começa a mexer as peças. O objetivo desta forma de contar o tempo é evitar que se obtenham tempos de utilização muito superiores aos reais quando um aluno deixa ligado o jogo, por distração, não o estando de facto a jogar. O tempo em que o jogador está a percorrer os menus também não é contabilizado nesta medida.

A eficiência compara o número de jogadas feitas pelo jogador nos vários desafios com o número de jogadas previstas para esses desafios (quanto menor for o número de jogadas efetuadas pelo jogador, maior será a eficiência), sendo medida em percentagem. Por exemplo, se num nível onde estivessem previstas 8 jogadas, o jogador realizasse 10 jogadas, a sua eficiência seria de $8/10=80\%$; se o jogador conseguisse resolver esse nível em 20 jogadas, a sua eficiência seria apenas de $8/20=40\%$.

3.4. Recolha de dados

Os questionários foram aplicados aos alunos diretamente pela investigadora, que responderam ao instrumento *online* (no caso do questionário sobre as preferências dos alunos) e em papel (no caso do questionário de opinião sobre o jogo *Tempoly*).

O questionário sobre as preferências dos alunos (Anexo 2) foi aplicado numa escola básica portuguesa, na zona centro, onde foi respondido por 298 alunos, através da plataforma *Moodle* da escola. Foi aplicado no âmbito da planificação de trabalho interdisciplinar realizada na escola. Deste modo, os alunos não responderam ao questionário durante as aulas de Matemática, mas sim nas aulas de TIC.

Por outro lado, o questionário de opinião sobre o jogo *Tempoly*, versão preliminar e final, foi entregue em papel e recolhido na aula pela investigadora.

Também no final da utilização do jogo na sala de aula, foram recolhidos os dados de utilização do jogo por parte do aluno, que foram registados pelo próprio jogo. Em particular, foi recolhido o tempo total de utilização do jogo (incluindo o tempo de jogo em aula e o tempo de jogo em casa), o número de desafios resolvidos, e a eficiência do jogador nessa resolução. A recolha de dados pelo *Tempoly* foi feita de forma discreta, em *background*, não interferindo com as ações do jogador nem perturbando o seu envolvimento no jogo, como propõem Shute e Ventura (2013).

3.5. Tratamento de dados

Os dados recolhidos através dos vários instrumentos de recolha de dados foram sujeitos a uma análise estatística, realizada com o pacote estatístico *SPSS Statistics*, versão 20.

Questionários

Perante os itens de resposta aberta no questionário, possivelmente devido à idade dos inquiridos, a taxa de resposta foi extremamente baixa, e as

poucas respostas existentes não continham grande informação. Por exemplo, no questionário sobre as preferências dos alunos, as respostas mais comuns dos alunos, ao serem inquiridos sobre o que mais e menos gostam no jogo que mais jogam, são “Tudo” e “Nada”, ou “Ganhar” e “Perder”. Deste modo, optou-se por não se considerar estas questões no estudo realizado.

No que diz respeito ao questionário sobre os jogos mais jogados pelos alunos (ver Anexo 3) e ao questionário de opinião (ver Anexo 10), são feitas descrições estatísticas das respostas dadas pelos alunos, bem como algumas correlações verificadas entre as respostas. Apenas foram consideradas correlações muito significativas, isto é, com um valor $p < 0,01$, que significa que a probabilidade de estas correlações serem apenas fruto do acaso é inferior a 1%.

É indicado, em cada caso, o coeficiente de correlação r de Pearson (Corder & Foreman, 2009). Este coeficiente, situado entre -1 e 1, indica a força da correlação linear entre duas variáveis. Não há uma terminologia universal sobre a força da correlação, mas genericamente pode-se considerar que uma relação é fraca se $|r| < 0,25$, moderada se $0,25 \leq |r| < 0,5$ e forte se $|r| \geq 0,5$. O sinal de r indica se a correlação é positiva ou negativa, ou seja, se o crescimento de uma variável está associado ao crescimento ou decréscimo da outra variável.

Testes de conhecimentos

Em relação ao pré-teste e pós-teste de conhecimentos, realizados no âmbito da introdução do *Tempoly* em contexto educativo, para além da estatística descritiva, foi utilizado o teste de *Wilcoxon signed rank sum* (Corder & Foreman, 2009) para comparar os resultados do pré-teste e do pós-teste em cada uma das quatro turmas. Posteriormente, o teste de Mann-Whitney (Corder & Foreman, 2009) foi utilizado para verificar se existe uma diferença estatisticamente significativa entre as turmas que utilizaram o jogo e a turma que não o utilizou.

Para além da análise sobre a melhoria global dos resultados, nesta investigação analisaram-se também quais foram os fatores que influenciaram essa melhoria através de uma análise de correlação. Como as turmas tiveram o jogo disponível durante períodos com duração distinta, pretendeu-se também averiguar se esse fator teve influência na melhoria dos resultados. Para isso, usou-se o teste de Kruskal-Wallis (Corder & Foreman, 2009) para comparar as três turmas que jogaram o jogo durante períodos distintos.

Registos de tempo no jogo *Tempoly*

Para se comparar o número de dias em que o *Tempoly* esteve disponível com o tempo total de utilização do jogo por parte dos alunos, analisou-se se a utilização do jogo se mantém ao longo do tempo ou se vai decrescendo, como era esperado (Deater-Deckard et al., 2014).

O desempenho do aluno no jogo foi também comparado com as suas respostas na versão final do questionário de opinião sobre o jogo *Tempoly*, com o objetivo de verificar se as opiniões mais positivas estão relacionadas com um melhor desempenho.

3.6. Calendarização do estudo

A calendarização das várias fases do estudo está apresentada na Tabela 3.4. Cada uma das fases do estudo está descrita em pormenor nos capítulos 4, 5, 6 e 7.

Tabela 3.4. Calendarização do estudo

	Fase	Início	Fim
1	Identificação dos jogos que os alunos jogam	Setembro de 2012	Mai de 2013
2	Análise dos jogos	Junho de 2013	Fevereiro de 2014
3	<i>Design</i> e retificação do jogo <i>Tempoly</i>	Março de 2014	Janeiro de 2016
4	Integração do jogo <i>Tempoly</i> em contexto educativo		
	a) Estudo piloto	Dezembro de 2015	Dezembro de 2015
	b) Estudo	Fevereiro de 2016	Fevereiro de 2016

A calendarização específica da fase 4, respeitante à integração em contexto educativo, é apresentada na Tabela 3.5. Em dezembro de 2015 foi realizado um estudo piloto com a Turma 0, conforme é descrito na secção 7.1. Posteriormente, em fevereiro de 2016, foi realizado um estudo com as restantes quatro turmas. Na primeira semana de fevereiro foi aplicado o pré-teste a todas as quatro turmas, antes da primeira utilização do *Tempoly* na sala de aula.

Tabela 3.5. Calendarização da integração em contexto educativo

Turma	Pré-teste	Disponibilização do jogo	1.ª aula de jogo	2.ª aula de jogo	Pós-teste	Questionário de opinião
0	9 dez.	10 dez.	11 dez.	14 dez.	14 dez.	14 dez.
1	5 fev.	5 fev.	5 fev.	26 fev.	26 fev.	26 fev.
2	4 fev.	15 fev.	16 fev.	26 fev.	26 fev.	26 fev.
3	5 fev.	21 fev.	22 fev.	26 fev.	26 fev.	26 fev.
4	3 fev.				25 fev.	

Subsequentemente, o jogo foi disponibilizado através da plataforma *Moodle* da escola às Turmas 2, 3 e 4 em momentos sucessivos (nos dias 5, 15 e 21 de fevereiro). Nestas turmas foram dedicadas duas aulas à exploração do jogo, sendo a primeira aula coincidente com a disponibilização do jogo e a segunda aula no dia 26 de fevereiro. Para além das aulas, os alunos podiam jogar o *Tempoly* nos seus dispositivos móveis.

Capítulo IV

Os jogos mais jogados pelos alunos

Neste capítulo identificam-se os jogos que são mais jogados pelos alunos, os motivos que os levam a jogar esses jogos e quais as suas características. A questão de investigação colocada foi a seguinte: *Quais são os jogos mais jogados em dispositivos móveis pelos alunos do 3.º Ciclo do Ensino Básico e quais são as suas características?*

Neste capítulo explicitam-se os resultados obtidos através de um questionário sobre as preferências de jogo dos alunos (ver Anexo 2), que foi descrito na secção 3.3.1.

Na primeira secção deste capítulo descrevem-se os participantes no estudo. Na secção seguinte reportam-se os resultados relativos aos hábitos de jogo dos alunos. Na terceira secção indica-se os jogos que os alunos mais jogam, segundo o tipo de dispositivo utilizado. Na quarta secção apresentam-se os resultados que se recolheram relativos à dificuldade do jogo mais jogado pelos alunos. Na quinta secção, identificam-se as características que os alunos indicaram como mais relevantes nos jogos que mais jogam.

4.1. Participantes no estudo

O questionário sobre as preferências dos alunos relativamente a jogos móveis foi respondido por 298 alunos do 3.º Ciclo do Ensino Básico, de uma escola básica do centro de Portugal, em dezembro de 2012. Destes alunos, 154 eram do género masculino e 144 do género feminino, com idades

compreendidas sobretudo entre os 12 e os 14 anos, embora haja alguns alunos mais velhos, com idades até aos 17 anos, como está indicado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Idade e género dos participantes (n=298)

Idade	Género masculino (n=154)	Género feminino (n=144)	Total
12	19%	14%	33%
13	13%	15%	28%
14	14%	14%	28%
15	4%	4%	8%
16	1%	1%	2%
17	1%	0%	1%
Total	52%	48%	100%

Relativamente à distribuição dos alunos por anos de escolaridade, como se pode observar na Figura 4.1, 40% dos alunos eram do 7.º ano, 32% eram do 8.º ano e 28% dos alunos eram do 9.º ano de escolaridade.

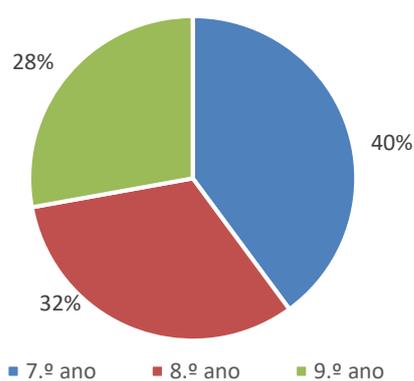


Figura 4.1. Participantes no estudo, por ano de escolaridade (n=298)

4.2. Hábitos de jogo

Verificou-se com este estudo que a grande maioria dos alunos (84%) costuma jogar em dispositivos móveis (ver Figura 4.2).

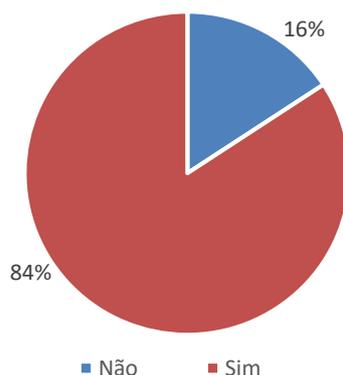


Figura 4.2. Costuma jogar em dispositivos móveis (n=298)

No entanto, observou-se uma diferença de género, uma vez que as raparigas jogam menos (77%) do que os rapazes (91%) (ver Figura 4.3).

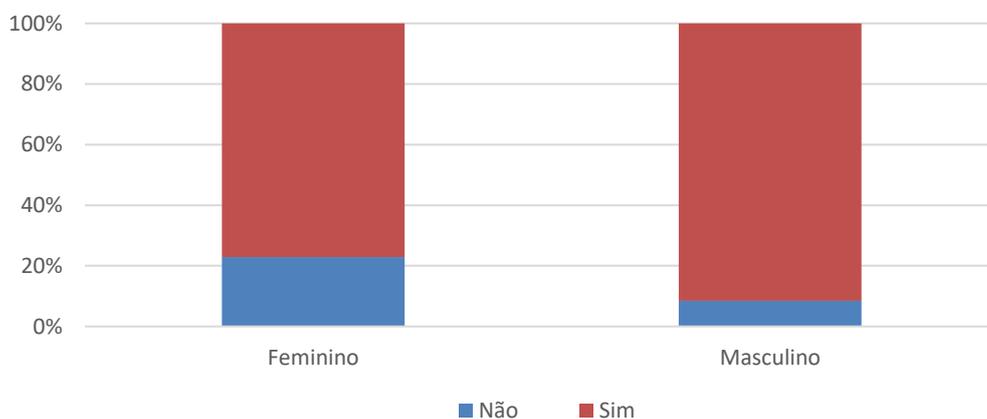


Figura 4.3. Costuma jogar em dispositivos móveis, por género (n=298)

Os dispositivos mais usados pelos alunos são os computadores portáteis (49%), telemóveis (13%) e consolas portáteis (13%), como se pode ver na Figura 4.4. O uso de *tablets* (6%) e de *smartphones* (3%) tem uma incidência bastante menor.

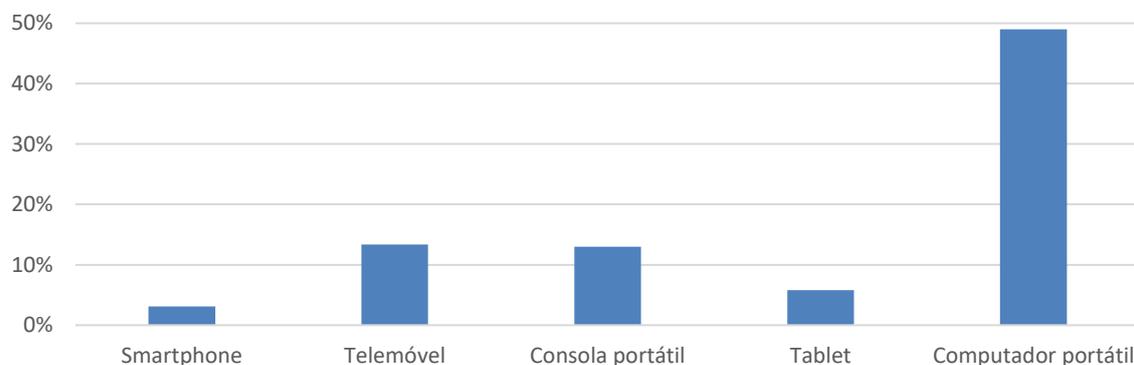


Figura 4.4. Dispositivo onde o aluno costuma jogar com mais frequência (n=298)

Verificou-se ainda que os alunos dos anos menos avançados jogam ligeiramente mais em dispositivos móveis do que os alunos dos anos mais avançados ($r=-0,234$; $p<0,001$). De facto, na Figura 4.5 pode observar-se que 92% dos alunos do 7.º ano costuma jogar em dispositivos móveis. No 8.º ano, a percentagem de alunos que tem este hábito diminui ligeiramente, para 89%, decrescendo para 70% entre os alunos do 9.º ano de escolaridade.

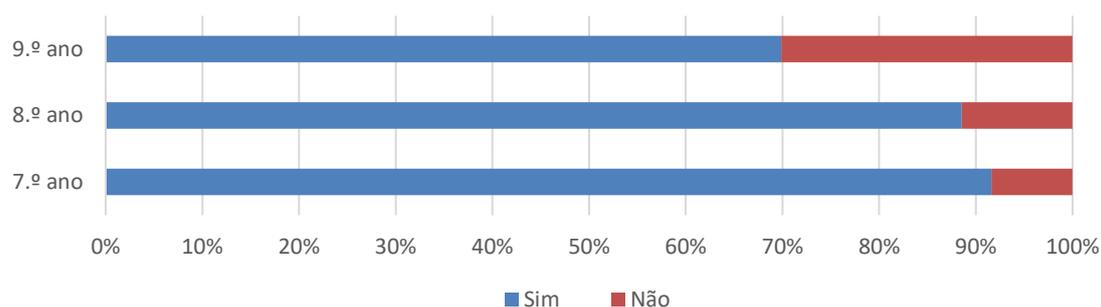


Figura 4.5. Costuma jogar em dispositivos móveis, por ano de escolaridade (n=298)

Considerando a totalidade dos alunos, verificou-se que mais de metade destes (55%) joga cinco ou menos horas por semana, conforme pode ser observado na Figura 4.6.

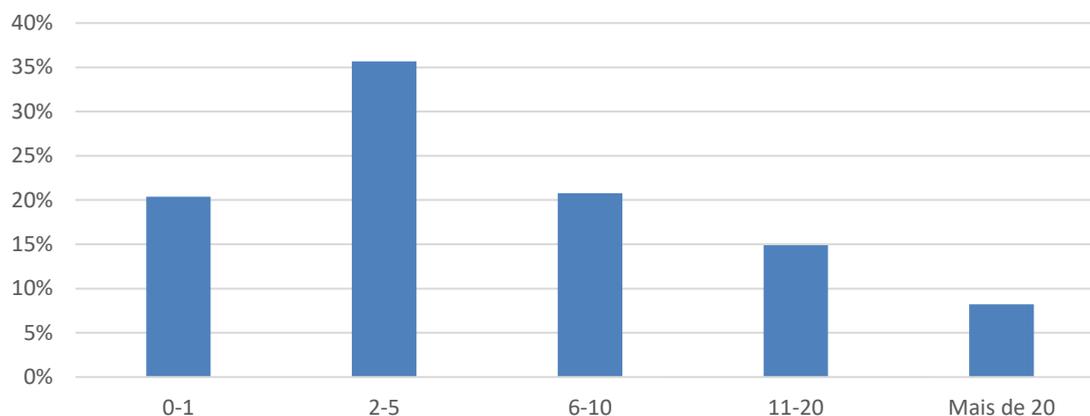


Figura 4.6. Horas de jogo por semana (n=298)

Pode ainda ser verificado nessa figura que 20% dos alunos joga apenas ocasionalmente (até 1 hora por semana), aproximadamente a mesma percentagem de alunos que joga entre 6 e 10 horas por semana; 15% dos alunos joga entre 11 e 20 horas por semana e os restantes 8% jogam mais do que 20 horas por semana.

Constatou-se também que as raparigas jogam menos horas do que os rapazes ($r=-0,505$; $p<0,001$). De facto, a Figura 4.7 mostra que 41% das raparigas joga menos de duas horas por semana, contrapondo-se aos apenas 4% de rapazes que jogam com essa frequência. Por outro lado, apenas 1% das raparigas joga mais de vinte horas por semana, enquanto 14% dos rapazes afirmam jogar esse número de horas. Esta é a correlação mais forte encontrada no âmbito deste questionário de opinião sobre as preferências dos alunos, que vai no mesmo sentido do resultado referido anteriormente de que as raparigas jogam menos em dispositivos móveis do que os rapazes.

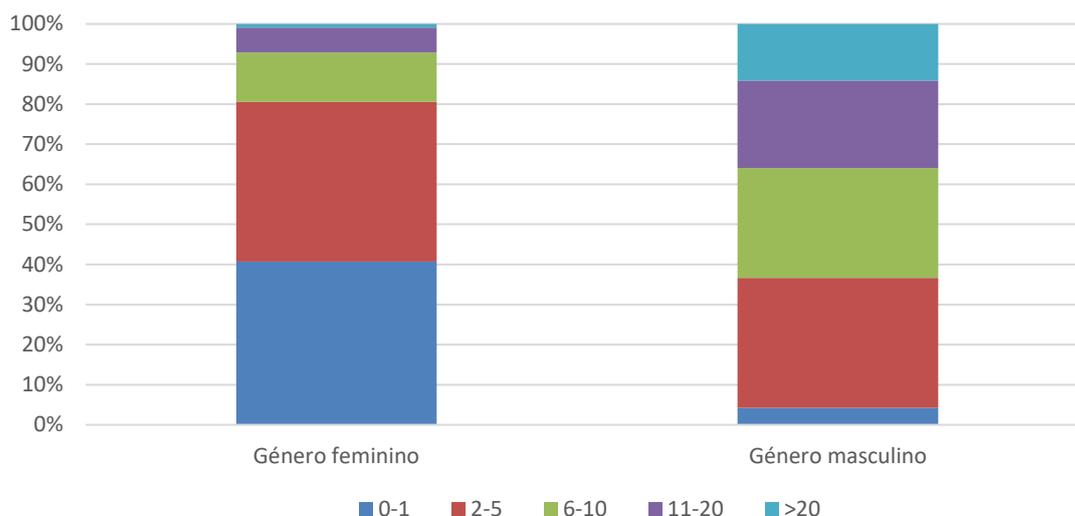


Figura 4.7. Número de horas de jogo por semana, por género (n=298)

Relativamente às pessoas com quem os alunos costumam jogar, constatou-se que 81% dos alunos jogam sozinhos, 40% jogam com amigos, 23% com outros jogadores na Internet, 22% com os irmãos, e raramente (<5%) com outras pessoas (a soma é superior a 100% uma vez que as várias possibilidades não são mutuamente exclusivas).

Verificou-se que os alunos de anos mais avançados jogam ligeiramente mais com outros jogadores na Internet ($r=0,176$; $p=0,005$). De facto, pode verificar-se na Figura 4.8, que 34% dos alunos do 9.º ano joga com outros jogadores na Internet, sendo que apenas 16% dos alunos do 7.º ano tem o mesmo hábito.

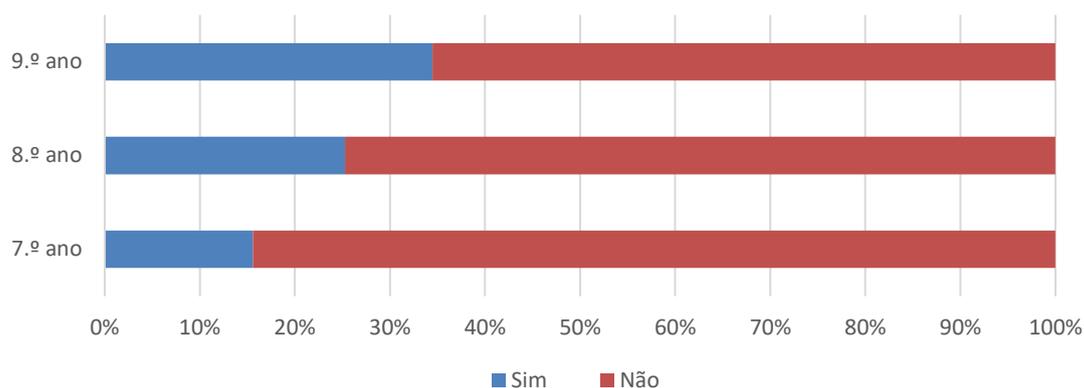


Figura 4.8. Costuma jogar com outros jogadores na Internet, por ano de escolaridade (n=298)

Do mesmo modo, observou-se que os alunos de anos mais avançados jogam menos sozinhos ($r=-0,136$; $p=0,003$). De facto, pode verificar-se na Figura 4.9, que cerca de 85% dos alunos do 7.º e 8.º anos jogam sozinhos, sendo que apenas 68% dos alunos do 9.º ano o faz.

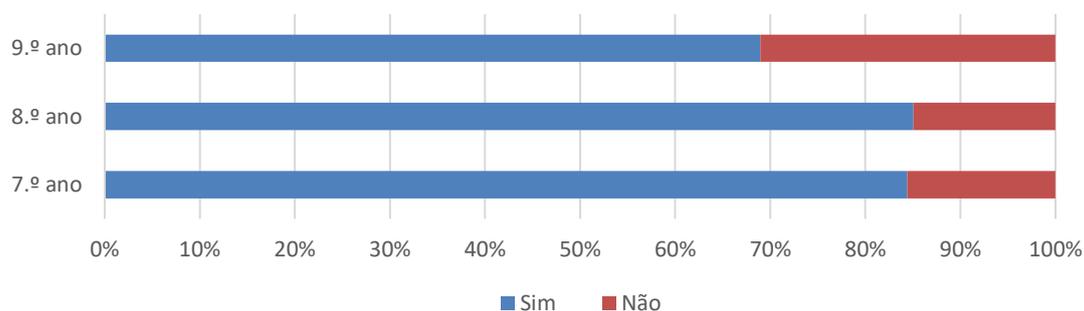


Figura 4.9. Costuma jogar sozinho, por ano de escolaridade (n=298)

Conclui-se também, como indicado na Figura 4.10, que as raparigas jogam ligeiramente mais sozinhas do que os rapazes ($r=0,165$; $p=0,008$), menos com amigos ($r=-0,164$; $p=0,009$) e menos com outros jogadores na Internet ($r=-0,338$; $p<0,001$), sendo esta última correlação um pouco mais forte. De facto, apenas 7% das raparigas joga com outros jogadores na Internet, sendo este

número muito superior, cerca de 36%, quando se considera o conjunto dos rapazes.

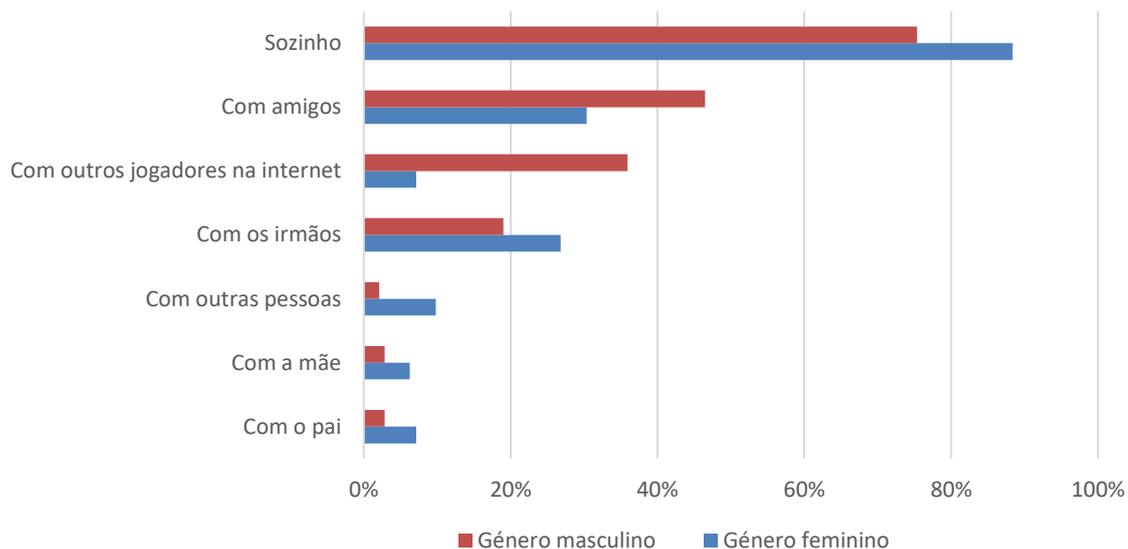


Figura 4.10. Com quem jogam os alunos, por género (n=298)

Jogar com outros jogadores na Internet está também correlacionado positivamente, de forma moderada, com o tempo que os alunos dedicam ao jogo ($r=0,299$; $p<0,001$), como indicado na Figura 4.11.

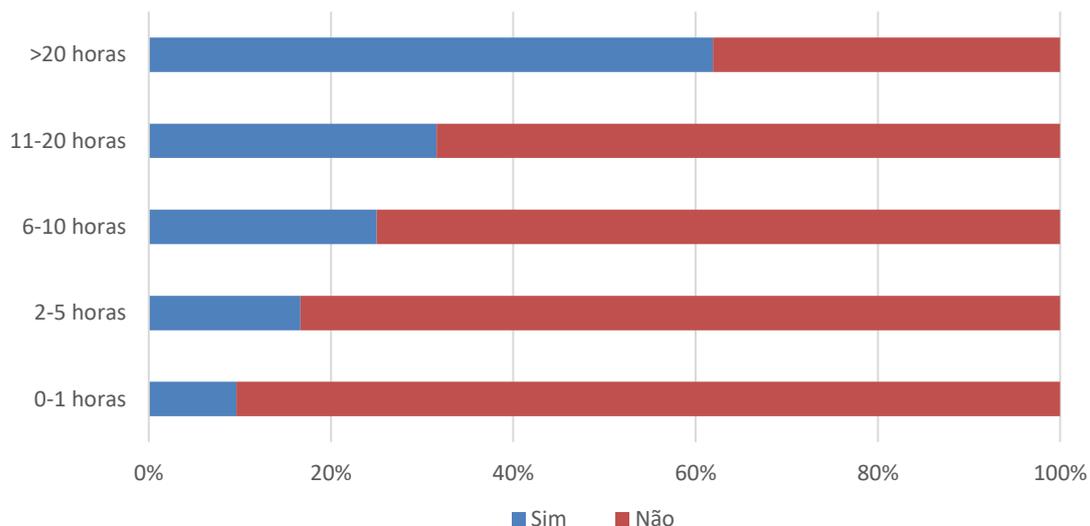


Figura 4.11. Costuma jogar com outros jogadores na Internet, segundo o tempo de jogo semanal (n=298)

Nesta figura pode observar-se que a maioria dos alunos não costuma jogar com outros jogadores na Internet, exceto os alunos que jogam mais de 20 horas por semana. Neste grupo, pelo contrário, 62% dos alunos costuma jogar com outros jogadores *online*.

Em relação ao número de jogos que os alunos têm no seu dispositivo portátil principal, verificou-se que cerca de metade (49%) tem entre 1 e 5 jogos, 19% tem entre 6 e 10 jogos e 32% dos alunos tem mais de 10 jogos, como indicado na Figura 4.12.

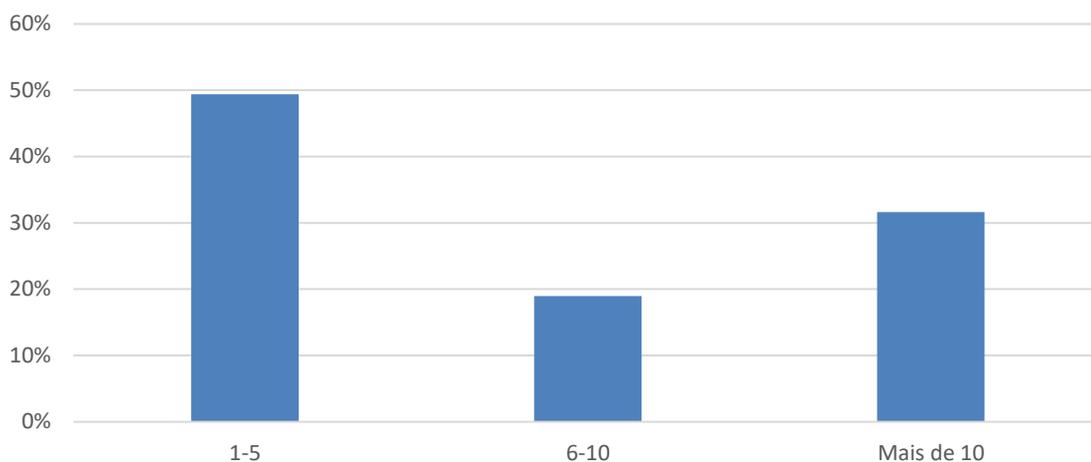


Figura 4.12. Número de jogos no dispositivo móvel (n=298)

No entanto, verificou-se que os alunos que jogam mais tempo por semana têm um maior número de jogos ($r=0,235$; $p<0,001$). Na Figura 4.13, pode observar-se que a maior parte dos alunos que jogam 5 ou menos horas por semana têm entre 1 e 5 jogos, enquanto os alunos que jogam mais de 20 horas por semana possuem mais de 10 jogos.

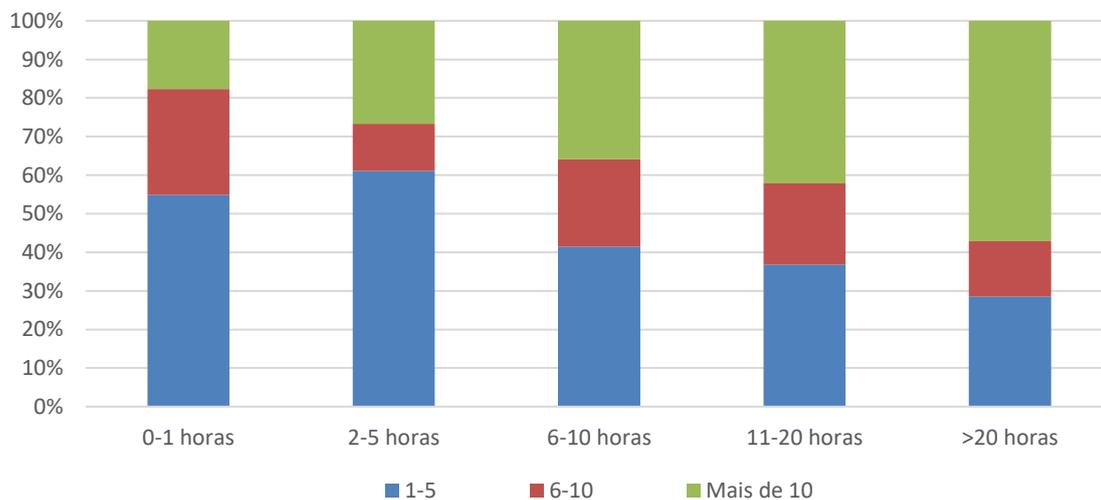


Figura 4.13. Número de jogos no dispositivo móvel, segundo o tempo de jogo semanal (n=298)

4.3. Os jogos mais jogados

Embora muitos jogos digitais sejam colocados no mercado em diferentes versões, adequadas para os vários tipos de dispositivos móveis, existem jogos que, pelas suas características, não estão disponíveis para todos os dispositivos móveis. No entanto, os telemóveis mais recentes incorporam cada vez maiores recursos para jogar, tendo vindo a aproximar-se das consolas de jogos e dos computadores e adotando muitos dos jogos destes dispositivos. Deste modo, a diferença entre os vários tipos de dispositivos tem vindo a esbater-se, tendo alguns jogos sido comercializados com versões mais leves adaptadas para os vários dispositivos móveis.

Além disso, os sistemas operativos variam consoante a plataforma, pelo que certos jogos desenhados para um único sistema operativo não funcionem noutra.

Tendo em conta esta diferença entre os vários tipos de dispositivos móveis, a análise sobre qual é o jogo mais jogado pelos alunos teve em conta o dispositivo que mais utilizam. Na Tabela 4.2 são indicados os cinco jogos mais jogados pelos alunos, por ordem decrescente, em cada um dos tipos de dispositivo utilizado.

Tabela 4.2. Jogos mais jogados pelos alunos por dispositivo (n=298)

<i>Laptop</i>	<i>Consola</i>	<i>Tablet</i>	<i>Smartphone</i>
<i>The Sims</i>	<i>FIFA</i>	<i>Bad Piggies</i>	<i>Hill Climb Racing</i>
<i>Minecraft</i>	<i>Pro Evolution Soccer</i>	<i>FIFA</i>	<i>Grand Theft Auto</i>
<i>Pro Evolution Soccer</i>	<i>Grand Theft Auto</i>	<i>Stardolls</i>	<i>Jetpack Joyride</i>
<i>Grand Theft Auto</i>	<i>Call of Duty</i>	<i>Subway Surfers</i>	<i>Puzzle Bobble</i>
<i>Crossfire</i>	<i>Little Big Planet</i>	<i>Jetpack Joyride</i>	<i>Fruit Ninja</i>

Verifica-se que alguns jogos, como o *Grand Theft Auto*, obtêm a preferência dos alunos em diversas plataformas. Por outro lado, também se constata que os jogos mais jogados pelos alunos que jogam em computadores portáteis e consolas são em geral, mais complexos, enquanto os jogos mais jogados em telemóveis, *smartphones* e *tablets* têm um carácter mais simples e casual.

É de salientar que os jogos *Grand Theft Auto* e *Call of Duty* têm uma classificação de M (*mature*) no sistema ESRB (*Entertainment Software Rating Board*), o que significa que são impróprios para menores de 17 anos. Na Figura 4.14 é evidenciado que a opção por um destes jogos ocorre em todas as idades. Entre os 12 e os 14 anos, a proporção de alunos cujo jogo mais jogado tem a classificação de M no sistema ESRB está entre os 11% e os 14%, enquanto que aos 15 anos, essa percentagem sobe para 26%.

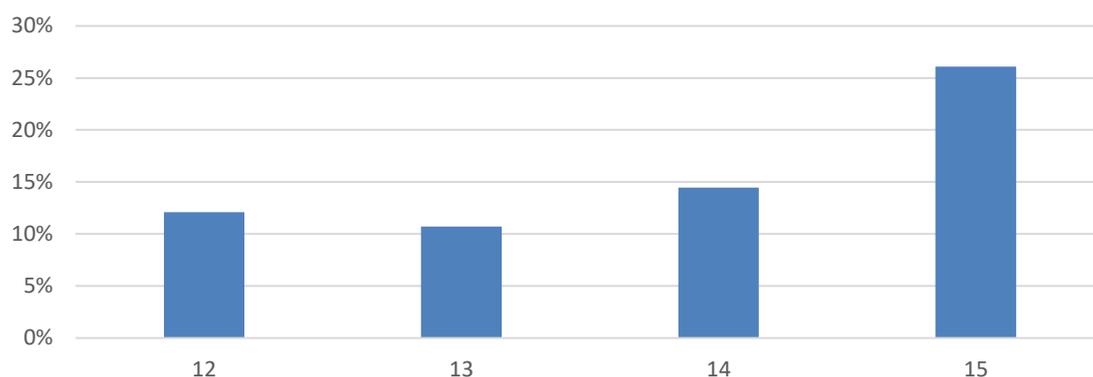


Figura 4.14. Percentagem de alunos cujo jogo mais jogado não é adequado para a sua idade (n=298)

Observou-se ainda que os jogos mais jogados pelos alunos diferiam consoante o género. De facto, na Tabela 4.3 verifica-se que os jogos mais jogados pelos rapazes são jogos de futebol (*Pro Evolution Soccer* e *FIFA*), de ação (*Grand Theft Auto* e *Crossfire*) e *sandbox* (*Minecraft*). Por outro lado, as raparigas jogam mais jogos do tipo *sandbox*, embora mais ligados à vida social (*The Sims* e *Stardolls*), ação (*Grand Theft Auto*) e *arcade* (*Angry Birds* e *Fruit Ninja*).

Tabela 4.3. Jogos mais jogados, por género (n=298)

Género masculino (n=154)	Género feminino (n=144)
<i>Pro Evolution Soccer</i>	<i>The Sims</i>
<i>FIFA</i>	<i>Stardolls</i>
<i>Grand Theft Auto</i>	<i>Angry Birds</i>
<i>Minecraft</i>	<i>Grand Theft Auto</i>
<i>Crossfire</i>	<i>Fruit Ninja</i>

4.4. A dificuldade do jogo

Quase metade dos alunos (43%) consideraram que o jogo que mais jogam é de dificuldade moderada, conforme se pode verificar na Figura 4.15. A média da dificuldade dos jogos mais jogados foi de 2,98, correspondendo o nível 1 a um jogo muito fácil e o nível 5 a um jogo muito difícil.

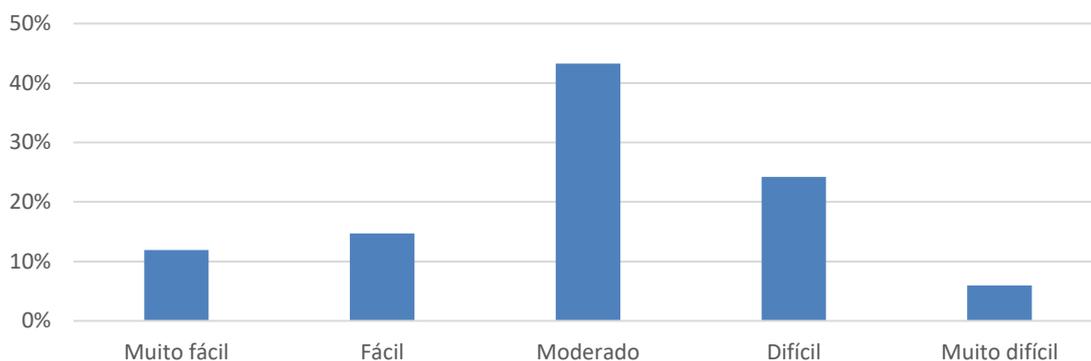


Figura 4.15. A dificuldade do jogo (n=298)

Em cerca de metade dos casos (52%) é possível mudar a dificuldade do jogo, como indicado na Figura 4.16.

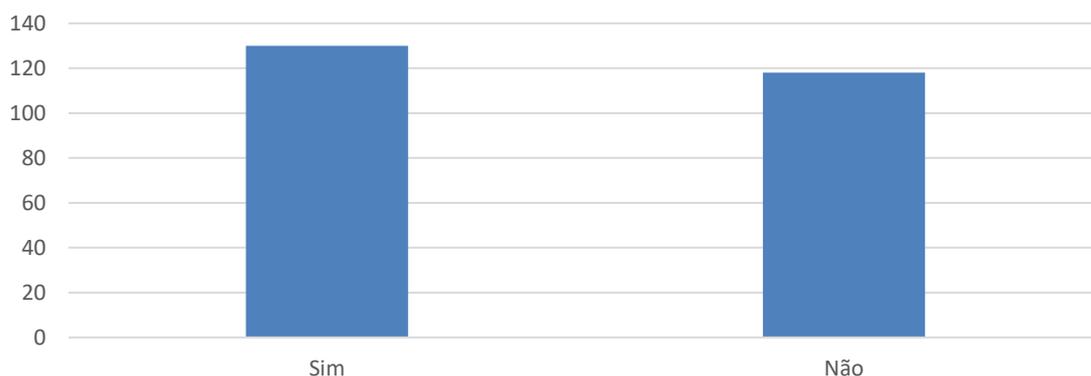


Figura 4.16. Possibilidade de mudar a dificuldade do jogo (n=298)

Os alunos do género masculino afirmam jogar, em média, jogos mais difíceis do que os do género feminino ($r=0,445$; $p<0,001$), como indicado na Figura 4.17. Nesta figura pode observar-se que os rapazes consideram, em média, que a dificuldade do jogo mais jogado por eles é de 3,39, enquanto que as raparigas avaliam essa dificuldade apenas em 2,45.

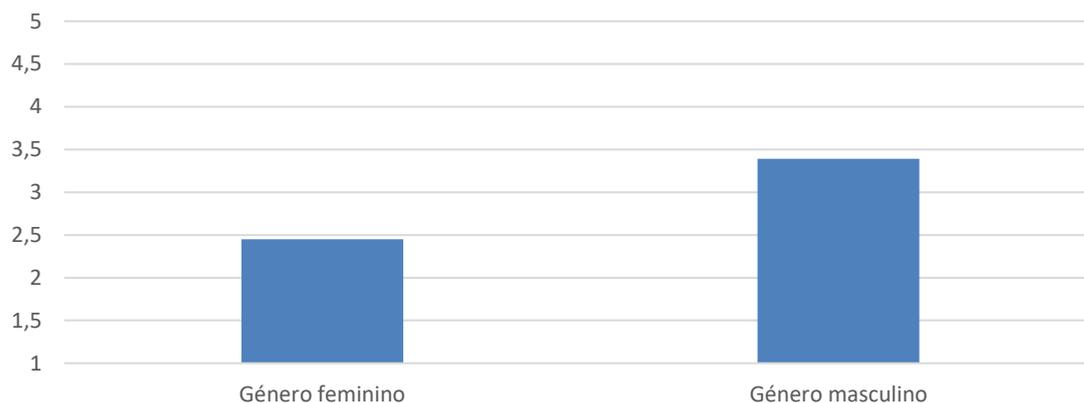


Figura 4.17. A dificuldade do jogo mais jogado, segundo o género (n=298)

Verificou-se também que os alunos que jogam mais horas por semana relatam preferir jogos mais difíceis ($r=0,283$; $p<0,001$), como se pode ver na Figura 4.18. Esta figura mostra que a dificuldade média do jogo mais jogado pelos alunos que jogam até uma hora por semana é apenas de 2,54, e que esta dificuldade vai aumentando à medida que os alunos jogam mais horas por semana, atingindo o valor de 3,48 os alunos que jogam mais de 20 horas por semana.

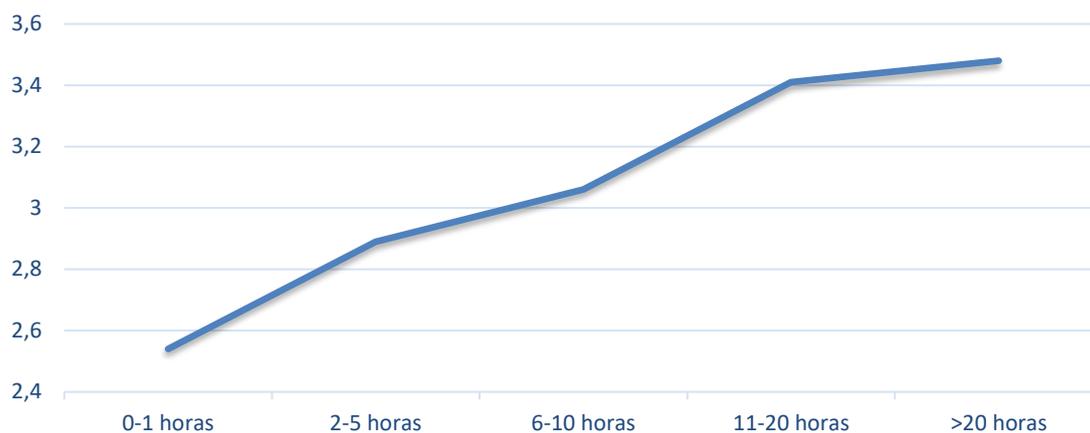


Figura 4.18. A dificuldade do jogo mais jogado, segundo o tempo de jogo semanal (n=298)

A dificuldade do jogo mais jogado está também correlacionada com quem os alunos costumam jogar. Os alunos que jogam sozinhos preferem jogos mais fáceis ($r=0,205$; $p=0,001$) e os alunos que jogam com outros jogadores na Internet preferem jogos mais difíceis ($r=0,246$; $p=0,001$), como é indicado na Figura 4.19.

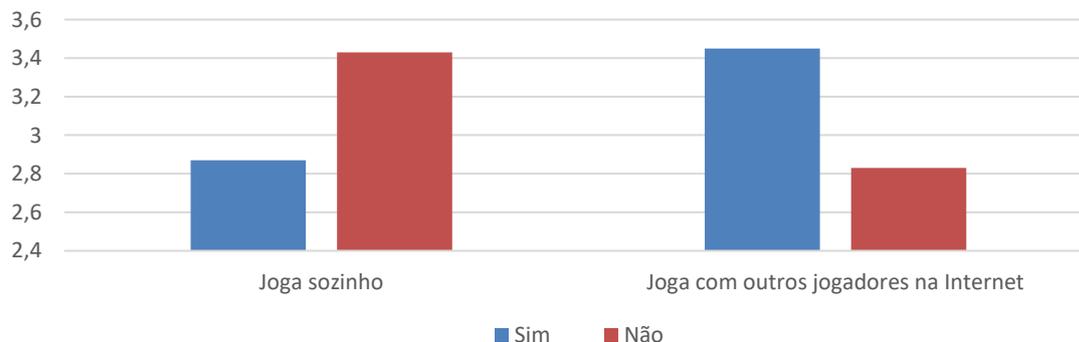


Figura 4.19. A dificuldade do jogo mais jogado, segundo a companhia no jogo (n=298)

De facto, à esquerda da Figura 4.19 pode observar-se que, para os alunos que jogam sozinhos, a dificuldade média do jogo mais jogado é 2,87, enquanto que para os alunos que não jogam sozinhos essa dificuldade é de 3,43. Por outro lado, à direita da figura, observa-se que, para os alunos que jogam com outros jogadores na Internet, a dificuldade média do jogo mais jogado é 3,45, enquanto

que para os alunos que não jogam com outros jogadores na Internet, essa dificuldade é de 2,83.

Também se verificou que os alunos que têm mais jogos indicam preferir jogos mais difíceis ($r=0,171$; $p=0,007$), conforme se pode observar na Figura 4.20.

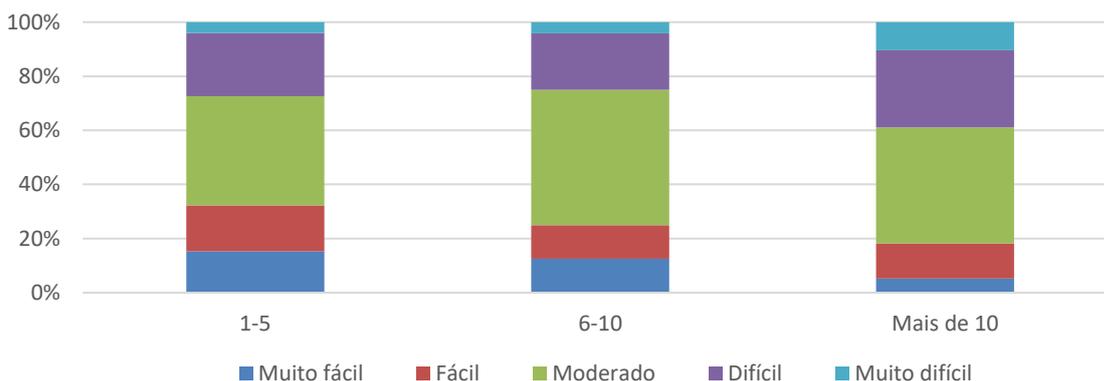


Figura 4.20. A dificuldade do jogo mais jogado, segundo o número de jogos (n=298)

De facto, a dificuldade média do jogo mais jogado pelos alunos com 1 a 5 jogos é de 2,83, sendo de 2,92 para os alunos com 6 a 10 jogos e subindo para 3,26 para os alunos que têm mais de 10 jogos.

4.5. As características dos jogos mais jogados

No questionário perguntava-se aos alunos quais as características presentes nos jogos que mais jogavam. Os alunos indicaram, para o jogo que mais jogam, em que medida tinham essas características, numa escala de 1 (Pouco) a 5 (Muito).

As características que mais se salientaram nos jogos mais jogados pelos alunos (ver Figura 4.21) foram as ligadas ao estado de fluxo (apela a jogar várias vezes – média de 4,08; faz perder a noção do tempo – média de 4,00; envolvimento no jogo – média de 3,85), à facilidade em jogar (facilidade no uso dos controlos – média de 3,96; facilidade em começar a jogar – média de 3,85) e ao ser desafiante (média de 3,93) e exigir uma interação rápida (média de 3,93).

No outro extremo, as características dos jogos que os alunos menos identificaram nos jogos mais jogados foram o isolamento do jogador (média de 2,38), a agressividade (média de 2,51) e o permitir jogar sem pensar (média de 2,60).

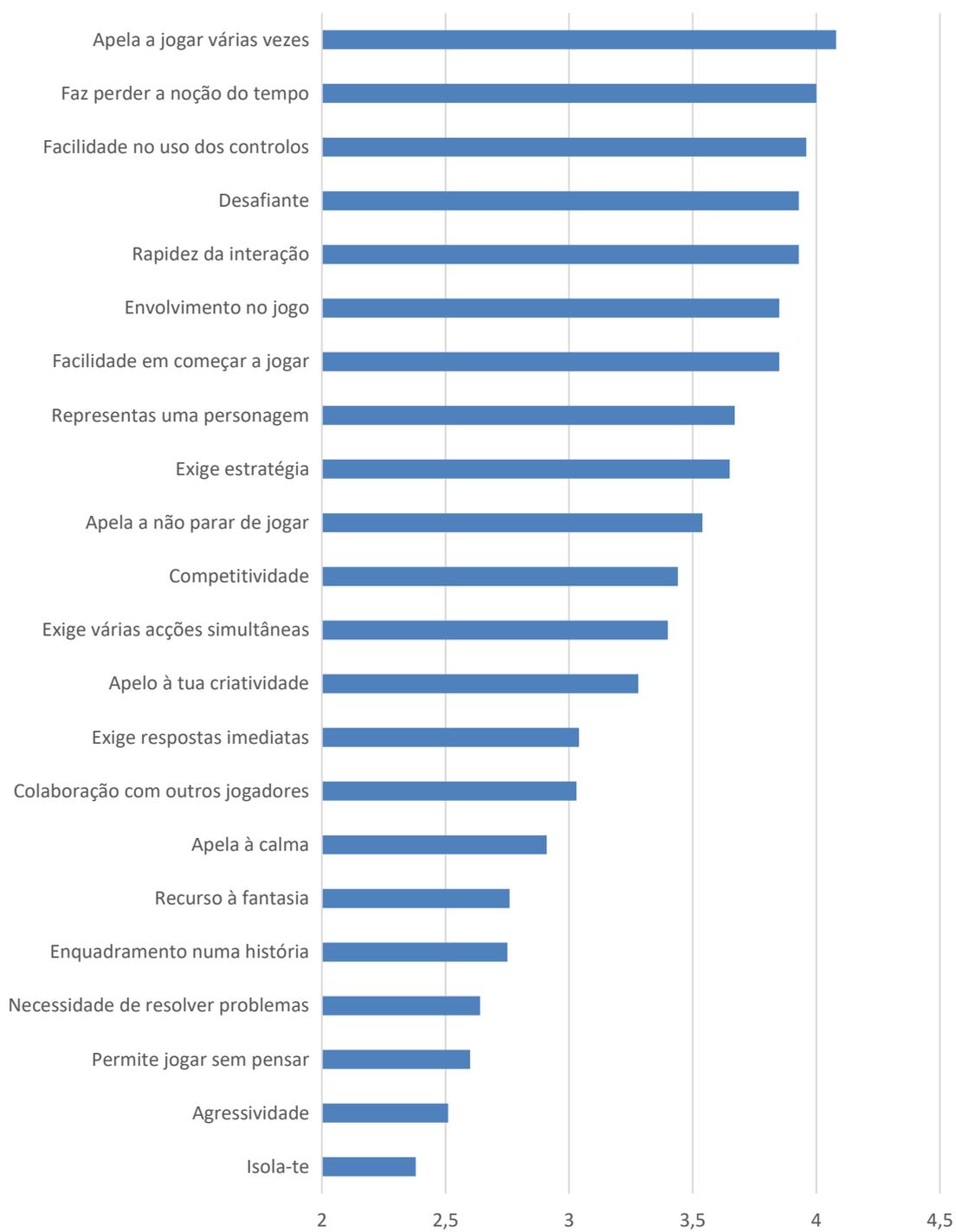


Figura 4.21. Classificação do jogo mais jogado (n=298)

Neste estudo não se verificaram diferenças significativas nas respostas dos alunos consoante a sua idade ou ano de escolaridade. No que diz respeito à associação das respostas com o género do inquirido, observou-se que os rapazes têm uma maior preferência por jogos competitivos ($r=0,452$; $p<0,001$), desafiante ($r=0,431$; $p<0,001$), agressivos ($r=0,429$; $p<0,001$), que exigem uma colaboração com outros jogadores ($r=0,359$; $p<0,001$), que apelam a estratégia por parte do jogador ($r=0,306$; $p<0,001$) e exigem respostas imediatas ($r=0,303$; $p<0,001$), conforme se pode observar na Figura 4.22.

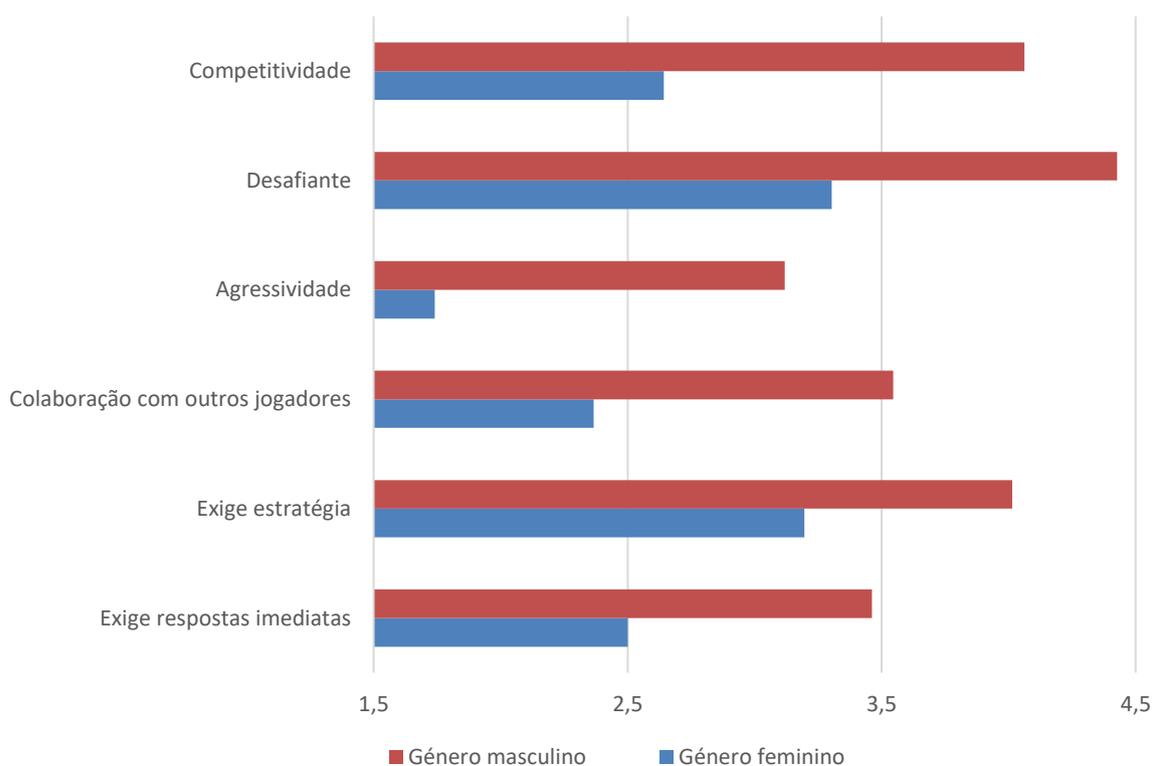


Figura 4.22. Classificação do jogo mais jogado, por género (n=298)

Este estudo mostrou também que havia diferenças nas respostas consoante o tempo de jogo semanal dos alunos, conforme se dá conta na Figura 4.23.

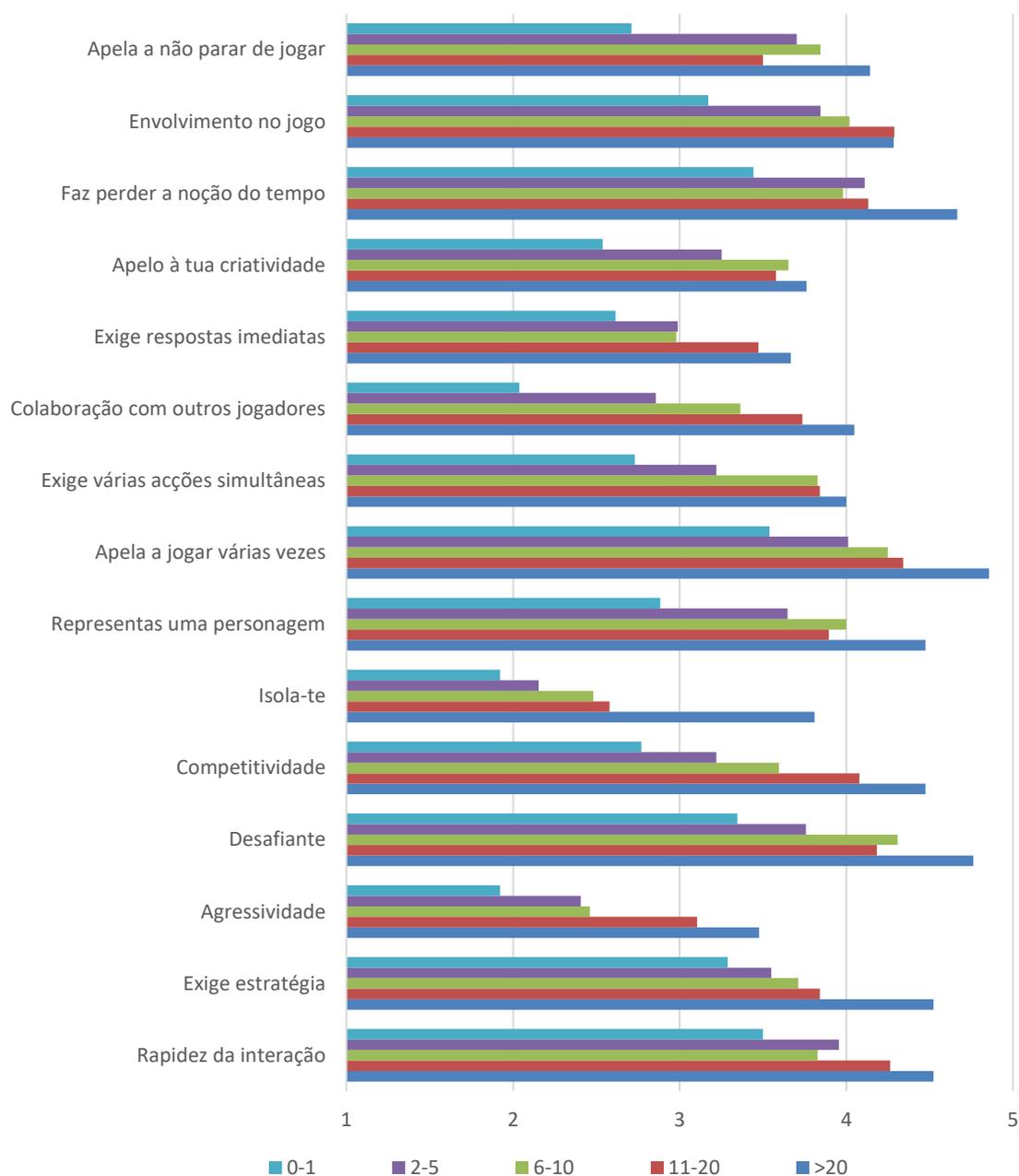


Figura 4.23. Classificação do jogo mais jogado, segundo o tempo de jogo semanal (n=298)

Verificou-se que os alunos que jogam mais horas por semana preferem jogos de interação rápida ($r=0,239$; $p<0,001$), que exigem estratégia ao jogador ($r=0,224$; $p<0,001$), com agressividade ($r=0,274$; $p<0,001$), desafiantes ($r=0,306$;

$p < 0,001$), competitivos ($r = 0,329$; $p < 0,001$), que os isolam ($r = 0,311$; $p < 0,001$), onde os jogadores representam uma personagem ($r = 0,258$; $p < 0,001$), que apelam a jogar várias vezes ($r = 0,303$; $p < 0,001$), que exigem ao jogador ações simultâneas ($r = 0,286$; $p < 0,001$), que envolvem colaboração com outros jogadores ($r = 0,375$; $p < 0,001$), que exigem respostas imediatas ao jogador ($r = 0,190$; $p < 0,001$), que apelam à sua criatividade ($r = 0,232$; $p < 0,001$), que fazem perder a noção do tempo ($r = 0,202$; $p < 0,001$) e onde os jogadores se sentem envolvidos no jogo ($r = 0,286$; $p < 0,001$) e que apelam a não parar de jogar ($r = -0,209$; $p < 0,001$).

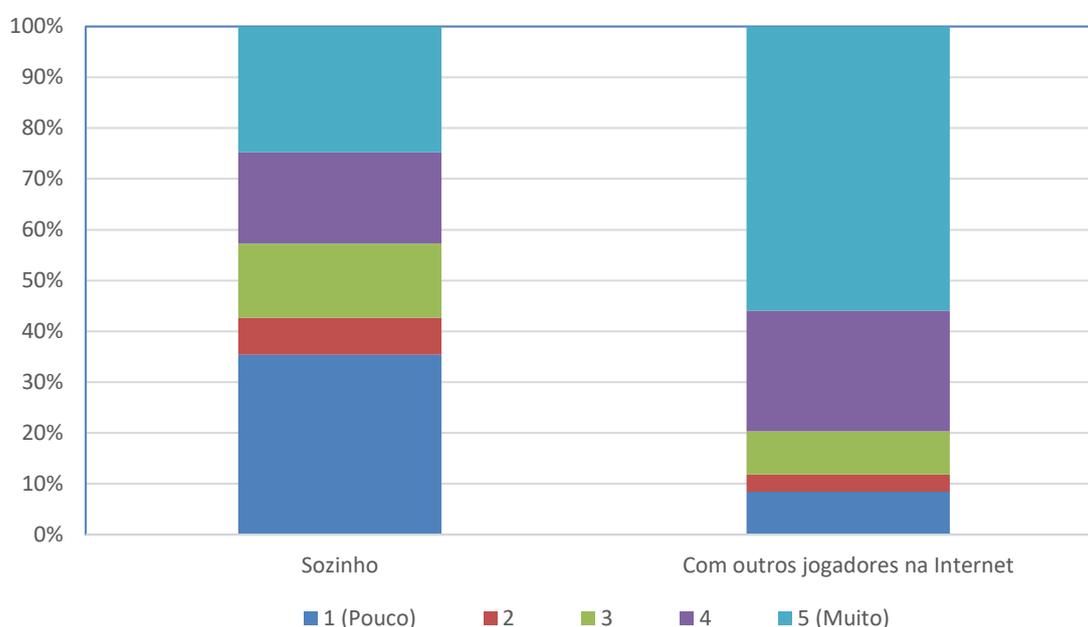


Figura 4.24. Classificação do jogo mais jogado em relação à colaboração com outros jogadores (n=298)

Verificou-se ainda, como era esperado, que os alunos que preferem jogos que envolvam a colaboração com outros jogadores, tendem mais a jogar com outros jogadores na Internet ($r = 0,380$; $p < 0,001$) e, por outro lado, tendem menos a jogar sozinhos ($r = -0,165$; $p = 0,008$). De facto, como é evidenciado na Figura 4.24, para os alunos que jogam sozinhos, a preferência por jogos que envolvam

a colaboração com outros jogadores é de 2,89, enquanto que para os alunos que costumam jogar com outros jogadores na Internet, essa preferência é de 4,15.

Capítulo V

Análise dos jogos

Depois de identificados os jogos móveis mais jogados pelos alunos, pretendeu-se analisar esses jogos segundo os princípios de aprendizagem de Gee (2003). Estes 36 princípios de aprendizagem estão descritos na secção 2.1.2.3.

Os diversos jogos indicados pelos alunos foram jogados pela investigadora para compreender em que medida cada um dos princípios de aprendizagem se evidenciava. Como refere Alves (2008), citando Babin e Kouloumdjian (1989): "*frente ao novo, devemos imergir, nos distanciar e nos apropriar.*" Pretendeu-se assim responder à segunda questão de investigação: *Que princípios de aprendizagem estão integrados nos jogos mais jogados pelos alunos?*

Este capítulo começa por descrever os jogos mais jogados pelos alunos. Na secção seguinte são indicados os géneros desses jogos. Na terceira secção descrevem-se as características principais dos jogos e na secção final estes são analisados de acordo com os 36 princípios de aprendizagem de Gee (2003).

5.1. Breve descrição dos jogos

Nesta secção descrevem-se brevemente cada um dos jogos mais jogados pelos alunos, indicados na Tabela 4.2, nomeadamente os jogos *Bad Piggies*, *Call of Duty*, *Crossfire*, *FIFA*, *Fruit Ninja*, *Grand Theft Auto*, *Hill Climb Racing*, *Jetpack Joyride*, *Little Big Planet*, *Minecraft*, *Pro Evolution Soccer*, *Puzzle Bobble*, *Stardolls*, *Subway Surfers* e *The Sims*.

5.1.1. *Bad Piggies*

O *Bad Piggies* é um jogo, desenvolvido pela *Rovio Entertainment* em 2012, sucessor do jogo *Angry Birds*, da mesma editora. O jogo é do tipo *puzzle*, e o objetivo é o de construir engenhocas que levem os personagens do jogo, os porcos, até aos ovos dos pássaros.

Os gráficos do jogo são formados por desenhos animados, humorísticos, e os movimentos dos mecanismos construídos é realista, respeitando as leis da física.

A dificuldade do jogo não é alterável, mas cada nível tem vários objetivos de dificuldade crescente. Assim, o jogador pode completar o nível se atingir o objetivo básico do nível, mas pode tentar repetir o nível até conseguir atingir os objetivos mais difíceis. A pontuação do jogo varia conforme os objetivos conseguidos em cada nível.

O jogador tem, em cada nível do jogo, que construir uma engenhoca com as ferramentas que lhe são fornecidas no início (ver Figura 5.1). O *feedback* do jogo não é imediato, uma vez que a disposição das ferramentas escolhidas pelo jogador só produz efeitos mais tarde no jogo, depois de a engenhoca construída pelo jogador percorrer parte do percurso. No entanto, parte do *feedback* é imediato, uma vez que durante o movimento da engenhoca, é possível ativar ou desativar parte das ferramentas, alterando de forma imediata a forma de deslocação.

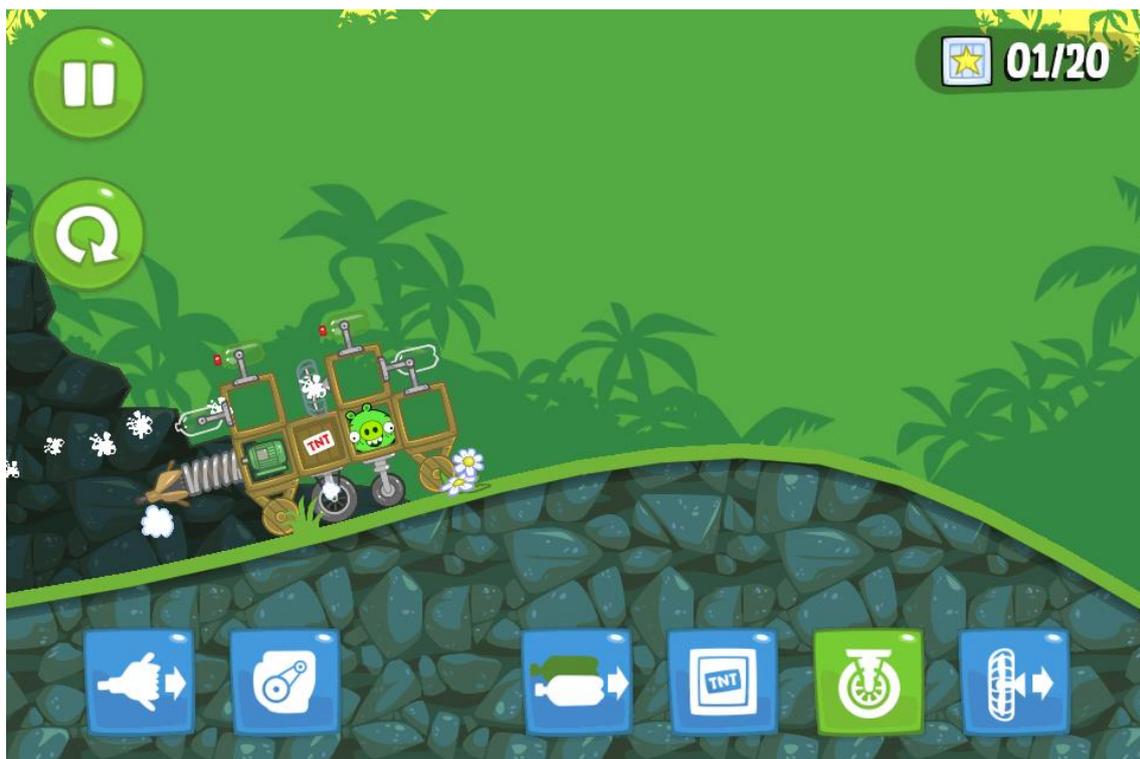


Figura 5.1. Uma engenhoca construída num nível do jogo *Bad Piggies*

Cada nível do jogo demora apenas uns segundos, mas até o jogador conseguir construir uma engenhoca adequada, que consiga chegar até aos ovos, podem ser necessárias muitas tentativas.

A motivação do jogo vem dos elementos humorísticos do jogo bem como da grande variedade de níveis, que requerem estratégias diferentes de resolução.

5.1.2. *Call of Duty*

A série de jogos *Call of Duty* consiste em vários jogos de guerra, do género *first-person shooter* (tiros). Foi lançada em 2003 e é publicada pela

Activision. O título desta série mais indicado pelos alunos é o *Call of Duty: Modern Warfare 3*, que se descreve sucintamente neste ponto.

O jogo, que faz parte de uma trilogia, segue militares britânicos em várias missões cujo objetivo é capturar um líder nacionalista russo. As diversas missões são passadas em locais distintos do mundo, sendo os cenários muito realistas (ver Figura 5.2).



Figura 5.2. Um nível do jogo Call of Duty: Modern Warfare 3

A dificuldade do jogo é alterável no menu principal do jogo. Essa alteração não muda a essência de cada nível, mudando apenas a resistência dos personagens aos ferimentos causados pelo inimigo bem como a eficiência do exército inimigo.

O sistema de pontuação está ligado ao cumprimento, em cada nível, da missão principal e também de várias missões secundárias que vão sendo indicadas ao jogador.

O *feedback* do jogo é imediato e os inimigos reagem às ações da personagem. Cada nível demora vários minutos, podendo ser necessário, consoante a proficiência do jogador, repetir todo ou parte do nível, para o conseguir completar.

O jogo tem uma grande variedade de cenários de jogo, bem como diversas armas, que requerem diferentes formas de uso, mantendo o jogador envolvido no jogo. Pelo seu caráter de grande violência, este jogo é indicado apenas para jogadores adultos.

Para além do modo *single player*, existe também o modo *multiplayer*, em que vários jogadores colaboram *online* para completar várias missões. Existe uma grande comunidade especializada neste jogo, que discute em fóruns vários aspetos do jogo.

5.1.3. *Crossfire*

O jogo *Crossfire*, publicado em Smilegate em 2007 na Coreia do Sul, e na Europa em 2011, é um jogo do tipo *first-person shooter* (tiros), jogado *online* com outros jogadores.

O jogador escolhe um modo de jogo e entra *online* na zona de jogo respetiva. Consoante o modo que escolheu, pode jogar sozinho ou entrar numa equipa com soldados controlados por outros jogadores. O objetivo do jogo varia de acordo com o modo de jogo escolhido, mas geralmente envolve eliminar os soldados inimigos, que podem ser controlados pelo computador ou por outros jogadores. Os cenários são realistas e simulam zonas de combate diversificadas (ver Figura 5.3).

O jogador vai progredindo ao longo do jogo ao completar missões, recebendo pontos e usando esses pontos para adquirir mais equipamento para a sua personagem.



Figura 5.3. Um nível do jogo *Crossfire*

Existem diversos tipos de missões que prolongam a jogabilidade do jogo, e uma das motivações principais do jogo advém do facto da personagem do jogador estar a combater personagens controlados por outras pessoas, que são mais imprevisíveis que os personagens controlados por um computador. Além disso, o jogador tem, em cada missão, aliados que são também controlados por pessoas.

5.1.4. FIFA

A série de jogos FIFA, publicada anualmente pela Electronic Arts desde 1993, consiste em jogos de simulação de futebol. Em cada ano vai sendo atualizada a forma de interagir com o jogo, o realismo dos gráficos e os jogadores e os clubes presentes no jogo.



Figura 5.4. Um jogo de futebol no FIFA 14

O jogador comanda um jogador de futebol de cada vez, efetuando remates, passes para outros jogadores ou tentando tirar a bola à equipa adversária (ver Figura 5.4).

Os comandos do jogo são bastante complexos, de modo a simular os diversos tipos de movimentos corporais que os jogadores reais efetuam durante um jogo de futebol.

A duração do jogo é variável consoante as versões, mas tipicamente dura cerca de 20 minutos por jogo. No entanto, nalgumas versões é possível jogar em tempo real, ou seja, em que um jogo tem uma duração de 90 minutos.

Uma das motivações do jogo vem do facto do grande realismo que a série atingiu nos últimos anos, bem como a replicação de equipas reais e dos seus jogadores, cada um com as suas características individuais.

5.1.5. *Fruit Ninja*

O jogo *Fruit Ninja* foi lançado em 2010 pela Halfbrick Studios, e é um jogo do género *arcade* cujo objetivo é o de cortar o maior número de frutas possível num determinado intervalo de tempo.

Os pontos são atribuídos consoante o número de frutas cortadas, e as combinações conseguidas num único movimento, como cortar quatro frutas com um único golpe (ver Figura 5.5)

A *interface* do jogo é simples, consistindo apenas na passagem do dedo rapidamente pelo *écran* para cortar as diversas frutas.

Existe uma grande diversidade de frutas, de valores diferentes, e também algumas bombas que o jogador deve evitar cortar.



Figura 5.5. Um nível do jogo *Fruit Ninja*

5.1.6. *Grand Theft Auto*

A série de jogos *Grand Theft Auto*, publicada pela *Rockstar Games*, foi lançada em 1997 e consiste em diversos títulos de ação com o tema base de levar a personagem do jogo ao longo de uma carreira criminal. Neste ponto focamo-nos no título mais referenciado pelos alunos no questionário, ou seja, o *Grand Theft Auto IV*.

O jogo baseia-se na carreira criminal da personagem principal, desde o momento em que chega a Nova Iorque. O jogo propõe ao jogador diversas atividades, que a personagem pode realizar, sendo umas obrigatórias e outras facultativas, que podem ser feitas ao ritmo que o jogador entender (ver Figura 5.6).

O cenário do jogo é um mundo aberto, muito realista, onde o jogador pode andar livremente. O jogo passa-se em *Liberty City*, que é muito semelhante, geográfica e arquitetonicamente à cidade de Nova Iorque. É, no entanto, necessário completar certas missões para se poder percorrer novas partes da cidade, que estão bloqueadas inicialmente. Esta característica do *Grand Theft Auto IV* configura um estímulo para se ser bem-sucedido nessas missões.



Figura 5.6. Uma missão do jogo *Grand Theft Auto IV*

A dificuldade do jogo não é alterável. O sistema de pontuação traduz-se nos dólares recebidos por cada missão executada e na indicação da percentagem do jogo já completada pelo jogador.

A cada ação exercida pela personagem controlado pelo jogador corresponde um *feedback* do jogo realista. A ordem das missões realizadas pode ser, até certo ponto, escolhida pelo jogador, havendo, no entanto, algumas missões que são pré-requisitos para outras.

O jogo demora vários dias até ser completado, sendo necessário gravar o jogo e continuar posteriormente.

5.1.7. *Hill Climb Racing*

O jogo *Hill Climb Racing* foi lançado em 2012 pela *Fingersoft*, é um jogo do tipo *endless runner*, tendo como objetivo a condução de um veículo pela maior distância possível.

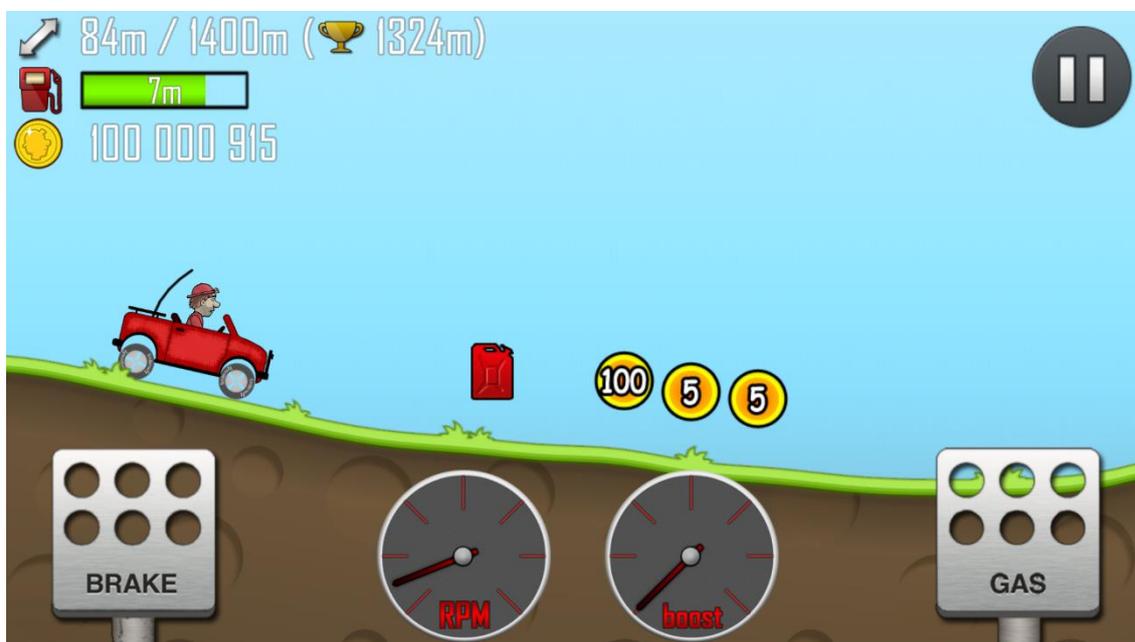


Figura 5.7. Um nível do jogo *Hill Climb Racing*

O jogo tem diversos terrenos e uma grande variedade de veículos, sendo uns veículos mais adequados para determinados terrenos. Para se desbloquear os terrenos e os veículos é necessário ir ganhando moedas, que se encontram ao longo do caminho a percorrer (ver Figura 5.7). Esta característica do jogo é

um incentivo para se jogar o *Hill Climb Racing* repetidamente, de modo a se recolher um grande número de moedas.

Outro incentivo para se jogar repetidamente o *Hill Climb Racing* é o facto de cada veículo estar inicialmente equipado com características físicas muito básicas. Para se conseguir atingir distâncias cada vez maiores, é necessário melhorar sucessivamente essas características, o que se consegue através das moedas recolhidas (ou, se o jogador quiser, pode comprá-las com dinheiro real).

A interface do jogo é simples, sendo apenas necessário acelerar e travar o veículo que se está a comandar. No entanto, em determinados níveis, esse controlo exige que a escolha da aceleração ou travagem seja feita em momentos muito precisos.

Cada corrida pode demorar menos de um minuto, mas, com algumas combinações de terreno e veículo com características mais desenvolvidas, pode demorar algumas dezenas de minutos.

5.1.8. *Jetpack Joyride*

O jogo *Jetpack Joyride* foi lançado pela *HalfBrick Studios* em 2012. Trata-se de outro jogo do tipo *endless runner*, tendo como objetivo a condução de um *jetpack* pela maior distância possível.

A personagem é controlada com um único comando, que liga o *jetpack*, fazendo-o subir, ou o desliga, fazendo descer a personagem. Existem obstáculos no percurso, muito variados e o cenário vai mudando à medida que se vão percorrendo distâncias cada vez maiores (ver Figura 5.8).

O jogo disponibiliza muitos equipamentos diferentes, que devem ser adquiridos com as moedas recolhidas no jogo. Além disso, de cada vez que se joga existem missões diferentes, que atribuem recompensas se forem realizadas.

Cada corrida no *JetPack Joyride* demora entre alguns segundos e poucos minutos.



Figura 5.8. Uma corrida no jogo *JetPack Joyride*

5.1.9. *Little Big Planet*

O jogo *Little Big Planet* é um jogo de plataformas de tipo *puzzle*, publicado pela *Sony Computer Entertainment* em 2008. O objetivo do jogo é levar a personagem principal do jogo, que é um boneco de serapilheira, a completar

diversos níveis que envolvem evitar obstáculos, por vezes recorrendo à capacidade de resolver problemas (ver Figura 5.9).

Os pontos no jogo são obtidos recolhendo bónus ao longo do percurso e completando as missões. A personagem do jogo é configurável, usando também os bónus recolhidos ao longo do jogo.

Em determinadas versões do jogo, existe um modo criativo que permite que os jogadores criem desafios e os partilhem com outros jogadores *online*.



Figura 5.9. Um nível no jogo *Little Big Planet*

5.1.10. *Minecraft*

O jogo *Minecraft*, publicado pela *Mojang* em 2011, é um jogo onde é o próprio jogador que define os seus objetivos. Neste jogo, do tipo *sandbox*, o

jogador é livre de usar os recursos à sua disposição para construir objetos e moldar o mundo à sua volta.

O jogo tem uma componente de ação, devido ao facto de existirem monstros que atacam o jogador, mas esta componente pode ser desligada pelo jogador, se este preferir apenas a componente de construção de um mundo virtual.

Inicialmente o jogo começa sem nenhuns recursos, devendo o jogador começar a recolher alguns materiais, como madeira ou pedra, para começar a construir novos objetos e materiais. O mundo dentro do jogo é praticamente infinito o que permite ao jogador edificar construções muito complexas, se estiver empenhado nisso (ver Figura 5.10).

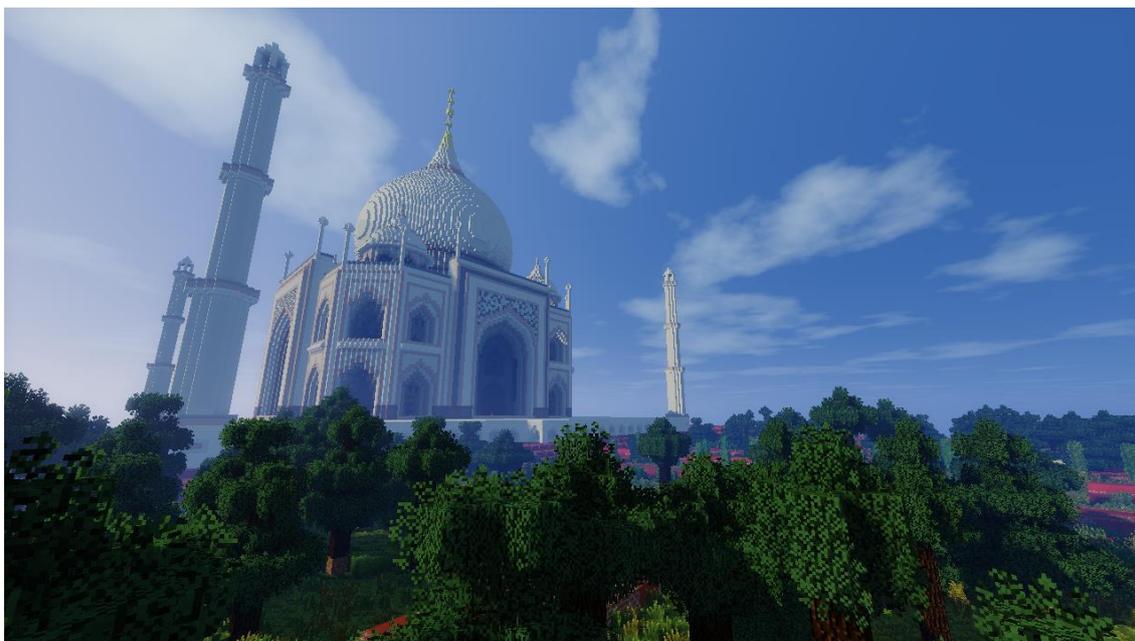


Figura 5.10. O Taj Mahal num jogo de *Minecraft*

Os gráficos tridimensionais representam um mundo pixelizado, com diversos ambientes naturais, povoados por uma grande variedade de animais,

plantas e minerais, que fornecem os recursos necessários para se progredir no jogo.

Como o jogo não tem um objetivo definido, a duração do jogo depende do que o jogador se propuser a fazer, podendo durar muitos dias até o seu próprio objetivo ser realizado.

5.1.11. *Pro Evolution Soccer*

A série de jogos *Pro Evolution Soccer*, publicada anualmente pela *Konami* desde 2001, consiste em jogos de simulação de futebol (ver Figura 5.11).



Figura 5.11. Um jogo de *Pro Evolution Soccer*

Esta série é bastante similar à série FIFA, já mencionada anteriormente, apenas com algumas diferenças a nível de gráficos, de equipas e jogadores presentes e dos comandos utilizados. Como na série FIFA, o jogo simula de

forma realista um jogo de futebol, respeitando as suas regras e diferenças individuais dos jogadores.

5.1.12. *Puzzle Bobble*

O jogo *Puzzle Bobble* foi inicialmente desenvolvido em 1994 pela *Taito Corporation* para máquinas de *arcade*, tendo sido nos anos mais recentes adaptado para os mais diversos dispositivos.

O objetivo do jogo é juntar bolhas da mesma cor, lançando umas contra as outras. Quando bolhas da mesma cor se juntam, explodem e ficam menos bolhas na área de jogo. Caso contrário, as bolhas permanecem intactas e vão preenchendo cada vez mais a área de jogo. O jogador ganha se conseguir rebentar todas as bolhas. O jogo pode ser jogado por um ou por dois jogadores que competem entre si (ver Figura 5.12).



Figura 5.12. Um jogo de *Puzzle Bobble*

A mecânica do jogo é simples, sendo apenas necessário apontar as bolhas e lançá-las na direção pretendida.

À medida que o tempo passa, se o jogador não conseguir terminar o jogo, o teto baixa, deixando menos espaço para as bolhas. Deste modo, o jogo tem um tempo limitado, usualmente de alguns minutos.

5.1.13. *Stardolls*

O jogo *Stardolls*, lançado em 2004 pela *Stardoll AB*, é um jogo *online* cujo objetivo é vestir as bonecas do jogador com os itens disponíveis. Trata-se de um

jogo social, em que os personagens interagem uns com os outros participando em diversas atividades (ver Figura 5.13).



Figura 5.13. Uma boneca do jogo *Stardolls*

Cada boneca pode ser vestida com os itens do jogo possuídos pelo jogador, que podem ser comprados com a moeda virtual do jogo. O jogo não tem um objetivo definido, podendo cada jogador interagir com os outros jogadores, formando amizades e realizando atividades em conjunto, bem como modificar a aparência da sua boneca e da sua casa.

5.1.14. *Subway Surfers*

O jogo *Subway Surfers*, que foi publicado pela *Kiloo* em 2012, é um jogo do tipo *endless runner*. Neste jogo, um rapaz tenta ultrapassar vários obstáculos em cima de um *skate*, percorrendo a maior distância possível ao longo de uma linha de comboio.

O cenário simula linhas de comboio em diversas cidades do mundo, de forma estilizada, não demasiado realista (ver Figura 5.14).



Figura 5.14. Um nível do jogo *Subway Surfers*

A dificuldade do jogo não é alterável. Os pontos no jogo são obtidos recolhendo moedas e caixas com diversos bónus. Os obstáculos, os comboios e os bónus vão-se modificando ao longo do tempo. Há missões que aparecem regularmente ao longo do jogo. Há ainda diversos personagens que podem ser comprados com os bónus obtidos no jogo.

O jogo exige reações rápidas e não permite colisões com os obstáculos, sendo o *feedback* imediato.

Cada jogo demora entre alguns segundos e poucos minutos. Não é necessário estar online para jogar, mas o jogo atualiza-se frequentemente online, mudando os elementos gráficos e os bónus.

5.1.15. *The Sims*

A série de jogos *The Sims*, publicada pela *Maxis* em 2000, consiste em jogos de simulação da vida de uma pessoa. O jogo é do tipo *sandbox*, não tendo um objetivo definido, cabendo a cada jogador estabelecer os seus próprios objetivos. No entanto, nalgumas versões do jogo, vão sendo fornecidos alguns mini objetivos que o jogador é livre de tentar realizar ou não.



Figura 5.15. Uma personagem do jogo *The Sims*

O cenário é tridimensional e realista, podendo a personagem mover-se livremente dentro do mundo virtual do jogo (ver Figura 5.15). O jogador tem que dar à sua personagem condições para que ele cumpra os seus objetivos, procurando um emprego e satisfazendo as suas necessidades básicas. A personagem pode relacionar-se com outras personagens no jogo, controladas pelo computador ou por ele próprio.

A duração do jogo é variável, consoante o jogador considere que já cumpriu ou não os seus objetivos. Nalgumas versões do jogo, os personagens vão envelhecendo até morrer. O jogador pode, no entanto, continuar a controlar outros personagens.

Grande parte do jogo tem uma componente criativa, podendo o jogador criar e equipar a sua própria casa, com os recursos de que dispuser a sua personagem. No início do jogo, o jogador também pode criar a aparência da sua personagem, podendo, se assim o quiser, escolher características com que se identifique.

5.2. Os géneros dos jogos mais jogados pelos alunos

Como foi evidenciado atrás, os jogos mais jogados pelos alunos são de géneros distintos. Na Tabela 5.1 são indicados os géneros dos jogos atrás analisados.

Tabela 5.1. Géneros dos jogos mais jogados pelos alunos

Género	Jogos
<i>Arcade (ação)</i>	<i>Fruit Ninja</i> <i>Puzzle Bobble</i>
<i>Endless Runner (ação)</i>	<i>Hill Climb Racing</i> <i>Jetpack Joyride</i> <i>Subway Surfers</i>
<i>Futebol (desporto)</i>	<i>FIFA</i> <i>Pro Evolution Soccer</i>
<i>Ação</i>	<i>Call of Duty</i> <i>Crossfire</i> <i>Grand Theft Auto</i>
<i>Objetivo livre (Sandbox game)</i>	<i>Minecraft</i> <i>Stardolls</i> <i>The Sims</i>
<i>Puzzle</i>	<i>Bad Piggies</i> <i>Little Big Planet</i>

Pode-se assim concluir que alguns alunos preferem jogos que exigem movimentos e reações mais rápidas, como os dos tipos *arcade*, *endless runner*, *futebol* e *ação*, e outros privilegiam a reflexão, o planeamento e a resolução de problemas, preferindo jogos do tipo *sandbox* ou *puzzle*.

5.3. Características dos jogos

Nesta secção analisam-se algumas características dos jogos mais jogados pelos alunos.

5.3.1. Instruções

Os jogos analisados apresentam um nível mínimo de instruções diretas. Nos jogos onde o controlo é mais simples, reduzindo-se a um tipo de interação, as instruções diretas são por vezes mesmo inexistentes. A aprendizagem do jogo é feita no início, onde os níveis são simplificados.

Em certos casos, são feitas alertas ao jogador de que algo pode ser feito num determinado momento, como a utilização de um bônus, ou a compra de um *power-up*.

Nos jogos mais complexos, que envolvem o uso de muitas teclas diferentes, há mais instruções diretas. Nalguns casos, estas instruções fazem parte de um ou mais pequenos tutoriais que indicam a mecânica básica do jogo. A utilização deste tutorial é opcional e não faz parte do jogo propriamente dito. Noutros casos, as instruções estão incluídas nos primeiros níveis do jogo e, por isso, são disponibilizadas a todos os jogadores.

É frequente ainda existirem diversos tutoriais *online*, elaborados pela comunidade de jogadores, que mostram como completar as várias missões ou como ultrapassar determinado obstáculo.

5.3.2. Missões

Em geral, os jogos analisados decompõem-se em vários níveis ou missões.

Nalguns casos os níveis são pré-definidos, ou seja, são iguais de cada vez que se jogam e, para os completar, é necessário encontrar uma estratégia

adequada, que pode ser descoberta através da experimentação de diversas alternativas. Noutros casos, os níveis são gerados aleatoriamente e, o jogar estes níveis dá ao jogador mais experiência para jogar níveis similares.

Outra característica que distingue os níveis destes jogos está relacionada com os seus objetivos. Enquanto nalguns casos, o jogador tem como objetivo melhorar progressivamente o seu desempenho, noutros casos é exigido ao jogador que cumpra uma determinada tarefa previamente fixada pelo jogo.

Nos jogos de objetivo livre não existem níveis pré-definidos e as missões são criadas pelo próprio jogador.

5.3.3. *Feedback*

O *feedback* dos jogos analisados é realizado em diversas modalidades, como texto, som, imagem e movimento. Nalguns casos, o *feedback* é realista, baseado nas leis da física, enquanto noutros jogos não existe esta intenção.

Em geral, o *feedback* é mais suave no início do jogo, aumentando de intensidade e velocidade com o decorrer do jogo e à medida que o jogador se vai tornando mais proficiente. Nalguns casos, a dificuldade do jogo (e conseqüentemente a intensidade do *feedback*) pode ser ajustada, podendo os jogadores mais experientes num determinado tipo de jogo escolher, logo de início, uma experiência de jogo mais intensa.

Para além da dificuldade, alguns jogos permitem ainda configurar determinados aspetos do *feedback*, como a qualidade gráfica, os efeitos sonoros e alguns efeitos visuais.

5.3.4. Pontuação

O sistema de pontuação dos jogos analisados é variado. Nalguns jogos ganha-se pontos por concluir missões. A quantidade de pontos está muitas vezes ligada à rapidez com que se consegue completar a missão ou ao cumprimento de objetivos facultativos. Deste modo, o sistema de pontuação valoriza a velocidade e a destreza do jogador. É também muito frequente a atribuição de pontos quando o jogador consegue apanhar certos objetos que funcionam como bónus, tais como moedas.

Nos jogos de futebol, pode-se entender a pontuação como realista, na medida em que reproduz o sistema de pontuação existente nos campeonatos oficiais.

Nos jogos do tipo *sandbox*, não existe um sistema de pontuação, deixando ao jogador a responsabilidade de decidir se está ou não a cumprir os objetivos a que se propôs.

5.3.5. Número de jogadores

Todos os jogos analisados podem ser jogados no modo *single player*. Neste modo, o jogador joga sozinho os níveis ou as missões, sendo que nalguns casos tem um ou mais oponentes controlados pelo computador.

Alguns jogos têm também um modo *multiplayer*. Neste modo de jogo, dois ou mais jogadores estão no mesmo jogo, controlando objetos diferentes em simultâneo. Nalguns casos, dois jogadores podem jogar no mesmo dispositivo em zonas diferentes do *écran*. Noutros casos, os jogadores estão em

dispositivos diferentes, jogando em rede. No jogo *Little Big Planet*, os jogadores podem ainda criar níveis para serem jogados por outros jogadores *online*.

Alguns dos jogos, embora não tenham modo *multiplayer*, permitem comparar o desempenho do jogador com outros jogadores, através de uma lista de recordes.

5.4. Princípios de aprendizagem

Nesta secção indicam-se os princípios de aprendizagem afetos a cada jogo, como se pode na Tabela 5.2.

Tabela 5.2. Princípios de aprendizagem presentes nos jogos mais jogados pelos alunos

Princípio de Aprendizagem	<i>Bad Piggies</i>	<i>Call of Duty</i>	<i>Crossfire</i>	FIFA	<i>Fruit Ninja</i>	<i>Grand Theft Auto</i>	<i>Hill Climb Racing</i>	<i>Jetpack Joyride</i>	<i>Little Big Planet</i>	<i>Minecraft</i>	<i>Pro Evolution Soccer</i>	<i>Puzzle Bobble</i>	<i>Stardolls</i>	<i>Subway Surfers</i>	<i>The Sims</i>
Aprendizagem Ativa e Crítica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Design</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Semiótica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Domínios Semióticos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pensamento Meta-nível sobre os Domínios Semióticos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moratória Psicossocial	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Compromisso com a Aprendizagem	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Princípio de Aprendizagem	<i>Bad Piggies</i>	<i>Call of Duty</i>	<i>Crossfire</i>	<i>FIFA</i>	<i>Fruit Ninja</i>	<i>Grand Theft Auto</i>	<i>Hill Climb Racing</i>	<i>Jetpack Joyride</i>	<i>Little Big Planet</i>	<i>Minecraft</i>	<i>Pro Evolution Soccer</i>	<i>Puzzle Bobble</i>	<i>Stardolls</i>	<i>Subway Surfers</i>	<i>The Sims</i>
Identidade		X	X	X		X					X		X		X
Autoconhecimento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Amplificação da Entrada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Realização	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Prática	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aprendizagem Contínua	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Regime de Competência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Exploração	X	X	X	X		X	X		X	X	X		X		X
Caminhos Múltiplos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Significado Situado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Texto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Intertextual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Multimodal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Inteligência Material	X	X	X	X		X			X	X	X				X
Conhecimento Intuitivo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Subconjunto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Incremental	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Amostra Concentrada		X	X			X									X
Competências Básicas Ascendentes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Informação Explícita a Pedido e na Hora Certa	X	X	X	X		X			X	X	X		X		X
Descoberta	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Princípio de Aprendizagem	<i>Bad Piggies</i>	<i>Call of Duty</i>	<i>Crossfire</i>	FIFA	<i>Fruit Ninja</i>	<i>Grand Theft Auto</i>	<i>Hill Climb Racing</i>	<i>Jetpack Joyride</i>	<i>Little Big Planet</i>	<i>Minecraft</i>	<i>Pro Evolution Soccer</i>	<i>Puzzle Bobble</i>	<i>Stardolls</i>	<i>Subway Surfers</i>	<i>The Sims</i>
Transferência	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Modelos Culturais sobre o Mundo		X	X			X				X					X
Modelos Culturais sobre a Aprendizagem		X	X			X				X					X
Modelos Culturais sobre os Domínios Semióticos		X	X			X				X					X
Distribuição	X	X	X	X		X			X	X	X				X
Dispersão	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Grupo de Afinidade	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Interno	X	X	X	X		X			X	X	X				X

Há princípios que estão presentes na generalidade dos jogos, como o Princípio da Aprendizagem Ativa e Crítica, o Princípio do *Design*, o Princípio da Semiótica, o Princípio dos Domínios Semióticos, o Princípio do Pensamento Meta-nível sobre os Domínios Semióticos, o Princípio da Moratória Psicossocial, o Princípio do Compromisso com a Aprendizagem, o Princípio do Autoconhecimento, o Princípio da Amplificação da Entrada, o Princípio da Realização, o Princípio da Prática, o Princípio da Aprendizagem Contínua, o Princípio do Regime de Competência, o Princípio da Exploração, o Princípio dos Caminhos Múltiplos, o Princípio do Significado Situado, o Princípio do Texto, o Princípio Intertextual, o Princípio Multimodal, o Princípio do Conhecimento Intuitivo, o Princípio do Subconjunto, o Princípio Incremental, o Princípio das Competências Básicas Ascendentes, o Princípio da Descoberta, o Princípio da Transferência, o Princípio da Dispersão e o Princípio do Grupo de Afinidade. Por

outro lado, há princípios que aparecem menos frequentemente, como o Princípio da Inteligência Material, o Princípio da Informação Explícita a Pedido e na Hora Certa, o Princípio da Distribuição e o Princípio Interno e há princípios que aparecem mais raramente, como o Princípio da Identidade, o Princípio da Amostra Concentrada, o Princípio dos Modelos Culturais sobre o Mundo, o Princípio dos Modelos Culturais sobre a Aprendizagem e o Princípio dos Modelos Culturais sobre os Domínios Semióticos.

De seguida, apresentam-se os 36 princípios de aprendizagem de Gee (2003) que se manifestam nos jogos mais jogados pelos alunos.

Princípio da Aprendizagem Ativa e Crítica

Todos os jogos analisados permitem uma grande quantidade de abordagens diferentes a cada situação apresentada e uma reflexão sobre essas abordagens. Além disso, alguns jogos, como o *Grand Theft Auto* ou o *Minecraft*, apresentam-se num mundo aberto, que permite a exploração ativa do jogador.

Por outro lado, muitos dos jogos, como o *Hill Climb Racing* ou o *JetPack Joyride* têm um sistema de bónus que têm efeitos diferentes no desenvolvimento do jogo. Em particular, o jogador tem muitas vezes que seleccionar de forma ativa um determinado bónus em detrimento de outro.

Outra forma em que este princípio se manifesta é nos jogos de tipo *puzzle*, como o *Bad Piggies* ou o *Little Big Planet*, em que o jogador tem que ativamente procurar uma solução para o problema que lhe é apresentado.

Princípio do *Design*

Em todos os jogos analisados, a compreensão do *design*, nomeadamente da sua estrutura de missões, ou do sistema de energia do jogador, é essencial para uma boa aprendizagem do jogo.

Além disso, nos jogos de objetivo livre, como o *Minecraft* ou o *The Sims*, a compreensão de como os vários elementos do jogo se interligam é imprescindível para o jogador conseguir definir e cumprir os seus objetivos.

Princípio da Semiótica

Compreender a estrutura dos jogos apresentados como um sistema complexo formado pelas ações do jogador, a mecânica do jogo bem como os diversos personagens e utensílios disponíveis é essencial para a aprendizagem do jogo. Por exemplo, no jogo *Jetpack Joyride*, é necessário compreender o efeito de cada um dos *power-ups* sobre os restantes elementos do jogo para escolher os mais adequados para cumprir cada uma das diversas missões propostas.

Princípio dos Domínios Semióticos

Cada jogo é de um determinado género e apresenta semelhanças com outros jogos do mesmo género. A experiência anterior do jogador noutros jogos do mesmo género facilita a aprendizagem destes jogos, e a aprendizagem realizada nestes jogos pode ser transposta no futuro para outros jogos do mesmo género. Por exemplo, para se jogar o jogo *Call of Duty*, é útil ter-se jogado outros jogos do tipo *first-person shooter*, que se baseiam em estratégias semelhantes, como o movimento cauteloso, a pontaria, o uso da arma correta ou a coordenação com os restantes elementos da equipa.

Princípio do Pensamento Meta-nível sobre os Domínios Semióticos

Cada um dos jogos presta-se a comparações com outros jogos do mesmo género, comparações com jogos de outros géneros ou domínios exteriores ao jogo. Por exemplo, no jogo *The Sims*, o jogador precisa de refletir sobre as ações a realizar no decorrer do jogo e diversos aspetos da vida real como as necessidades básicas, o bem-estar, o trabalho ou as relações familiares e com o círculo de amizades.

Princípio da Moratória Psicossocial

Vários dos jogos analisados, como o *Call of Duty*, o *Crossfire* ou o *Grand Theft Auto*, têm a sua ação num mundo bastante perigoso, por vezes com um risco de vida muito elevado. No jogo, a personagem pode realizar ações muito arriscadas sem que o jogador corra riscos no mundo real. Noutros jogos, embora não exista risco de vida, o jogador pode experimentar diferentes estratégias sem consequências na vida real. Por exemplo, nos jogos de futebol FIFA e *Pro Evolution Soccer*, o jogador pode executar diferentes movimentos com os jogadores sem a pressão social de obter um bom resultado.

Princípio do Compromisso com a Aprendizagem

As diversas missões propostas pelos jogos exigem do jogador uma grande prática nas ações realizadas pela personagem principal e o jogador identifica-se, durante o jogo, com essa personagem, esforçando-se para que ela tenha sucesso. Por exemplo, no jogo *Hill Climb Racing*, para ultrapassar determinados obstáculos é necessário jogar muitas vezes anteriormente, de modo a conseguir angariar os recursos necessários para melhorar as viaturas mais adequadas.

Nos jogos sem objetivo definido, como o *Minecraft* ou o *The Sims*, o jogador cria os seus próprios objetivos e empenha-se para que a sua personagem o consiga atingir.

Princípio da Identidade

Nalguns jogos, como o *Grand Theft Auto*, a identidade da personagem vai mudando durante o jogo, consoante as escolhas do jogador. Em certos pontos do jogo, o jogador tem que refletir e fazer escolhas morais, que têm influência no seguimento do jogo.

Além disso, nalguns jogos, como o FIFA, o *Pro Evolution Soccer*, o *StarDolls* ou o *The Sims*, é possível configurar os personagens, criando cada jogador uma identidade com a qual se passa a identificar ao longo do jogo.

Princípio do Autoconhecimento

Nalguns jogos, como o *Grand Theft Auto*, o *Minecraft*, ou o *The Sims*, o jogador tem liberdade para realizar as atividades que preferir. O modo como as atividades são realizadas é deixado também a cargo do jogador, que tem que se autoavaliar para escolher a estratégia que melhor se adequa às suas capacidades. Por exemplo, no jogo *Call of Duty*, o jogador pode optar por uma estratégia mais intrépida, avançando rapidamente para o campo de batalha, ou por uma estratégia mais ponderada, que recorra a métodos mais furtivos.

Princípio da Amplificação da Entrada

Os jogos analisados dependem de um número reduzido de comandos, relativamente ao que os jogadores recebem ao executá-los. Nalguns jogos,

como o *Call of Duty* ou o *Grand Theft Auto*, mundos virtuais inteiros, repletos de objetos e personagens desenvolvem-se perante o jogador.

Nos jogos para dispositivos como *smartphones* ou *tablets*, o *input* é reduzido ao máximo, dependendo apenas de um tipo de movimento. Por exemplo, no jogo *JetPack Joyride*, o jogador apenas tem que clicar no écran, controlando assim o movimento vertical da personagem, enquanto o movimento horizontal decorre de forma automática.

Princípio da Realização

Nos vários jogos, as missões vão aumentando de dificuldade à medida que o jogo progride e mesmo um jogador inexperiente poderá ter sucesso nas missões iniciais. Por exemplo, os primeiros níveis do jogo *Bad Piggies* são muito simples e envolvem apenas construções muito básicas.

Nos jogos sem objetivo definido, os jogadores antes de conseguirem cumprir o seu objetivo final para o jogo, vão realizando pequenos objetivos intermédios. Por exemplo, o jogo *Minecraft*, o jogador começa por construir uma casa rudimentar para se proteger durante a noite, e, aos poucos vai melhorando essa habitação.

Princípio da Prática

Os jogos analisados apresentam muitas missões diferentes, variadas e não repetitivas. Alguns jogos, como o *Bad Piggies*, têm missões que não são obrigatórias, mas fornecem ao jogador a prática necessária para ter sucesso nas missões obrigatórias.

Outros jogos, como o *Hill Climb Racing*, têm um sistema que permite ir melhorando as capacidades da personagem, através da aquisição de artefactos com pontos ou moedas recolhidas ao longo do jogo. Isto incentiva o jogador a praticar bastante e realizar um grande número de missões ou de níveis.

Princípio da Aprendizagem Contínua

A aprendizagem dos jogos é permanente e as diferentes missões ou níveis asseguram que o jogador tem que ir adaptando a sua estratégia de jogo a cada situação. Nos jogos sem objetivo definido, como o *Minecraft*, é o próprio jogador que vai, ao longo do jogo, estabelecendo objetivos de curto prazo, como construir uma casa, criar alguns animais, ou realizar alguma construção mais complexa.

Além disso, a aleatoriedade dos jogos, que é visível no *Fruit Ninja*, ou no *Subway Surfers*, exige ao jogador que vá aprendendo continuamente de modo a estar apto a lidar com o número máximo de situações possíveis.

Princípio do Regime de Competência

As várias missões apresentadas pelos jogos são geralmente difíceis, nos vários momentos do jogo, mas nunca parecem impossíveis de realizar. Por exemplo, uma das missões iniciais do *Subway Surfers* consiste em apanhar 40 moedas com um íman, mas numa fase mais avançada do jogo, há uma missão mais difícil, que consiste em apanhar 1500 moedas com o íman.

Além disso, muitas missões estão decompostas em objetivos principais e objetivos secundários, que só são atingidos pelos jogadores mais experientes, mas não penalizam os jogadores menos experientes que não os consigam atingir. No jogo *Bad Piggies*, estes objetivos secundários estão mesmo

presentes em todas as missões e o jogador é incentivado a atingir alguns desses objetivos, uma vez que estes desbloqueiam missões adicionais.

Princípio da Exploração

Muitas das missões ou níveis apresentados pelos jogos não têm uma solução óbvia e é necessário refletir e explorar várias abordagens até encontrar a metodologia que permite à personagem ser bem-sucedida. Esta característica é ainda mais evidente nos jogos de tipo *puzzle*, como o *Bad Piggies* ou o *Little Big Planet* e nos jogos que se passam num mundo aberto, como o *Grand Theft Auto* ou o *Minecraft*.

Princípio dos Caminhos Múltiplos

As missões apresentadas pelo jogo não têm geralmente uma solução única. O facto de alguns jogos, como o *Grand Theft Auto*, se passarem num mundo aberto permite uma grande diversidade de possibilidades na forma como se joga. Noutros jogos, como o *Hill Climb Racing* ou o *JetPack Joyride*, a escolha dos *power-ups* permite ao jogador escolher de que forma quer progredir no jogo.

Nos jogos sem objetivo definido, como o *Minecraft* ou o *The Sims*, este princípio é ainda mais presente, logo desde o início, uma vez que a definição do próprio objetivo do jogo está a cargo do jogador e, num jogo subsequente, este pode escolher um ou mais objetivos completamente diferentes.

Princípio do Significado Situado

O significado dos diversos objetos dos jogos vai sendo construído pelo jogador ao longo do jogo e depende da situação concreta que se está a viver no

jogo. Por exemplo, no jogo *Grand Theft Auto*, o automóvel é, no início do jogo, apenas um meio de transporte, mas, com o avançar do jogo, ganha significados adicionais. Em particular, o automóvel torna-se uma ferramenta de fuga e perseguição, sendo essencial para realizar várias das missões propostas.

Princípio do Texto

Os textos sobre os jogos analisados são interpretados pelos jogadores com base nas suas experiências de jogo. Por exemplo, diversos *websites* que contêm conselhos e listas de missões sobre os jogos só são interpretáveis depois de se jogar. Por exemplo, num *website* dedicado ao jogo *Call of Duty Modern Warfare 3*⁴, pode ler-se a seguinte frase: “*Once your team of misfit decoys are drawing enemy fire, feel free to stalk around the upper balcony and make like the battlefield sniper everyone hates in multiplayer.*” Este, como outros conselhos, não fazem sentido para quem não tenha experienciado este jogo, e é dirigido a quem tenha uma grande experiência noutros jogos e saiba o que *todos detestam* nestes jogos.

Princípio Intertextual

Os *websites* sobre os jogos analisados são em larga medida, semelhantes aos *websites* sobre outros jogos, recorrendo a uma linguagem comum. Por exemplo, existem wikis, elaboradas pela comunidade de jogadores, sobre jogos como o *Call of Duty*, *Grand Theft Auto*, *Fruit Ninja*, *Subway Surfers*, ou *Minecraft*, que descrevem estes jogos em pormenor. Por outro lado, existem os chamados *walkthrough*, ou guias passo-a-passo, sobre jogos como o *Bad Piggies*, ou o *Little Big Planet*, onde são dadas dicas para resolver as várias

⁴ http://www.ign.com/wikis/call-of-duty-modern-warfare-3/Black_Tuesday

missões. O jogador, ao ler estes textos, faz uma interpretação baseada na sua própria experiência.

Princípio Multimodal

A aprendizagem de todos os jogos envolve uma grande variedade de símbolos, textos, sons, imagens, que têm um significado próprio. Por exemplo, no jogo *Grand Theft Auto*, os diálogos entre as personagens são essenciais para a compreensão do enredo, no jogo *Minecraft* os monstros são audíveis quando estão perto da personagem, mesmo que não sejam visíveis, ou, no jogo *Fruit Ninja*, cada bônus recebido é assinalado com um efeito visual característico.

Princípio da Inteligência Material

Diversas ferramentas presentes nos jogos, como mapas, telemóveis e outros objetos físicos, retêm informação útil para o jogador, deixando-o livre para refletir sobre outros aspetos do jogo. Por exemplo, no jogo *Grand Theft Auto*, o telemóvel da personagem guarda os números das pessoas que vai conhecendo do longo do jogo e o mapa retém as localizações relevantes, não tendo o jogador que memorizar toda esta informação. No jogo *Minecraft*, o personagem pode ler livros de receitas cada vez mais avançados, que contém informação de como cozinhar refeições de melhor qualidade.

Princípio do Conhecimento Intuitivo

O conhecimento dos jogos é em grande parte visível na capacidade de o jogador efetuar determinados movimentos, frequentemente de forma não consciente. Por exemplo, nos jogos de futebol, como o *FIFA* e o *Pro Evolution Soccer*, os movimentos dos jogadores experientes tornam-se mecanizados,

devido à grande prática obtida. Também em jogos como o *Call of Duty* ou o *Crossfire*, a prática em abater alvos inimigos torna certos movimentos do jogador automatizados, como esconder-se atrás de um objeto ou recarregar a sua arma no momento adequado.

Princípio do Subconjunto

Os jogos analisados iniciam-se com situações muito simples, em que não há presença de elementos adversos, com a intenção de ensinar ao jogador os movimentos básicos no jogo. Por exemplo, no jogo *Subway Surfers*, no início do jogo apenas há comboios parados e estes apenas estão em movimento numa fase posterior do jogo. O jogo *Grand Theft Auto*, onde a condução é um elemento essencial, começa com uma missão que tem como objetivo apenas conduzir um automóvel pela cidade até à casa do personagem.

Nos jogos sem objetivo definido, durante a aprendizagem do jogo, os objetivos autopropostos são também mais simples, o que permite uma aprendizagem gradual do jogo. Por exemplo, no jogo *Minecraft*, o jogador começa usualmente por construir uma casa simples, que o proteja dos monstros durante a noite. Esta casa pode ser construída com elementos básicos que estão à disposição do jogador, como madeira.

Princípio Incremental

Este princípio está relacionado com o anterior. As missões iniciais dos jogos são mais simples do que as que se seguem, ensinando ao jogador técnicas que podem ser usadas mais tarde. No jogo *Grand Theft Auto*, a condução introduzida na missão inicial é uma versão elementar do que terá que realizar mais tarde no jogo. Nas missões subsequentes, a condução, para além de não

estar restrita a uma zona específica da cidade, envolve uma maior variedade de veículos, bem como perseguições a alta velocidade.

Além disso, à medida que os jogadores vão adquirindo ou construindo objetos mais complexos no jogo, também as ações disponíveis se tornam mais variadas, podendo ser combinadas entre elas, o que permite uma interação com o jogo mais rica e complexa. No jogo *Minecraft*, depois das construções básicas iniciais, o jogador vai encontrando elementos mais raros que lhe permitirão construir outros utensílios, que por sua vez, lhe permitirão recolher outros materiais.

Princípio da Amostra Concentrada

Nas primeiras fases de alguns jogos, as ações mais simples estão mais concentradas do que nas fases mais avançadas, uma vez que nestas há muito mais ações disponíveis para o jogador. Como foi referido nos pontos anteriores, no jogo *Grand Theft Auto*, a missão inicial consiste apenas na condução de um automóvel, concentrando assim a atenção do jogador nesta ação crucial do jogo. Mais tarde, a atenção é dispersa pelas várias atividades que o jogador tem que realizar.

Nos jogos mais simples, para *tablet* ou *smartphone*, como o *Subway Surfers* ou o *Jetpack Joyride*, este princípio não é tão evidente, em parte devido à curta duração dos jogos.

Princípio das Competências Básicas Ascendentes

Os movimentos exigidos nos jogos são aprendidos durante o jogo, nas situações concretas em que são necessários. Os jogos que têm tutoriais, apresentam-nos de forma integrada no jogo, em que as situações e as ações

propostas ao jogador são aquelas que ele terá que realizar mais tarde durante o jogo. Por exemplo, no jogo *Bad Piggies*, várias ferramentas vão sendo introduzidas ao longo do jogo, e apenas nesse momento é dada uma pequena explicação de como funcionam.

Princípio da Informação Explícita a Pedido e na Hora Certa

Na primeira utilização de um determinado comando ou ferramenta, os jogos, como o *Call of Duty*, dão a informação explícita de como se utiliza e para que serve, informação essa que está disponível para consulta quando se pretender, ao longo do jogo. Por exemplo, no jogo *Minecraft*, o jogador pode construir uma grande diversidade de ferramentas e pode consultar, em cada momento, o que é necessário para cada uma delas.

Por vezes, a informação não é dada textualmente, mas sim sob a forma de um sinal sonoro ou visual, de erro ou de alerta, como acontece no jogo *The Sims*, em que o jogador é alertado para a necessidade de colocar o seu personagem a descansar mostrando-o a tropeçar com sono.

Princípio da Descoberta

Os jogos analisados não dizem abertamente ao jogador que tipos de movimentos devem ser feitos, sendo esta descoberta deixada a cargo do jogador. Por exemplo, nos jogos de futebol, como o *FIFA* e o *Pro Evolution Soccer*, o jogador é livre de experimentar qual a estratégia que mais se adequa a cada situação, podendo recorrer a diversos movimentos diferentes.

Os jogos sem objetivos definido ou os jogos que envolvem um mundo aberto, dão ao jogador uma grande liberdade para explorar e descobrir o funcionamento do jogo. Por exemplo, no jogo *Minecraft*, existe uma grande

variedade de biomas diferentes, como floresta tropical, deserto ou tundra, cada um com características diferentes que apenas é possível conhecer através da exploração.

Princípio da Transferência

As situações mais complexas que surgem nos jogos exigem que o jogador adapte o que aprendeu anteriormente a essas situações. Por exemplo, no jogo *Bad Piggies*, as engenhocas dos níveis mais avançados utilizam as partes mais simples cuja utilização foi aprendida nos níveis anteriores, tendo o jogador que combinar vários dos conhecimentos adquiridos anteriormente para resolver uma situação nova.

Além disso, o que um jogador aprendeu num determinado jogo é transferível para a próxima vez que jogar, onde vai encontrar novas situações e adaptar o conhecimento que adquiriu anteriormente. Isto é visível nos jogos *Minecraft* ou *The Sims*, em que o jogador, quando começa um novo jogo, utiliza o que aprendeu em jogos anteriores para avançar muito mais rapidamente nas fases iniciais.

Princípio dos Modelos Culturais sobre o Mundo

Os jogos mais violentos, como o *Call of Duty*, *Crossfire* ou *Grand Theft Auto*, colocam o jogador numa identidade com a qual à partida não se identificariam, que envolve a morte de outras pessoas. Por outro lado, nos jogos *MineCraft* ou *The Sims*, o jogador pode realizar ações que normalmente não faria na vida real, como roubar objetos. Esta característica destes jogos favorece a reflexão do jogador sobre as suas atitudes no jogo, mas também sobre o mundo real.

Princípio dos Modelos Culturais sobre a Aprendizagem

No decorrer dos jogos *Call of Duty*, *Crossfire* ou *Grand Theft Auto*, *The Sims* ou *Minecraft*, muitas vezes o jogador é obrigado a refletir sobre as vantagens de seguir o caminho aparentemente mais fácil e rápido, por oposição a procurar caminhos alternativos, mais refletidos.

Princípio dos Modelos Culturais sobre os Domínios Semióticos

A comparação que o jogador faz com outros jogos do mesmo género permite-lhe refletir sobre esse mesmo tipo de jogos. Por exemplo, o jogo *Grand Theft Auto* presta-se a comparação com outros jogos de ação, bem como a jogos de condução automóvel, fazendo o jogador refletir sobre os vários géneros do jogo e em que medida se enquadra em cada um.

Princípio da Distribuição

O conhecimento sobre os jogos analisados está distribuído pelo jogador, pela tecnologia da *interface* e por outros jogadores. Por exemplo, no jogo *Bad Piggies*, o conhecimento dos princípios físicos que regem o movimento das engenhocas está no jogador, nas várias peças que “sabem” como se devem comportar em cada situação e no meio ambiente que coloca obstruções e essas peças obrigando-as a mover de determinado modo.

Princípio da Dispersão

Diversos *websites*, como *wikis* e *walkthroughs* mencionados na análise do Princípio Intertextual, contêm conhecimento sobre os jogos analisados, muitas vezes com a participação de jogadores comuns, que partilham

estratégias que foram bem-sucedidas ou ideias de como abordar determinada situação.

Além disso, alguns jogos, como o *Minecraft* ou o *The Sims*, permitem partilhar criar níveis ou objetos que podem ser partilhados com outros jogadores online.

Princípio do Grupo de Afinidade

Existem comunidades de jogadores que partilham online os seus sucessos, dificuldades e experiências. Para qualquer um dos jogos é possível encontrar *websites* sobre os jogos, vídeos mostrando os recordes pessoais de vários jogadores, dicas de como ultrapassar determinado obstáculo. Em relação ao jogo *Minecraft*, existem *websites* contendo construções criadas pelos vários utilizadores, que podem usar e melhorar construções feitas por outros.

Princípio Interno

O jogador, ao partilhar com outros o seu conhecimento e, por vezes, formas de modificar o jogo, não é apenas um consumidor, mas também um professor e um produtor. Alguns jogos, como o *Call of Duty*, ou o *Grand Theft Auto*, têm mesmo *mods*, ou seja, novos jogos criados a partir do original que pretendem modificar determinado aspeto do jogo.

Capítulo VI

O jogo sério *Tempoly*

O *design* do jogo sério *Tempoly* teve em conta a dimensão pedagógica e as especificidades das tecnologias móveis para desenvolver uma atividade centrada no jogador e que fosse facilitadora do estabelecimento do estado de fluxo (Csikszentmihalyi, 1992), que é essencial para a aprendizagem. Neste capítulo descrevem-se as várias etapas de desenvolvimento do jogo, bem como as características do jogo, suportadas nos princípios de aprendizagem de Paul Gee. Com este estudo pretende-se dar resposta à terceira das questões de investigação:

Como aplicar esses princípios de aprendizagem num jogo sério para o ensino da Matemática em dispositivos móveis?

Este capítulo está organizado da seguinte forma. Na primeira secção desenvolve-se o tema da aprendizagem das operações aritméticas com polinómios, com base nos programas e metas curriculares do Ensino Básico e do Ensino Secundário. Na secção seguinte são apresentados os antecedentes do jogo como fontes de inspiração. Na terceira secção descreve-se o *design* do jogo. Na quarta secção descreve-se a versão preliminar do *Tempoly*. Na secção seguinte descreve-se o jogo *Tempoly*. Na secção final, é apresentado o estudo de usabilidade realizado e as alterações que foram implementadas no *Tempoly*.

6.1. A aprendizagem das operações aritméticas com polinómios

Como foi referido na secção 2.1.2., a utilização de jogos na aprendizagem favorece tanto o desenvolvimento de competências como a aquisição de conhecimentos. Nesta secção desenvolvem-se estes dois conceitos.

6.1.1. Competências

O conceito de competência opõe-se à noção de saber fechado, estático, isolado, desligado de aplicações práticas, estando profundamente relacionado com o saber-fazer. Em seguida são abordadas algumas das características associadas ao conceito de competências.

Enfrentar situações problemáticas

Uma das críticas recorrentes sobre o ensino relaciona-se com o desfasamento entre os conhecimentos adquiridos pelos alunos e as exigências da vida profissional. O sucesso de um aluno é muitas vezes medido através da sua capacidade em reproduzir os conteúdos fornecidos pelo professor, de uma forma descontextualizada. Esta crítica à descontextualização vem realçar a necessidade de preparação dos alunos não apenas através do fornecimento de conhecimentos, mas também promovendo o desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas.

Neste contexto, entende-se por problema uma situação desconhecida que exija a mobilização, combinação e aplicação dos conhecimentos adquiridos.

A resolução de um problema não é por isso simplesmente a aplicação rotineira de uma dada técnica, embora por vezes a capacidade da resolução deste tipo de problemas simples seja apelidada de “*competência elementar*” (Rey et al., 2005). Os problemas podem ser de índole prática ou teórica, mas envolvem uma interpretação do problema, a seleção de uma estratégia adequada e a sua aplicação à resolução do problema.

Sinergia

Uma situação problemática, quando devidamente contextualizada, envolve o recurso a conhecimentos, métodos e estratégias diversos. Como diz Le Boterf (1998), uma competência é uma “construção” combinando vários recursos de forma pertinente. Como os problemas da “vida real” são em geral complexos, e não estanques, a sua resolução exige mais do que a aplicação direta de uma determinada técnica. É necessária a sinergia entre diversos recursos (Perrenoud, 2000).

Manifestação de uma competência

Uma determinada competência não é algo que se “tenha” mas que se “manifesta”. A capacidade de resolver uma situação problemática só é visível através da resolução dessa mesma situação. Enquanto um indivíduo pode ter os conhecimentos necessários para resolver determinada situação, este poderá ou não ser capaz de os mobilizar adequadamente tendo em vista a sua resolução. O saber não é assim visto como uma união de unidades estáticas, que ou se possuem ou não, mas como algo de dinâmico, que se manifesta através de atividades, devidamente contextualizadas. Por outras palavras, valoriza-se não apenas o saber-saber mas também o saber-fazer.

Transferência

A manifestação de uma competência consiste em saber aplicar o conhecimento adquirido, ou de forma abstrata, ou num determinado contexto, a um contexto novo. Neste sentido Sfard (1998) refere que competência

é a capacidade de repetir o que se pode repetir ao mesmo tempo que se muda o que tem que ser mudado. (Sfard, 1998, p. 9)

Deste modo, para que uma competência se manifeste, é necessário enquadrar o saber num determinado contexto que lhe confira um sentido.

Níveis de competências

As competências, ao contrário de um determinado conhecimento específico, não se adquirem, mas desenvolvem-se. Tratando-se de uma capacidade para enfrentar situações problemáticas, podem ser classificadas segundo a complexidade do problema e a capacidade de o resolver de forma adequada. Diversos autores classificam as competências segundo escalas diversas como por exemplo a escala de três graus de Rey et al. (2005), ou a escala de sete graus de Dreyfus (2001). Os níveis mais baixos de competências correspondem à aplicação de regras conhecidas na resolução de uma dada situação, enquanto os níveis mais elevados envolvem capacidades superiores, como a criatividade e a inovação.

As atividades profissionais atuais, caracterizadas por uma evolução constante, exigem que as competências dos profissionais sejam desenvolvidas, de forma continuada, ao longo da vida. Os profissionais devem ser capazes de enfrentar situações complexas e inéditas, e de procurar ativamente adaptar-se aos novos desafios. À medida que um determinado indivíduo adquire experiência na resolução de determinado tipo de problemas, a familiaridade com essas situações contribui para que esses problemas correspondam, para esse

indivíduo, a um grau de competência menor. As tarefas que exigem criatividade para uma pessoa inexperiente tornam-se rotineiras com o aumento da experiência, e a criatividade pode ser redirecionada para tarefas mais complexas.

As competências em Matemática estão fortemente ligadas ao conceito de numeracia. Embora, como refere Ponte (2002), o conceito de numeracia não esteja ainda bem definido, no estudo nacional de literacia (Benavente et al. 1995) definem-se quatro níveis de literacia quantitativa:

Nível 1 – Efetuar uma simples operação aritmética (em geral, a adição) quando os valores a usar são especificados ou facilmente localizáveis, o contexto é familiar e a operação a realizar está definida ou é facilmente identificada.

Nível 2 – Efetuar uma sequência de duas operações (em geral, multiplicação/divisão e outra) quando os valores a usar são dados ou facilmente localizáveis, o contexto é familiar e as operações a realizar, podendo estar explícitas ou implícitas, são facilmente determinadas.

Nível 3 – Efetuar uma sequência de duas operações (em geral, multiplicação/divisão e outra) quando os valores a usar são dados ou facilmente localizáveis, mas é preciso decidir quais são as operações a realizar.

Nível 4 – Resolver um problema que requer a análise da situação de partida, a seleção dos dados relevantes e a escolha da sequência apropriada das operações a efetuar.

Conclui-se assim que hoje se considera que uma elevada numeracia se baseia mais na resolução de problemas (em particular, os problemas mal formulados) do que nos cálculos propriamente ditos, contrariamente ao que se verificava nos antigos manuais escolares. No entanto, é importante referir que

estas ideias já não são propriamente novas, como se pode comprovar pela leitura da citação do grande educador e matemático George Polya:

Um professor de Matemática tem, assim, uma grande oportunidade. Se ele preenche o tempo que lhe é concedido a exercitar os seus alunos em operações rotineiras, aniquila o interesse e tolhe o desenvolvimento intelectual dos estudantes, desperdiçando, dessa maneira, a sua oportunidade. Mas se ele desafia a curiosidade dos alunos, apresentando-lhes problemas compatíveis com os conhecimentos destes e auxiliando-os por meio de indagações estimulantes, poderá incutir-lhes o gosto pelo raciocínio independente e proporcionar-lhes certos meios para alcançar este objetivo. (Polya, 1944, p. 5)

6.1.2. Conteúdos programáticos

A aprendizagem das operações aritméticas com polinómios está prevista nos programas e correspondentes metas curriculares do Ensino Básico e do Ensino Secundário. Mais concretamente, no Programa de Matemática para o Ensino Básico, homologado a 17 de junho de 2013, são referidos diversos conteúdos para o 8.º ano relacionados com esta unidade programática (p. 23), indicados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1. Conteúdos programáticos do 8.º ano relacionados com a aprendizagem das operações aritméticas com polinómios

Conteúdo
Monómios; fatores numéricos, constantes e variáveis ou indeterminadas; parte numérica ou coeficiente; monómio nulo e monómio constante; parte literal.
Monómios semelhantes; forma canónica de um monómio; igualdade de monómios.
Grau de um monómio.
Soma algébrica e produto de monómios.
Polinómios; termos; variáveis ou indeterminadas, coeficientes; forma reduzida; igualdade de polinómios; termo independente; polinómio nulo.
Grau de um polinómio.
Soma algébrica e produto de polinómios.
Casos notáveis da multiplicação como igualdades entre polinómios.
Problemas associando polinómios a medidas de áreas e volumes, interpretando geometricamente igualdades que os envolvam.
Problemas envolvendo polinómios, casos notáveis da multiplicação de polinómios e factorização.

No mesmo documento são também indicadas as metas curriculares para este ano de escolaridade, relativas a este tema (p. 66), conforme se pode verificar na Tabela 6.2.

Tabela 6.2. Metas de aprendizagem do 8.º ano relacionadas com as operações aritméticas com polinómios

Tema	Meta
Reconhecer e operar com monómios	Identificar um monómio como uma expressão que liga por símbolos de produto «fatores numéricos» (operações envolvendo números e letras, ditas «constantes», e que designam números) e potências de expoente natural e de base representada por letras, ditas «variáveis» (ou «indeterminadas»).
	Designar por «parte numérica» ou «coeficiente» de um monómio uma expressão representando o produto dos respetivos fatores numéricos.
	Designar por «monómio nulo» um monómio de parte numérica nula e por «monómio constante» um monómio reduzido à parte numérica.
	Designar por «parte literal» de um monómio não constante, estando estabelecida uma ordem para as variáveis, o produto, por essa ordem, de cada uma das variáveis elevada à soma dos expoentes dos fatores em que essa variável intervém no monómio dado.
	Identificar dois monómios não nulos como «semelhantes» quando têm a mesma parte literal.
	Designar por «forma canónica» de um monómio não nulo um monómio em que se representa em primeiro lugar a parte numérica e em seguida a parte literal.
	Identificar dois monómios como «iguais» quando admitem a mesma forma canónica ou quando são ambos nulos.
	Reduzir monómios à forma canónica e identificar monómios iguais.
	Designar por «grau» de um monómio não nulo a soma dos expoentes da respetiva parte literal, quando existe, e atribuir aos monómios constantes não nulos o grau.
	Identificar, dados monómios semelhantes não nulos, a respetiva «soma algébrica» como um monómio com a mesma parte literal e cujo coeficiente é igual à soma algébrica dos coeficientes das parcelas.

Tema	Meta
	<p>Identificar o «produto de monómios» como um monómio cuja parte numérica é igual ao produto dos coeficientes dos fatores e a parte literal se obtém representando cada uma das variáveis elevada à soma dos expoentes dos fatores em que essa variável intervém nos monómios dados.</p> <p>Multiplicar monómios e adicionar algebricamente monómios semelhantes.</p> <p>Reconhecer, dada uma soma de monómios semelhantes, que substituindo as indeterminadas por números obtém-se uma expressão numérica de valor igual à soma dos valores das expressões numéricas que se obtém substituindo, nas parcelas, as indeterminadas respetivamente pelos mesmos números.</p> <p>Reconhecer, dado um produto de monómios, que substituindo as indeterminadas por números obtém-se uma expressão numérica de igual valor ao produto dos valores das expressões numéricas que se obtém substituindo, nos fatores, as indeterminadas respetivamente pelos mesmos números.</p>
<p>Reconhecer e operar com polinómios</p>	<p>Designar por «polinómio» um monómio ou uma expressão ligando monómios (designados por «termos do polinómio») através de sinais de adição, que podem ser substituídos por sinais de subtração tomando-se, para o efeito, o simétrico da parte numérica do monómio que se segue ao sinal.</p> <p>Designar por «variáveis do polinómio» ou «indeterminadas do polinómio» as variáveis dos respetivos termos e por «coeficientes do polinómio» os coeficientes dos respetivos termos.</p> <p>Designar por «forma reduzida» de um polinómio qualquer polinómio que se possa obter do polinómio dado eliminando os termos nulos, adicionando algebricamente os termos semelhantes e eliminando as somas nulas, e, no caso de por este processo não se obter nenhum termo, identificar a forma reduzida como «0».</p> <p>Designar por polinómios «iguais» os que admitem uma mesma forma reduzida, por «termo independente de um polinómio» o termo de grau 0 de uma forma reduzida e por «polinómio nulo» um polinómio com forma reduzida «0».</p> <p>Designar por «grau» de um polinómio não nulo o maior dos graus dos termos de uma forma reduzida desse polinómio.</p>

Tema	Meta
	<p>Identificar, dados polinómios não nulos, o «polinómio soma» (respetivamente «polinómio diferença») como o que se obtém ligando os polinómios parcelas através do sinal de adição (respetivamente «subtração») e designar ambos por «soma algébrica» dos polinómios dados.</p> <p>Reconhecer que se obtém uma forma reduzida da soma algébrica de dois polinómios na forma reduzida adicionando algebricamente os coeficientes dos termos semelhantes, eliminando os nulos e as somas nulas assim obtidas e adicionando os termos assim obtidos, ou concluir que a soma algébrica é nula se todos os termos forem assim eliminados.</p> <p>Identificar o «produto» de dois polinómios como o polinómio que se obtém efetuando todos os produtos possíveis de um termo de um por um termo do outro e adicionando os resultados obtidos.</p> <p>Reconhecer, dada uma soma (respetivamente produto) de polinómios, que substituindo as indeterminadas por números, obtém-se uma expressão numérica de valor igual à soma (respetivamente produto) dos valores das expressões numéricas que se obtêm substituindo, nas parcelas (respetivamente fatores), as indeterminadas respetivamente pelos mesmos números.</p> <p>Reconhecer os casos notáveis da multiplicação como igualdades entre polinómios e demonstrá-los.</p> <p>Efetuar operações entre polinómios, determinar formas reduzidas e os respetivos graus.</p>
Resolver problemas	<p>Resolver problemas que associem polinómios a medidas de áreas e volumes interpretando geometricamente igualdades que os envolvam.</p> <p>Fatorizar polinómios colocando fatores comuns em evidência e utilizando os casos notáveis da multiplicação de polinómios.</p>

Além disso, no Programa de Matemática A para o Ensino Secundário, homologado a 20 de janeiro de 2014, são referidos os seguintes conteúdos para o 10.º ano (p. 11), indicados na Tabela 6.3.

Tabela 6.3. Conteúdos programáticos do 10.º ano relacionados com a aprendizagem das operações aritméticas com polinómios

Conteúdo
Divisão euclidiana de polinómios e regra de Ruffini.
Divisibilidade de polinómios; Teorema do resto.
Multiplicidade da raiz de um polinómio e respetivas propriedades.
Resolução de problemas envolvendo a divisão euclidiana de polinómios, o Teorema do resto e a fatorização de polinómios.
Resolução de problemas envolvendo a determinação do sinal e dos zeros de polinómios.

Nas Metas Curriculares – Matemática A para o 10.º ano são também referenciadas diversas metas de aprendizagem relacionadas com as operações aritméticas com polinómios, indicadas na Tabela 6.4.

Tabela 6.4. Metas de aprendizagem do 10.º ano relacionadas com as operações aritméticas com polinómios.

Tema	Meta
Efetuar operações com polinómios	Designar um polinómio com apenas uma variável por $P(x)$.
	Reconhecer, dados polinómios não nulos $A(x)$ e $B(x)$, que o grau do polinómio $A(x)B(x)$ é igual à soma dos graus de $A(x)$ e de $B(x)$.
	Saber, dados polinómios $A(x)$ e $B(x)$, $B(x)$ não nulo, que existem dois únicos polinómios $Q(x)$ e $R(x)$ tais que $R(x)$ ou é o polinómio nulo ou tem grau inferior ao grau de $B(x)$ e $A(x) = B(x) \times Q(x) + R(x)$, e designar, neste contexto, $A(x)$ por «polinómio dividendo», $B(x)$ por «polinómio divisor», $Q(x)$ por «polinómio quociente» e $R(x)$ por «polinómio resto» da «divisão inteira» (ou «divisão euclidiana») de $A(x)$ por $B(x)$.
	Determinar, dados polinómios $A(x)$ e $B(x)$, $B(x)$ não nulo, as formas reduzidas dos polinómios quociente e resto da divisão inteira de polinómios $A(x)$ por $B(x)$.

Tema	Meta
	<p>Reconhecer, dado um polinómio $P(x)$ e um número $a \in \mathbb{R}$, que aplicando a «regra de Ruffini» se obtém o quociente e o resto da divisão inteira de $P(x)$ por $x - a$.</p> <p>Provar, dado um polinómio $P(x)$ e um número $a \in \mathbb{R}$, que o resto da divisão inteira de $P(x)$ por $x - a$ é igual a $P(a)$ e designar esta propriedade por «Teorema do Resto».</p> <p>Designar, dado um polinómio $P(x)$, por «raiz do polinómio» (ou «zero do polinómio») qualquer número real tal que $P(a) = 0$.</p> <p>Identificar um polinómio $P(x)$ como «divisível» por um polinómio $Q(x)$ não nulo se o resto da divisão euclidiana de $P(x)$ por $Q(x)$ é nulo.</p> <p>Provar, dado um polinómio $P(x)$ de grau $n \in \mathbb{N}$ e um número real a, que a é uma raiz de $P(x)$, se e somente se $P(x)$ for divisível por $x - a$ e que, nesse caso, existe um polinómio $Q(x)$ de grau $n - 1$, tal que $P(x) = (x - a)Q(x)$.</p> <p>Identificar, dado um polinómio $P(x)$ e uma raiz a de $P(x)$, a «multiplicidade de a» como o maior número natural n tal que existe um polinómio $Q(x)$ com $P(x) = (x - a)^n Q(x)$, justificar que nesta situação $Q(a) \neq 0$ e designar por «raiz simples» quando a respetiva multiplicidade é igual a 1.</p> <p>Reconhecer, dado um polinómio $P(x)$ de grau n cujas raízes (distintas) x_1, x_2, \dots, x_k têm respetivamente multiplicidade n_1, n_2, \dots, n_k, que $n_1 + n_2 + \dots + n_k \leq n$ e que existe um polinómio $Q(x)$ sem raízes tal que $P(x) = (x - x_1)^{n_1} (x - x_2)^{n_2} \dots (x - x_k)^{n_k} Q(x)$, tendo-se $n_1 + n_2 + \dots + n_k = n$ se e somente se $Q(x)$ tiver grau zero.</p> <p>Reconhecer, dado um polinómio $P(x)$ de coeficientes inteiros, que o respetivo termo de grau zero é múltiplo inteiro de qualquer raiz inteira desse polinómio.</p>
<p>Resolver problemas</p>	<p>Resolver problemas envolvendo a divisão inteira de polinómios e o Teorema do resto.</p> <p>Resolver problemas envolvendo a fatorização de polinómios de que se conhecem algumas raízes.</p> <p>Resolver problemas envolvendo a determinação dos zeros e do sinal de funções polinomiais de grau superior a dois.</p>

As operações com polinómios, e de forma geral, a álgebra, é um tema em que os alunos revelam bastantes dificuldades (Booth, 1984). Na Figura 6.1. são indicados as médias dos resultados obtidos pelos alunos na 1.^a e 2.^a chamadas da Prova Final de Matemática do 3.º Ciclo do Ensino Básico, de 2013 a 2015, nos quatro domínios temáticos que a compõem: Estatística e Probabilidades, Números e Cálculo, Álgebra e Funções, e Geometria.

Os valores indicados na Figura 6.1 foram compilados a partir das médias dos resultados obtidos pelos alunos em cada questão das Provas Finais de Matemática, gentilmente cedidos pelo Instituto de Avaliação Educativa para esta investigação científica (ver Anexo 1). Como se pode observar nessa figura, com a exceção do tema da Geometria, as questões do domínio de Álgebra e Funções têm apresentado substancialmente mais dificuldades aos alunos que os restantes temas.

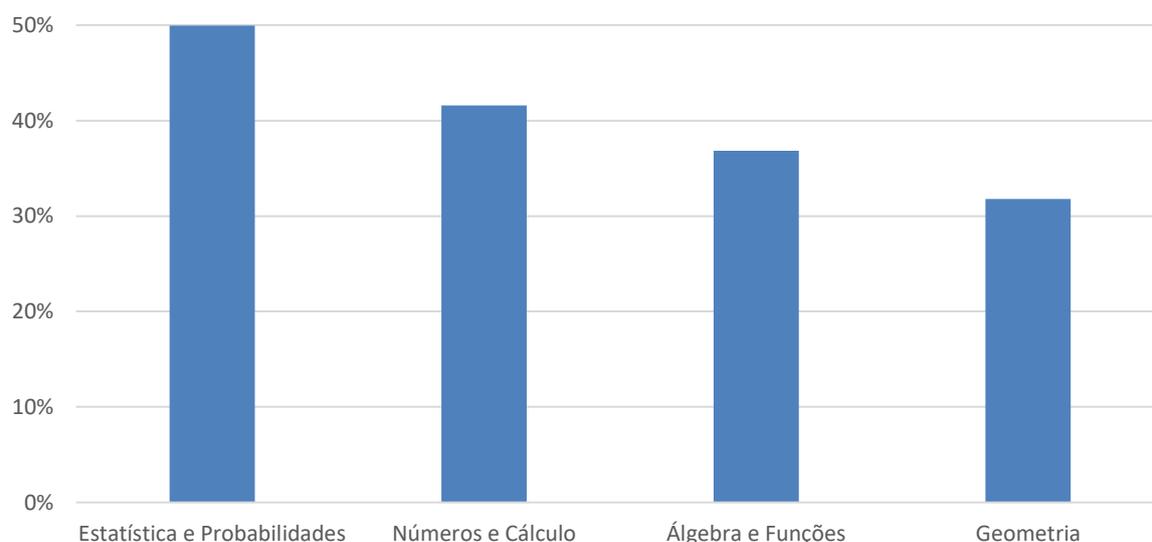


Figura 6.1. As médias dos resultados dos alunos nas Provas Finais de Matemática do 3.º Ciclo do Ensino Básico, de 2013 a 2015 (Fonte: IAVE)

As regras operatórias que lhe estão subjacentes (em particular, a distributividade e as regras de operações com potências) são muitas vezes esquecidas ou confundidas pelos alunos. Um exemplo claro dessa dificuldade está patente nos fracos resultados obtidos pelos alunos na resolução da seguinte questão, bastante direta, de uma das Provas Finais de Matemática do 3.º Ciclo do Ensino Básico, de 2014, apresentada na Figura 6.2.

Qual das expressões seguintes é equivalente à expressão $(x - 1)^2 - 1$?

(A) x^2 (B) $x^2 - 2$ (C) $x^2 + x$ (D) $x^2 - 2x$

Figura 6.2. Uma das questões da 2.ª Chamada da Prova Final de Matemática do 3.º Ciclo do Ensino Básico, (IAVE, 2014)

Esta questão envolve unicamente a aplicação dessas regras operatórias, num caso bastante simples, bastando duas passagens para chegar à opção correta:

$$(x - 1)^2 - 1 = x^2 - 2x + 1 - 1 = x^2 - 2.$$

No entanto, o resultado médio das respostas dos alunos foi de apenas 26%. A aprendizagem destas operações requer por isso bastante dedicação por parte do aluno.

Outro exemplo da dificuldade dos alunos com as operações aritméticas com polinómios está patente nas duas questões seguintes, também retiradas de exames nacionais de Matemática (Figuras 6.3 e 6.4).

Relativamente à Figura 4, sabe-se que:

- $[ABCD]$ e $[EFGH]$ são dois quadrados
- a é o comprimento, em metros, do lado do quadrado $[ABCD]$
- b é o comprimento, em metros, do lado do quadrado $[EFGH]$
- $a > b$

Qual das expressões seguintes dá a área, em metros quadrados, da região representada a sombreado?

Transcreve a letra da opção correta.

(A) $(a - b)^2$ (B) $(a + b)^2$ (C) $(a + b)(a - b)$ (D) $(b + a)(b - a)$

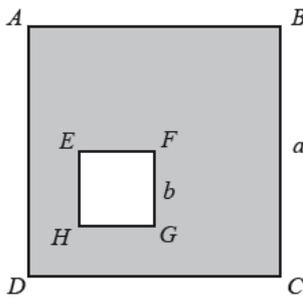


Figura 4

Figura 6.3. Uma das questões da 1.ª Chamada da Prova Final de Matemática do 3.º Ciclo do Ensino Básico, (IAVE, 2013)

Na questão da Figura 6.3, de uma das Provas Finais de Matemática do 3.º Ciclo do Ensino Básico, de 2013, para responder corretamente, o aluno apenas tem que conhecer o caso notável da diferença de quadrados:

$$a^2 - b^2 = (a + b)(a - b),$$

não sendo necessário efetuar qualquer cálculo. Embora o resultado médio das respostas dos alunos a esta questão tenha sido fraco, sendo apenas de 40%, foi ainda assim substancialmente superior ao obtido pelos alunos na questão da Figura 6.2.

Na Figura 11, estão representados os quadrados $[AEFG]$ e $[ABCD]$

O ponto E pertence ao segmento de reta $[AB]$ e o ponto G pertence ao segmento de reta $[AD]$

Seja a um número real maior do que 1

Tomando para unidade de comprimento o centímetro, tem-se:

- $\overline{AE} = a - 1$
- $\overline{BC} = a + 1$

Mostra que a área da região sombreada é dada, em cm^2 , por $4a$

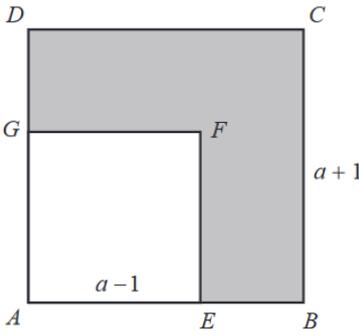


Figura 11

Figura 6.4. Uma das questões da 2.^a Fase da Prova Final de Matemática do 3.^o Ciclo do Ensino Básico, (IAVE, 2015)

No entanto, na questão da Figura 6.4, de uma das Provas Finais de Matemática do 3.^o Ciclo do Ensino Básico, de 2015, o aluno, para além de necessitar de conhecer o caso notável da diferença de quadrados, como na questão da Figura 6.3, ainda precisava de realizar as seguintes operações aritméticas:

$$(a + 1)^2 - (a - 1)^2 = (a + 1 + a - 1)(a + 1 - (a - 1)) = (2a) \times 2 = 4a,$$

ou, em alternativa, desenvolver os quadrados, o que implicava novas operações aritméticas:

$$(a + 1)^2 - (a - 1)^2 = (a^2 + 2a + 1) - (a^2 - 2a - 1) = 4a.$$

Note-se que o resultado final das operações aritméticas já era dado no enunciado, que referia que este era $4a$. Este facto possibilitava que um aluno que fizesse algum erro nalguma passagem inadvertidamente pudesse corrigir o seu erro ao não chegar ao resultado indicado. No entanto, a grande maioria dos alunos não conseguiu responder corretamente a esta questão, sendo o resultado médio das respostas dos alunos a esta questão de apenas 7%.

Observa-se, assim, que o facto de juntar uma componente de cálculo à questão da Figura 6.3 fez diminuir substancialmente a taxa de respostas corretas dos alunos. Embora a questão da Provas Finais de 2015 seja da 2.^a Fase, onde as classificações médias são tipicamente mais baixas do que as da 1.^a Fase, esse facto, não explica, por si só, a grande diferença observada entre as taxas de respostas corretas nestas questões.

Como foi evidenciado anteriormente, a unidade programática sobre polinómios reveste-se de um carácter teórico, onde os alunos se esquecem frequentemente das regras operatórias subjacentes às operações com polinómios.

O jogo *Tempoly* pretende auxiliar o aluno na aprendizagem destas operações, tendo em conta os conteúdos programáticos e as metas de aprendizagem referidos anteriormente. Em particular, o jogo aborda os conteúdos relacionados com monómios, igualdade de monómios, grau de um monómio, soma algébrica e produto de monómios, polinómios, igualdade de polinómios, grau de um polinómio, soma algébrica e produto de polinómios, casos notáveis da multiplicação, casos notáveis da multiplicação de polinómios e fatorização de polinómios. Para além destes conteúdos programáticos do 8.º ano, o jogo incide também sobre a divisão de polinómios, que integra os conteúdos programáticos do 10.º ano.

6.2. Antecedentes do jogo

O jogo *Tempoly* teve por base o questionário sobre os jogos mais jogados pelos alunos, bem como o estudo sobre os princípios de aprendizagem de Gee (2003), sendo depois delineadas as especificações do jogo (ver Figura 6.5).

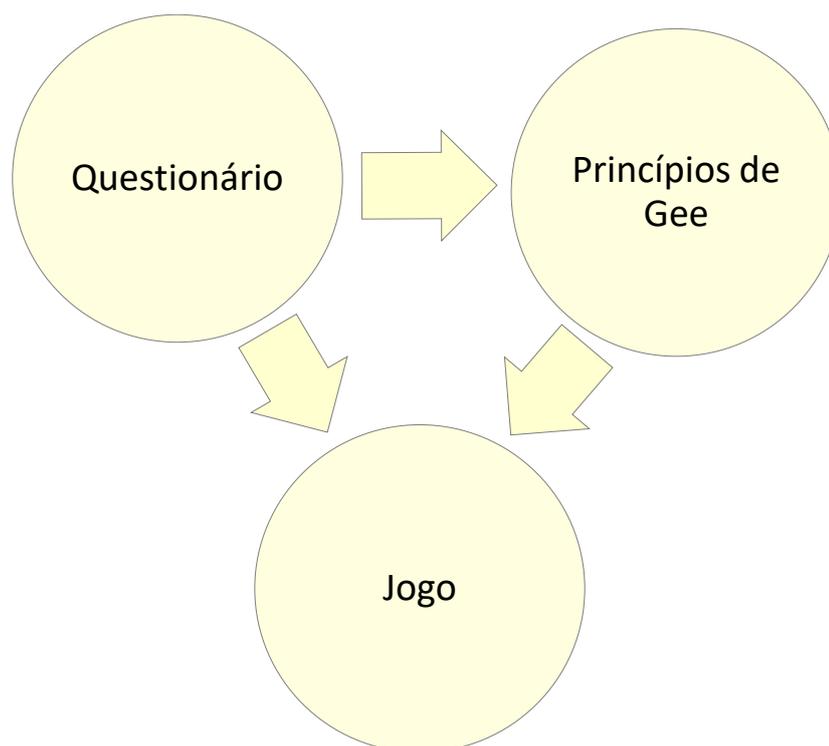


Figura 6.5. Delineamento do *Tempoly*

Em particular foi elaborado um guião (Anexo 4) indicando as características pretendidas para o jogo, evidenciando onde se deveriam revelar os princípios de aprendizagem identificados anteriormente. Nesta fase foi idealizado o movimento das peças, como se deveriam realizar as operações com polinómios e a estrutura dos níveis.

O objetivo do jogo *Tempoly* foi, desde o início, o de proporcionar aos alunos a oportunidade de realizar um grande número de operações com polinómios de uma forma divertida, de modo a motivá-los para o trabalho com papel e lápis, necessário e importante. Deste modo, não se pretendia replicar o estilo tradicional de exercícios, com questões e respostas de escolha múltipla.

Nesta secção apresentam-se as fontes de inspiração do jogo, começando por referir o Jogo do Tesouro e o Jogo do 24, que constituem o ponto de partida

para o *Tempoly*. Finalmente, apresentam-se os princípios de aprendizagem de Gee utilizados no *design* do jogo.

6.2.1. O Jogo do Tesouro

A ideia original para o jogo *Tempoly* inspira-se no *Jogo do Tesouro*, desenvolvido pela investigadora para os alunos do 8.º ano (Barros, 2009, p.153). Esse jogo sobre operações com polinómios (ver Figura 6.6), foi utilizado nas aulas ao longo de alguns anos.

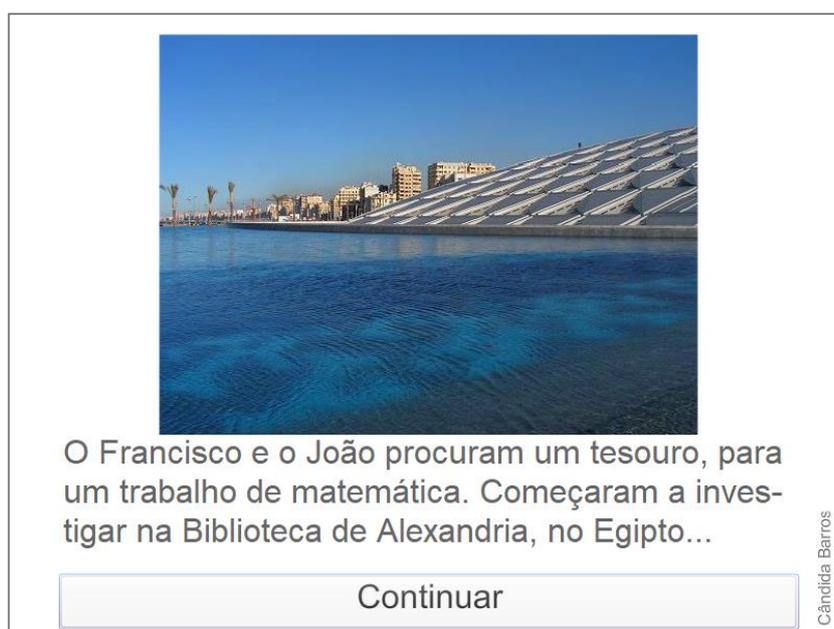


Figura 6.6. O início do *Jogo do Tesouro*

Esse jogo, que foi desenvolvido em *Flash*, pode ser considerado um precursor do jogo *Tempoly* e contribuiu para o *design* inicial deste jogo.

O jogo consiste na procura de um tesouro, que é encontrado se forem ultrapassados 12 níveis que contêm questões relacionadas com as operações

elementares com polinómios. Estas questões não estão diretamente ligadas com a história do jogo, sendo fundamentalmente barreiras que é necessário ultrapassar para se avançar na história.

Cada nível utiliza um algoritmo que gera uma questão aleatória de cada vez que se joga. Para cada questão há quatro respostas possíveis, que são geradas em conjunto com a questão, sendo a posição destas opções também aleatória, de modo a que os alunos não possam fixar qual é a opção correta para cada questão.

Quando o aluno dá a resposta correta a uma questão, a história avança e o aluno passa para o nível seguinte. Por outro lado, se o aluno indicar uma das três respostas erradas, é apresentada uma breve explicação textual de como se poderia resolver a questão corretamente, e a história retrocede, passando o aluno para o nível anterior.⁵ A explicação é também gerada em conjunto com a questão, ou seja, está sempre adaptada à questão concreta que foi apresentada nesse nível. Na Figura 6.7 pode ver-se um exemplo de uma questão apresentada no jogo, juntamente com a explicação dada a uma resposta errada. Da próxima vez que o aluno tentasse resolver a questão iria aparecer outra equação para resolver, e o aluno não poderia simplesmente aproveitar a resposta que lhe tinha sido dada.

⁵ Numa versão preliminar do *Jogo do Tesouro*, o jogador não retrocedia quando errava na resposta à questão apresentada, mantendo-se no mesmo nível até que acertasse na resposta correta. A opção por fazer o jogo retroceder um nível foi implementada para desincentivar os alunos de responder à sorte, passando eventualmente de nível sem qualquer investimento na resolução da questão.

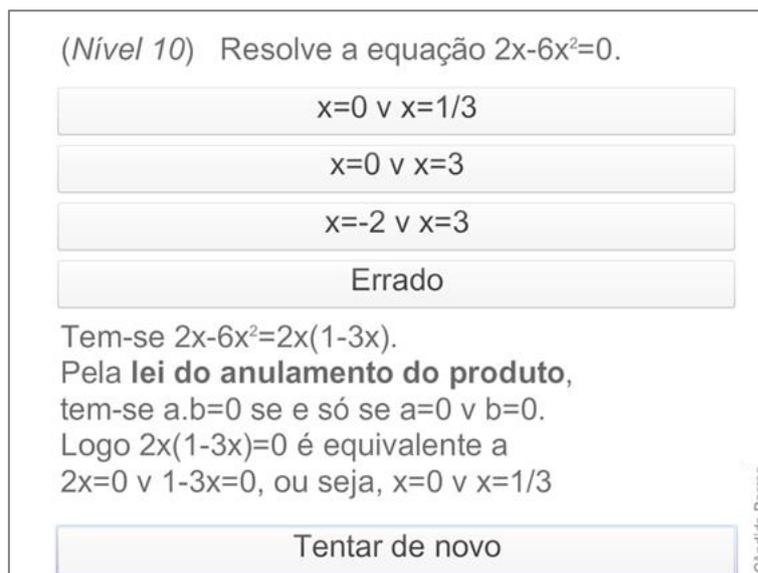


Figura 6.7. Um dos níveis do *Jogo do Tesouro*

Os níveis do jogo incidem nas operações com polinómios, em particular nos casos notáveis da multiplicação, e também na resolução de equações do 2.º grau, através da lei do anulamento do produto.

A dificuldade dos níveis é crescente, indo da simples aplicação direta de um caso notável da multiplicação até à resolução de equações envolvendo uma sequência de passos, que usam tanto os casos notáveis como a lei do anulamento do produto. Por esse motivo, enquanto os primeiros níveis podem ser resolvidos rapidamente, através de cálculo mental, os últimos níveis exigem, à maior parte dos alunos, o uso de papel e lápis.

O jogo foi usado pela investigadora, ao longo de alguns anos letivos, com pequenas modificações implementadas ao longo do tempo, em turmas do 8.º ano. As aulas onde o *Jogo do Tesouro* foi disponibilizado foram dadas com o apoio de uma ficha de trabalho criada para o efeito. Nessa ficha, os alunos tinham que registar as respostas que davam às várias questões, com a resolução escrita. Deste modo, os alunos tinham de facto que resolver as questões, não se limitando a clicar numa opção.

Esta primeira experiência com a utilização de jogos para a aprendizagem das operações com polinómios, embora realizada de forma algo informal, forneceu algumas indicações úteis para o futuro desenvolvimento do jogo *Tempoly*.

Nesta experiência verificou-se que alguns alunos, talvez devido à sua grande apetência por jogos, tinham como objetivo principal avançar no jogo, mais do que descobrir a resposta correta às questões apresentadas. Assim, observou-se que alguns alunos clicavam numa das quatro opções disponíveis de forma muito rápida, quase aleatória, de modo a tentar passar imediatamente ao nível seguinte e avançar na história. Quando não conseguiam fazê-lo, tentavam rapidamente outra resposta, clicando noutra opção disponível, sem refletir sobre o erro. Este problema já tinha sido verificado por Ke (2008), que observou que os alunos, quando veem os problemas de Matemática contidos nos jogos como adversários à progressão no jogo, sem estarem integrados na história do jogo, optam por tentar ultrapassá-los o mais rapidamente possível. Beal et al. (2008) verificaram também que a opção do aluno pela estratégia de responder à sorte está positivamente correlacionada com a sua baixa autoavaliação sobre o seu conhecimento de Matemática. Deste modo, os alunos que mais precisariam de apoio para ultrapassar as suas dificuldades seriam aqueles que menos beneficiariam com o jogo. Whitton (2010) também alerta para a necessidade de se desenvolverem jogos sérios em que o fenómeno de *random clicking* (apelidado de *wandering mouse* por Ke (2008)) não permita uma progressão mais rápida no jogo, uma vez que isto não traz nenhuns benefícios para a aprendizagem.

Por esse motivo, o jogo *Tempoly* foi, desde o início, idealizado como um jogo de género *puzzle*, em que a resolução dos desafios propostos fizesse parte integral da estrutura do jogo, não constituindo apenas barreiras acessórias à progressão.

No final das aulas onde o *Jogo do Tesouro* foi disponibilizado, foi também aplicado aos alunos um questionário para avaliação do jogo na sala de aula que revelou que os alunos nunca tinham utilizado quer a plataforma *Moodle*, quer jogos de computador na sala de aula. Por outro lado, todos os alunos que utilizaram o jogo reconheceram que aprenderam os casos notáveis da multiplicação. A estrutura do jogo, que corrigia as respostas erradas, dando assim um apoio personalizado a cada aluno, e o facto de o jogo decorrer a um ritmo diferente em cada computador, constituindo assim uma estratégia de diferenciação pedagógica eficaz, terá decerto contribuído para o sucesso dos alunos.

Por outro lado, o jogo contribuiu também para desenvolver a autonomia dos alunos, que não se limitaram a assistir à aula de uma forma passiva, como acontece frequentemente. Além disso, o jogo, ao permanecer na plataforma *Moodle*, contribuiu para promover o estudo dos alunos, que tiveram a possibilidade de voltar a jogar o *Jogo do Tesouro* a partir das suas casas, ou da biblioteca da escola. O interesse revelado pelos alunos em realizar a atividade, o que por si só demonstra a adequabilidade da metodologia adotada, levou a que alguns alunos ficassem frustrados por o seu computador não ter ligação à Internet, o que impedia a realização do jogo. É de frisar que mesmo estes alunos manifestaram no questionário, do mesmo modo que os que tiveram ligação à Internet, vontade em utilizar novamente esta estratégia em aulas futuras.

6.2.2. O jogo do 24

O *Tempoly* tem por base uma ideia inspirada no jogo tradicional chinês do 24 (Tong et al., 2014), também muito popular em Portugal. Este jogo é jogado com um baralho de cartas, cada uma contendo quatro números inteiros, geralmente entre 1 e 9.

O objetivo é formar o número 24, usando os quatro números, uma única vez, as quatro operações aritméticas: adição, subtração, multiplicação e divisão e uma escolha da ordem com que estas são aplicadas. Por exemplo, com a carta da Figura 6.8, o jogador poderia responder:

$$8 + 8 \times (7 - 5) = 24, \quad 8 \times (8 + 7) / 5 = 24$$

ou qualquer outra forma (existem várias) de obter o número 24 a partir dos números dados. Uma das características deste jogo é que o aluno, ao jogá-lo, não está à procura do resultado correto de um determinado conjunto de operações. Ao invés disso, esse resultado já é dado (é sempre 24), e o objetivo é a resolução de um problema envolvendo as operações aritméticas com números inteiros.



Figura 6.8. Uma carta do Jogo do 24

O jogo *Tempoly* parte de um pressuposto semelhante. No entanto, em vez de manipular números com operações aritméticas, o jogador deve manipular polinômios. Além disso, o número de operações permitidas ao jogador no caso do *Tempoly* é ilimitado (contrariamente ao Jogo do 24, em que se usam sempre três operações), permitindo assim ao jogador criar as soluções que desejar para o desafio proposto.

6.3. *Design* do jogo *Tempoly*

6.3.1. Propósito do jogo

O objetivo do jogo é combinar alguns polinómios apresentados pelo jogo para tentar chegar a um determinado resultado. Em cada nível apresentado ao jogador, este deve manipular os polinómios apresentados pelo jogo, no sentido literal do termo, usando as operações elementares (adição, subtração, multiplicação e divisão) disponibilizadas, tendo como objetivo obter um resultado pré-determinado apresentado pelo jogo. Por exemplo, no desafio da Figura 6.9, o jogador tem que combinar os polinómios 1 , 5 , $2x$ e $3x$, usando as operações adição, subtração e multiplicação, para obter o polinómio $7x - 5$.



Figura 6.9. Um dos desafios do *Tempoly*

Em cada nível há muitas formas diferentes de chegar ao objetivo e o jogador pode usar qualquer uma delas. Por exemplo, no nível indicado na Figura 6.9, o jogador deveria, após observar os polinómios que lhe são fornecidos, concluir que a solução, neste caso, o polinómio $7x - 5$, se obtém através de uma das igualdades seguintes:

$$3x + 2x + 2x - 5 = 7x - 5, \quad 5 \times 2x - 3x - 5 = 7x - 5$$

ou qualquer uma das muitas outras soluções possíveis.

O jogador vai combinando os polinómios disponíveis da forma que quiser. Se o jogador tivesse optado pela primeira solução, deveria em seguida montar sucessivamente a sequência de operações indicada na Figura 6.10.



Figura 6.10. Sequência de operações aritméticas

6.3.2. Princípios de aprendizagem de Gee no jogo

Na idealização do jogo *Tempoly* teve-se em atenção os princípios de aprendizagem descritos por Gee (2003), identificados na análise prévia dos jogos mais jogados pelos alunos, conforme é indicado na secção 5.4, que segundo Devlin (2011) são (muito) relevantes na aprendizagem (ver secção 2.1.2.3). Neste ponto explicitam-se os princípios de aprendizagem de Gee mais relevantes que se encontram presentes no jogo *Tempoly*.

Alguns destes princípios aplicam-se de forma geral aos jogos do tipo *puzzle*, como o Princípio do Conhecimento Intuitivo, na medida em que o conhecimento decorre da prática repetida com os cálculos das operações com polinómios. Por outro lado, a Matemática é um domínio semiótico que oferece bastantes desafios aos alunos, em parte devido à grande diversidade de sistemas semióticos envolvidos na sua aprendizagem, como linguagem oral,

linguagem escrita, gestos, símbolos matemáticos, gráficos, tabelas, construções geométricas, representações esquemáticas, etc. (Lemke 2003). O jogo *Tempoly* usa alguns destes sistemas semióticos que o aluno tem que compreender e usar para comunicar com os colegas, observando-se o Princípio do Texto, o Princípio Intertextual, o Princípio do Domínios Semióticos e o Princípio Multimodal.

Tradicionalmente, a aprendizagem das operações aritméticas com polinómios inicia-se com a descrição das regras operatórias. No entanto, verificou-se que os alunos foram capazes de perceber, intuitivamente, como as operações aritméticas se realizavam, mesmo sem aulas expositivas sobre este tema, verificando-se assim o Princípio do Significado Situado. Isto não significa que o professor não tenha um papel essencial nas aprendizagens. De facto, o jogo é mais benéfico para as aprendizagens quando conjugado com as aulas, como se dará conta no capítulo seguinte.

De seguida, é indicado de que forma o design do *Tempoly* incorpora outros princípios de aprendizagem, sendo alguns também mencionados na descrição do jogo.

Princípio da Aprendizagem Ativa e Crítica

Todos os elementos do jogo estão dispostos de forma a que o jogador necessite de refletir ativamente sobre os desafios que lhe são propostos. O jogador necessita de procurar uma solução para o problema, combinando os diversos elementos à sua disposição. Além disso, o jogador deve refletir sobre o problema, decompondo-o em subproblemas. Por exemplo, no desafio da Figura 6.11, para obter o polinómio $1 + 5x$, o jogador pode primeiro adicionar os polinómios $3x + 1$ e $2x + 1$, obtendo o polinómio $2 + 5x$, que é próximo da chave pretendida. Em seguida, pode guardar este resultado na área de trabalho

e posteriormente tentar obter o monómio 1, obtendo o resultado final usando a subtração.

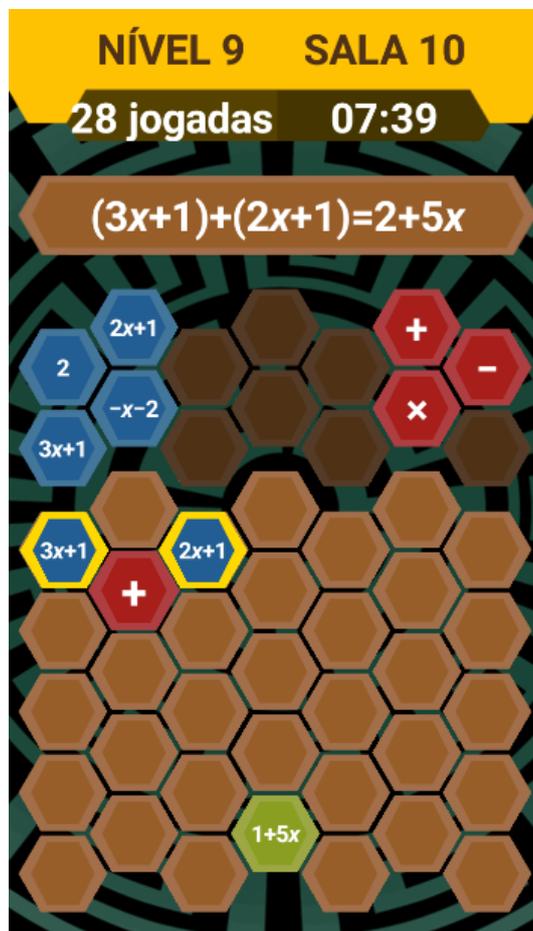


Figura 6.11. Decomposição de um problema em subproblemas

O jogador não se limita assim a ler alguns conceitos ou a observar passivamente alguma animação sobre as operações aritméticas com polinómios.

O jogo foi desenvolvido tendo por base a disponibilização de uma zona de montagem, que o jogador deve usar para manipular os elementos à sua disposição e criar novos elementos. Esta característica do *Tempoly* pretende despertar a criatividade dos alunos, como sugerido em BECTA (2001). Também

Prensky (2001) defende que os jogos baseados na resolução de problemas promovem a criatividade dos jogadores, pelo que a opção pelo desenvolvimento de um jogo de tipo *puzzle* propicia a manifestação deste princípio.

Desta forma, o ambiente de aprendizagem do *Tempoly* encoraja uma aprendizagem ativa e crítica e não uma aprendizagem passiva.

Princípio do *Design*

O *design* dos elementos do jogo está profundamente associado aos conceitos matemáticos envolvidos. Um dos elementos essenciais do jogo é o de operação aritmética. No jogo existem quatro operações aritméticas: a adição, a subtração, a multiplicação e a divisão. Cada uma das quatro operações têm dois operandos. No entanto, três destas operações só produzem um resultado, enquanto a divisão dá origem a dois resultados, nomeadamente o quociente e o resto. Nas Figura 6.12 e 6.13 são mostradas como se dispõem as peças correspondentes aos operandos e ao resultado das operações, relativamente à peça que efetua a operação, no caso das três primeiras operações aritméticas e no caso da divisão.

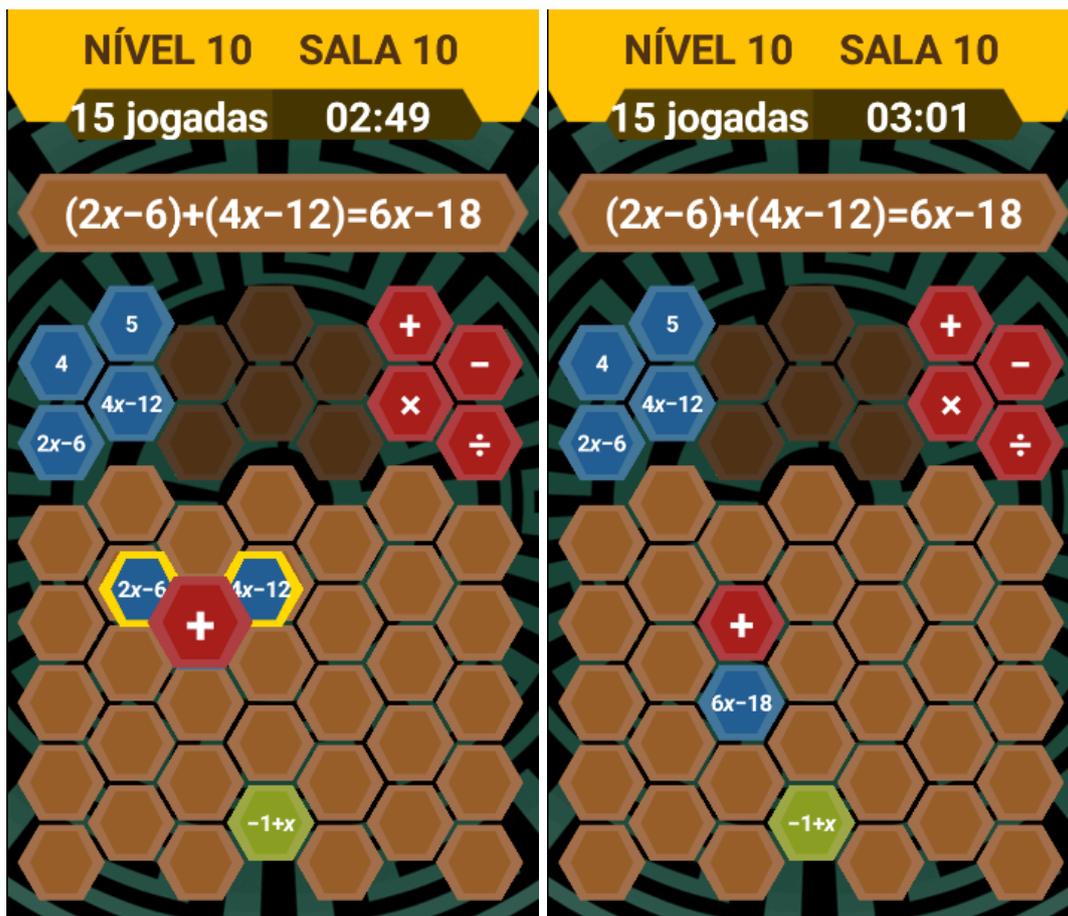


Figura 6.12. As entradas e a saída da adição

Compreender esta diferença entre a divisão e as restantes operações é essencial para a aprendizagem das operações aritméticas com polinómios e a forma hexagonal das peças permite mostrar esta diferença ao jogador. O lado inferior do hexágono corresponde à saída do resultado da adição, subtração e multiplicação e os dois outros lados inferiores do hexágono correspondem ao quociente e ao resto da divisão.

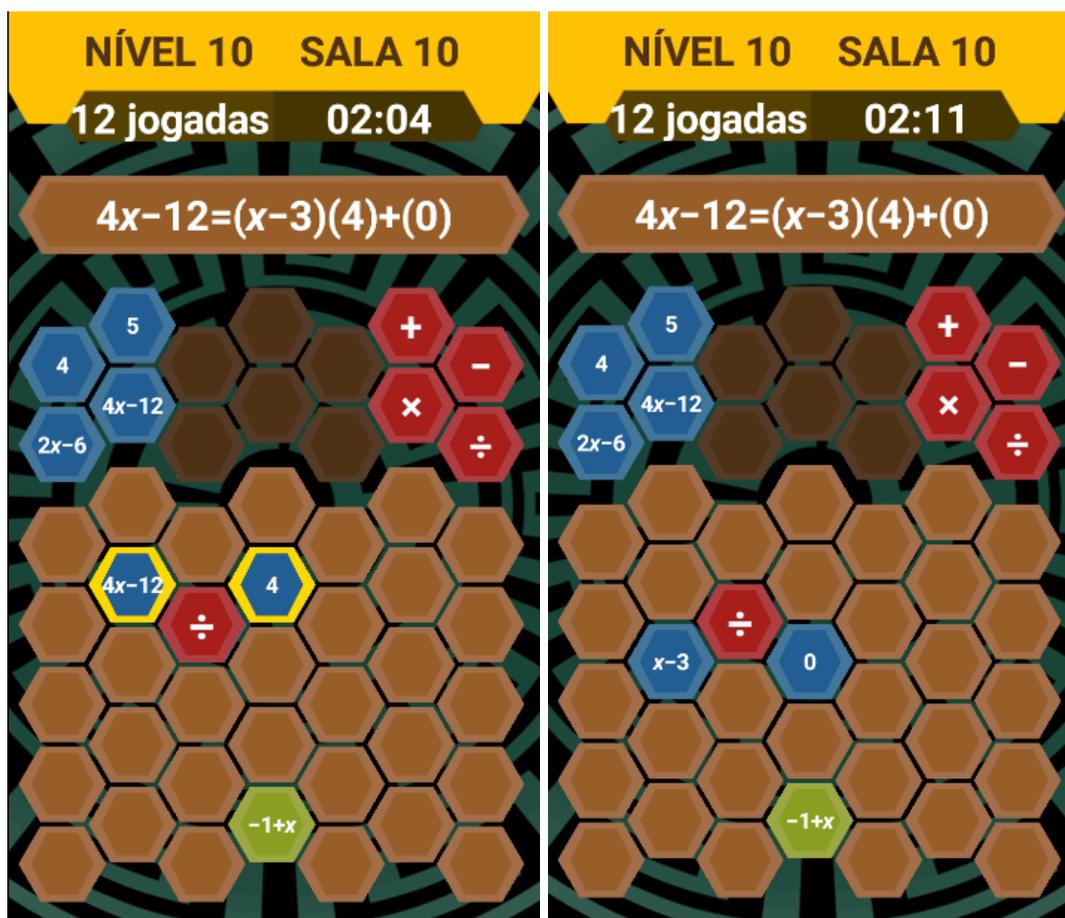


Figura 6.13. As entradas e a saída da divisão

Princípio da Semiótica

As operações aritméticas com polinómios são de um ponto de vista abstrato, funções, que, a partir de certos dados, fornecem determinados resultados. O jogo foi concebido de modo a transmitir esta ideia ao aluno, uma vez que cada operador transforma os operandos no(s) resultado(s), acompanhado do som de uma manivela.

Para a aprendizagem deste conceito pelo aluno é necessária a compreensão de como se relacionam as operações com os operandos, como se produzem os resultados, qual a relação destes com o texto indicativo da

operação realizada e qual é o motivo do som de manivela que se ouve ao realizar-se a operação.

Esta compreensão das inter-relações entre diversos sistemas simbólicos é central para a experiência de aprendizagem.

Princípio da Moratória Psicossocial

No *Tempoly*, os jogadores podem correr riscos sem recear consequências no mundo real. Isto é, os alunos podem experimentar várias abordagens possíveis para resolver o problema que lhes é apresentado, sem receio de estar a cometer um erro. Cates e Rhymer (2003), num estudo com 52 alunos, verificaram que a ansiedade relacionada com a resolução de questões de Matemática estava positivamente correlacionada com a fluência dos alunos nesta disciplina. O jogo, ao não penalizar o aluno quando não consegue acertar numa determinada questão, pretende minimizar esta ansiedade. Duke refere a este propósito que:

Gaming has particular potential because it permits the individual to approach complex problems from whatever perspective seems germane and to do so in a context which is coherent and logical, and to experiment in an environment which is basically safe. (Duke, 1974, p. 171)

No jogo *Tempoly*, para que o jogador resolva um determinado problema, necessita de fornecer a chave correta para a porta, sem a qual esta não abre. Se o jogador propuser uma solução errada para um problema, ou seja, uma chave errada para a porta, o jogo emite um efeito sonoro de porta trancada.

No entanto, o jogador não perde o nível, nem existe nenhuma penalização para o jogador (ver Figura 6.14). Pelo contrário, o jogador pode continuar a tentar diferentes estratégias para a resolução do problema, ou utilizar a chave que construiu como uma peça para construir novas chaves. Deste modo, o jogador

pode ver cada resultado parcial não como uma resposta errada, mas como um passo para obter a solução do problema.

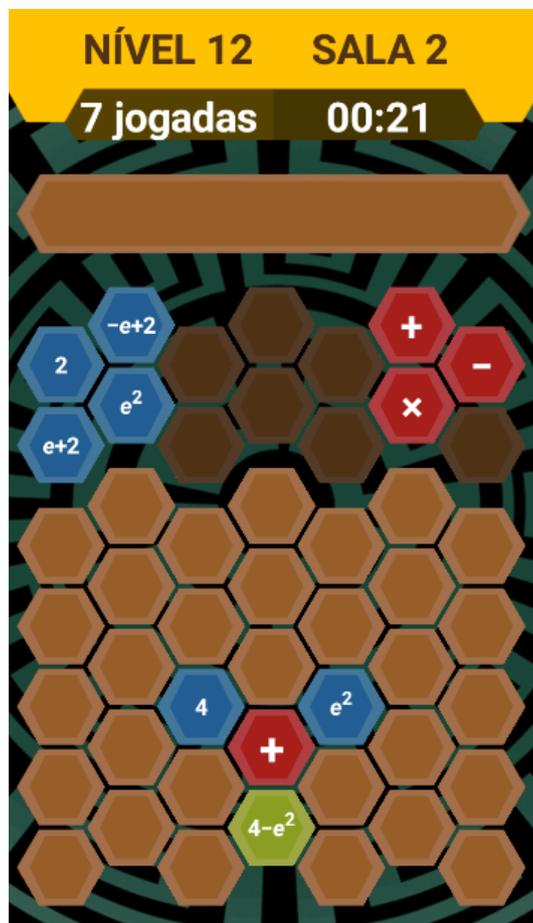


Figura 6.14. Uma solução errada para o desafio

O *design* do jogo, que apresenta cada desafio como um *puzzle* em vez de um exercício, como normalmente é visto na escola, também promove o sentimento de que as ações do jogador não têm consequências no mundo real. Isto incentiva o aluno a tentar múltiplas abordagens para resolver os problemas que lhe são apresentados, usando diferentes estratégias, sem receio e sem a pressão de estar a ser avaliado.

Princípio do Compromisso com a Aprendizagem

Na história do jogo *Tempoly*, o jogador incorpora o papel de um explorador de um templo, que quer explorar todas as suas salas. Esta narrativa pretende que o aluno se empenhe em levar a sua personagem ao sucesso, participando voluntariamente na tentativa de resolução dos vários problemas. O objetivo último do jogo é atingir o estatuto de Guardião do Templo, o que só se consegue resolvendo os 250 desafios (ver Figura 6.15).



Figura 6.15. A medalha final do *Tempoly*

Isto é particularmente importante, uma vez que a motivação intrínseca e o desempenho escolar estão fortemente correlacionados (Cordova & Leeper, 1996). Deste modo, o compromisso do aluno com o sucesso da sua

personagem, e, por conseguinte, com a aprendizagem das operações aritméticas com polinómios, tem implicações importantes no seu próprio desempenho neste tema curricular.

Princípio do Autoconhecimento

No *Tempoly*, o jogador tem liberdade para escolher o nível em que vai jogar, dentro de certos limites. Isto permite-lhe praticar as operações aritméticas em níveis de dificuldade inferior, mais adequados às suas capacidades e conhecimentos nesse momento, ou prosseguir para níveis mais avançados, que lhe proporcionem desafios mais entusiasmantes.

Esta dualidade foi verificada durante a disponibilização do jogo, em que alguns alunos optavam por jogar apenas os níveis de madeira, enquanto outros alunos, sobretudo os alunos do Ensino Secundário que realizaram os testes de usabilidade, tentavam prosseguir o mais rapidamente possível até ao último nível. Isto era esperado, uma vez que os estudos sobre a autoeficácia (Bandura, 1977) mostram que a crença de um indivíduo sobre a sua própria capacidade de resolver um problema é um forte preditor dessa mesma realização. Isto deriva do facto de um indivíduo, se considerar que uma determinada tarefa está acima das suas capacidades, tende a evitá-la, não exercendo o esforço necessário para a completar, por acreditar que não terá o efeito desejado. Por outro lado, se esse indivíduo considerar que tem capacidade para completar a tarefa, tende a vê-la como um desafio e empenha-se em superá-lo. Deste modo, cada aluno teve a possibilidade de retirar o máximo benefício do *Tempoly*, de acordo com as suas capacidades e necessidades.

O *Tempoly* permite assim aos alunos aprender não apenas sobre o jogo em si, mas também sobre as suas próprias capacidades.

Princípio da Amplificação da Entrada

Usando o conhecimento contido nos operadores, os pequenos movimentos realizados pelo jogador traduzem-se em cálculos aritméticos, por vezes bastante complexos (ver Figura 6.16). O jogador pode assim, com facilidade, experimentar rapidamente um leque alargado de alternativas.

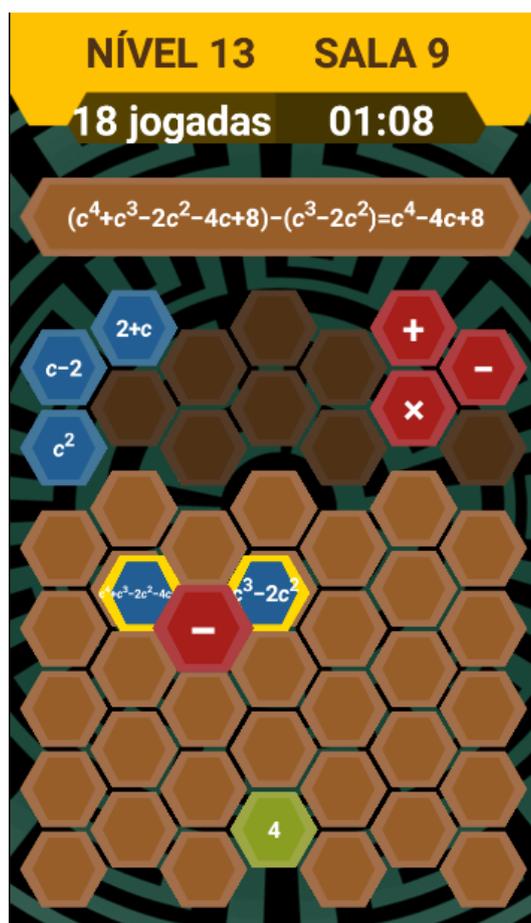


Figura 6.16. A realização de cálculos pelos *Tempoly*

Sem o auxílio do *Tempoly*, poucos alunos estariam dispostos a realizar por vezes dezenas de cálculos com polinómios para resolver um problema (note-se que mesmo as calculadoras disponíveis no mercado não realizam os cálculos necessários com grande facilidade). Os alunos recebem assim uma grande quantidade de *output* para uma pequena quantidade de *input*.

Este princípio de aprendizagem é essencial no *design* no *Tempoly* porque, ao incentivar o ensaio de várias abordagens e a o desenvolvimento de diversas estratégias alternativas, facilita a aprendizagem ativa referida no primeiro princípio.

Princípio da Realização

O jogo assinala o progresso de todos os jogadores ao longo de todo o jogo, através de um sistema de atribuição de medalhas. Este processo inicia-se com as primeiras soluções propostas pelo jogador e continua até que o jogador complete os 250 desafios. A destreza e a persistência do jogador são recompensadas, bem como o melhoramento de resultados anteriores do jogador (conforme descrito na Tabela 6.6).

O jogo sinaliza os momentos em que as medalhas são ganhas, e o jogador pode verificar em qualquer altura quais são as conquistas valorizadas pelo jogo (ver Figura 6.17).



Figura 6.17. Medalhas ganhas pelo jogador num certo momento do jogo

Princípio da Prática

O jogador tem muitas oportunidades para praticar as quatro operações aritméticas com polinómios, devido ao grande número de desafios de dificuldade crescente. Esta prática repetida é incentivada pelo sistema de medalhas, em particular pelas medalhas que premeiam a resolução de números cada vez maiores de desafios.

Além disso, o desbloquear sucessivo de novos desafios e a diversidade destes desafios também promovem a prática no jogo. O *Tempoly* mostra também quantos desafios o jogador já resolveu em cada nível, em letras cada vez maiores, sinalizando o seu progresso (ver Figura 6.18).



Figura 6.18. Desafios resolvidos em cada nível

Princípio da Aprendizagem Contínua

No jogo *Tempoly*, os níveis mais complexos podem ser decompostos em subproblemas equivalentes aos que aparecem nos níveis mais simples. Os conhecimentos adquiridos anteriormente podem assim ser aplicados mais tarde no jogo. No entanto, ao longo do jogo vão aparecendo situações novas, para as quais é necessário desenvolver novas estratégias. Por exemplo, nos níveis iniciais aparecem apenas números, e a certa altura os problemas começam a envolver manipulação de polinómios. Estes problemas são de natureza bastante distinta dos anteriores e mesmo um aluno que seja exímio nos primeiros níveis tornar-se-á um principiante quando se depara com eles.

Outro exemplo vem do aparecimento, a dada altura, do operador divisão, que tem um modo de funcionamento diferente, para o qual é necessária a adaptação do jogador.

O aluno envolve-se, assim, num ciclo de aprendizagem, automatização, desfazer a automatização e reorganizar a automatização.

Princípio do Regime de Competência

À medida que o jogador progride no jogo, a complexidade vai aumentando lentamente. Como consequência, os desafios apresentam-se ao jogador sempre como possíveis de resolver. Nos casos em que um aluno não consiga resolver um determinado desafio, pode, graças ao Princípio dos Caminhos Múltiplos, discutido mais à frente, continuar o jogo resolvendo outros desafios e regressando a este posteriormente. Os jogadores sentem assim o jogo como desafiante, mas não impossível.

Além disso, como o jogo tem um modo criativo, o professor pode criar desafios específicos adaptados aos conhecimentos dos seus alunos. Da mesma forma, alunos que já tenham completado os 250 desafios podem tentar criar e resolver desafios mais difíceis, usando o modo criativo.

Princípio da Exploração

Em cada nível do jogo, o jogador tem a oportunidade de formular uma hipótese de como resolver o desafio, e de testar esta hipótese combinando explicitamente alguns dos elementos no *écran*. Enquanto o jogador não resolver o problema proposto, os resultados das operações realizadas vão sendo mostrados ao jogador. O jogador pode usar estes resultados parciais para transformar um problema original em problemas mais simples, ou pode tentar

uma abordagem completamente nova. Deste modo, o jogador pode explorar várias alternativas para tentar resolver o problema. O aluno vai assim repetindo o ciclo de colocar, testar, aceitar ou refutar hipóteses até resolver um problema apresentado.

Princípio dos Caminhos Múltiplos

O Princípio dos Caminhos Múltiplos diz respeito à possibilidade que o jogador tem de avançar no jogo de diferentes modos e de utilizar diferentes estratégias. Este princípio foi implementado no *Tempoly* de diversas formas, descritas a seguir.

Em primeiro lugar, o jogo permite a escolha da ordem em que se resolvem os diferentes desafios. Alguns jogadores poderão optar por resolver primeiro muitos dos desafios mais fáceis de modo a ganhar experiência para a resolução posterior dos desafios mais complexos. Por outro lado, outros jogadores poderão querer avançar o mais rapidamente possível para os níveis mais complexos, não perdendo tempo a resolver exercícios que considerem ser muito fáceis. Na utilização do jogo em contexto educativo, verificaram-se ambas as situações por parte dos alunos. Em qualquer dos casos, existe uma limitação a esta escolha, não podendo os jogadores começar imediatamente nos níveis mais difíceis do jogo (ver Figura 6.19).



Figura 6.19. O jogador pode escolher jogar um desafio entre os primeiros 17 níveis

Em segundo lugar, cada nível tem muitas soluções diferentes e o jogador pode apresentar qualquer uma delas, mesmo que não tenham sido previstas pelo criador do desafio. O jogo aceita qualquer solução válida, não estando estas soluções limitadas em termos do número de operações utilizadas.

Em terceiro lugar, o mesmo desafio pode ser jogado várias vezes, para que o jogador possa tentar descobrir soluções mais simples, envolvendo menos operações. O sistema de medalhas encoraja este processo de descoberta de soluções alternativas, uma vez que premeia quem consiga melhorar um resultado anterior.

Alguns estudos (Rittle-Johnson & Star, 2007) mostraram que a utilização de diferentes estratégias para resolver problemas era benéfica na aprendizagem da Matemática, em particular na álgebra. A integração do Princípio dos Caminhos Múltiplos no *Tempoly*, que fazia parte do *design* do jogo desde a sua génese, é um dos principais motivos pela necessidade de elaborar uma nova versão do jogo, conforme é descrito na secção 6.4. De facto, o primeiro jogo desenvolvido tinha uma estrutura de resposta fixa, não permitindo a exploração de diferentes estratégias, o que limitava bastante o interesse pedagógico do jogo.

Princípio Multimodal

O *design* do jogo combina elementos de diferentes modalidades para criar os significados dos objetos, não sendo utilizado apenas o texto. Por exemplo, quando uma operação aritmética é realizada no jogo, os cálculos são realizados através de diversas modalidades. Por um lado, o *Tempoly* mostra a descrição textual da operação, usando a linguagem algébrica. Para além disso, é apresentada uma animação que mostra os operandos a transformar-se no resultado, acompanhada de um som de manivela. Este procedimento, visual e sonoro, traduz a ideia de uma máquina, ou seja, em termos matemáticos, uma função.

Princípio do Subconjunto

O jogo inicia-se com desafios muito simples, envolvendo apenas números (ver Figura 6.20). A aprendizagem do jogo inicia-se com estes níveis, que têm a mesma estrutura dos níveis mais avançados. Deste modo, a aprendizagem é gradual e integrada, desde o início, no próprio jogo, decorrendo num subconjunto simplificado.

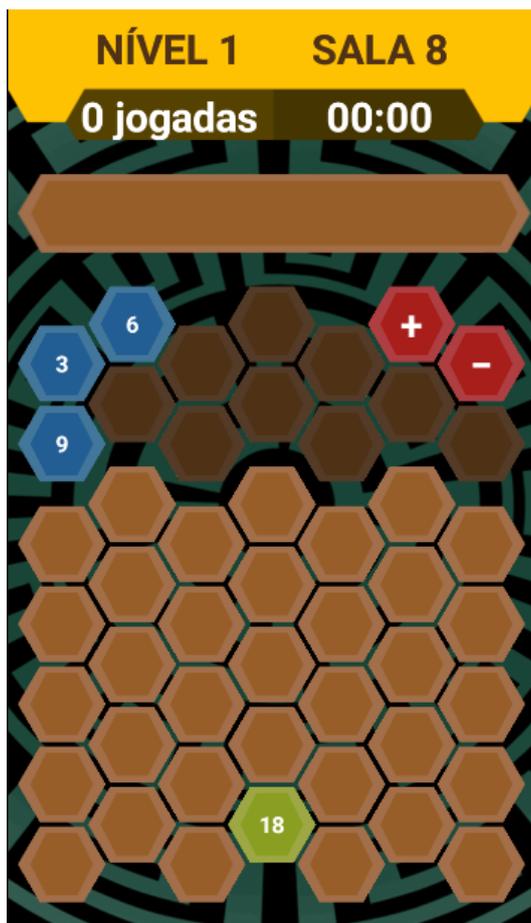


Figura 6.20. Um desafio do primeiro nível

Princípio Incremental

Os níveis do *Tempoly* estão ordenados de acordo com a sua dificuldade. As situações mais simples, quer em termos de operações necessárias para chegar à solução do problema, quer em termos dos graus dos polinómios envolvidos, aparecem mais cedo no jogo. Estes níveis iniciais criam as bases para a resolução de situações mais complexas. O conhecimento adquirido nestas primeiras situações pode ser reutilizado nos níveis seguintes para resolver subproblemas das situações mais complexas que aparecem.

O aparecimento da divisão a certa altura do jogo também torna as interações com o jogo mais ricas, aumentando grandemente as possibilidades para o jogador.

Princípio da Amostra Concentrada

Nos primeiros níveis do jogo, as ações mais simples, como a adição de números, está bastante mais concentrada do que nos níveis mais avançados. Isto permite que os alunos as pratiquem e o que leva a uma aprendizagem gradual do jogo.

Princípio das Competências Básicas Ascendentes

Este princípio está relacionado com o anterior, em que as ações mais básicas são aprendidas e praticadas nos primeiros níveis, de forma integrada e contextualizada, no próprio jogo.

Princípio da Descoberta

Este princípio está relacionado com o Princípio da Exploração, na medida em que o jogo dá liberdade do jogador de experimentar várias alternativas e fazer descobertas por si mesmo. O *Tempoly* não dá instruções diretas de como se realizam as operações aritméticas, quantas operações devem ser realizadas e quais os polinómios que o aluno deve combinar.

Princípio Interno

O jogo tem um modo criativo (ver secção 6.5.7), que permite ao jogador ser um produtor de novos conteúdos. Neste novo papel, o jogador tem que refletir ativamente sobre o significado dos vários objetos, para os combinar e produzir novos desafios. O aluno não é assim apenas um consumidor de conhecimento

6.3.3. História subjacente ao jogo

Antes do jogo estar desenvolvido, quando havia apenas animações que apresentavam o conceito do jogo, estas foram apresentadas aos alunos, juntamente com uma descrição da mecânica do jogo. Perguntou-se aos alunos o que pensavam sobre a ideia do jogo. Os alunos mostraram-se interessados no jogo, mas sugeriram que deveria haver uma história subjacente ao jogo. Esta sugestão levou a que fosse criada o tema do templo, com vários tipos de salas. O objetivo em cada sala é construir um polinómio diferente, ou seja, criar a chave necessária para abrir a porta.

6.3.4. A mascote

Juntamente com a criação do tema do templo foi idealizada uma mascote (ver Figura 6.21), que é utilizada como ícone do *Tempoly* e em diversos ecrãs ao longo do jogo.



Figura 6.21. A mascote do *Tempoly*

6.3.5. O menu principal

No menu principal (ver Figura 6.22), o jogador pode selecionar um novo perfil, verificar o *écran* das medalhas, ver um tutorial, criar um nível diferente, alterar as opções de som, ou jogar um nível.



Figura 6.22. O menu principal

6.3.6. Mecânica do jogo

Em cada nível do jogo, o objetivo é construir um determinado polinómio, que é apresentado no fundo de uma zona de montagem. Para esse efeito, são fornecidos ao jogador alguns polinómios, cada um numa caixa móvel, e algumas ferramentas que permitem manipular esses polinómios, também móveis. O jogador tem que arrastar com o dedo as caixas e as ferramentas fornecidas e combiná-las de forma adequada, de modo a conseguir construir o objetivo. Cada uma das caixas pode ser usada repetidamente. O jogador deve arrastar os polinómios e combiná-los de forma adequada na zona de trabalho (indicada pelos hexágonos castanho-claro na Figura 6.23), usando as operações disponíveis.

Todos os polinómios são de uma variável. No entanto, de cada vez que o jogador inicia um desafio, a variável poderá ser representada por uma letra diferente.

Embora os diversos níveis possam ser resolvidos em poucos movimentos (menos de 10), nos testes de usabilidade efetuados, os jogadores usam frequentemente muitos movimentos (por vezes mais de 100), que correspondem a diferentes tentativas para chegar ao resultado.

Em cada desafio há um grande número de soluções possíveis, no espírito do Princípio dos Caminhos Múltiplos (Gee, 2003), que permite que o jogador explore várias alternativas e progrida de formas diferentes no jogo.

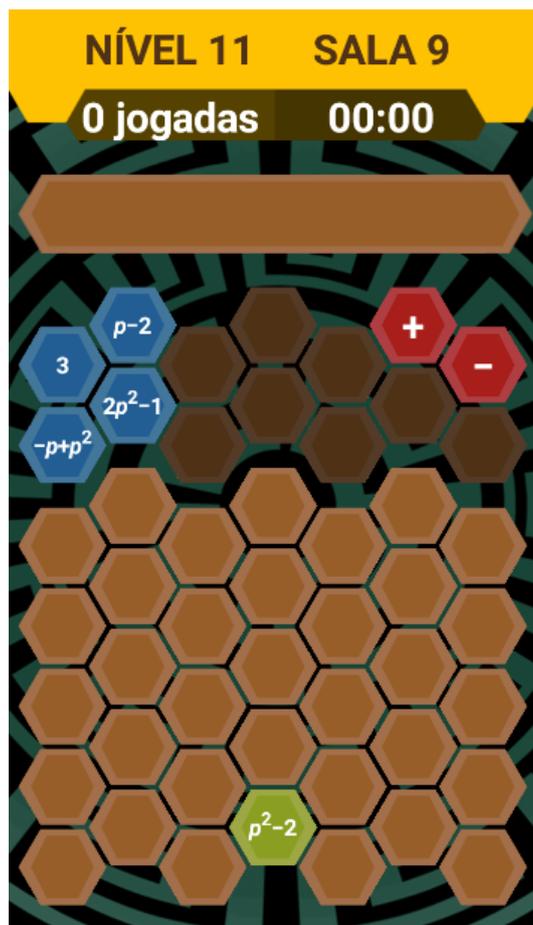


Figura 6.23. Um nível com a variável p

O jogador pode optar entre jogar um dos 250 desafios pré-definidos no jogo, ou jogar um desafio criado por outro jogador (ou por ele próprio). O jogo mostra o número de jogadas feitas e quantos segundos está a demorar a completar o desafio (ver hexágono bicolor no topo da Figura 6.24).

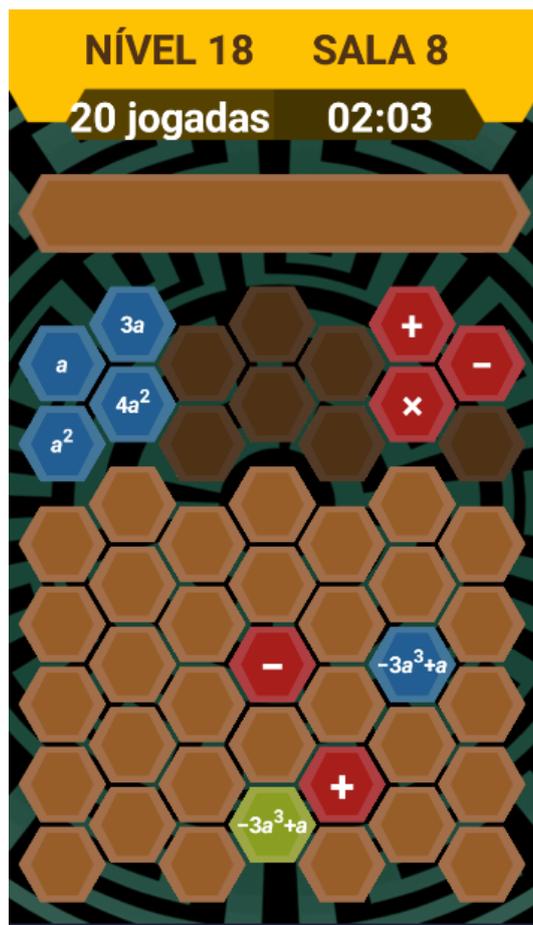


Figura 6.24. Indicação das jogadas efetuadas e do tempo despendido

Caso o jogador opte por jogar um desafio que já tenha completado anteriormente, é informado do seu melhor resultado (isto é, o tempo demorado e o número de movimentos realizados), para que o possa tentar melhorar (ver Figura 6.25)

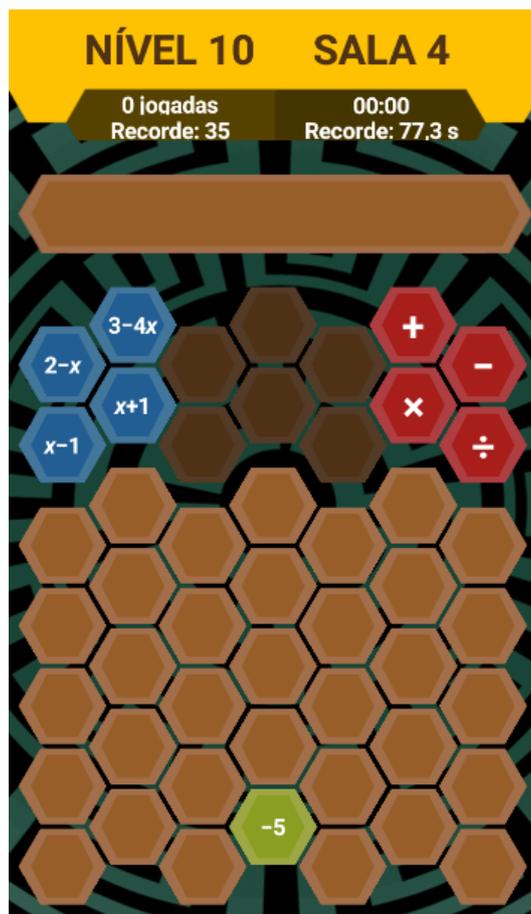


Figura 6.25. Indicação do recorde de jogadas e de tempo

6.4. A versão preliminar do jogo *Tempoly*

O jogo sério desenvolvido foi construído de acordo com os programas de Matemática do 3.º Ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário do ensino português e com as respetivas metas curriculares. Em particular, foram tidos em conta as indicações dadas nas unidades programáticas relacionadas com as quatro operações aritméticas com polinómios.

Para o desenvolvimento do *Tempoly* foi escolhido o sistema operativo *Android*, que é o mais comum nos *smartphones* vendidos em Portugal, na

atualidade. Foi utilizado o ambiente de desenvolvimento *Android Studio*. A implementação do *Tempoly* foi realizada de modo a ser possível correr o jogo a partir da versão 4.1. do *Android*, sendo assim possível jogar o *Tempoly* em 93% dos dispositivos com este sistema operativo. De facto, Whitton (2010) aponta como um fator importante na integração de jogos móveis na educação, a equidade, ou seja, a possibilidade de todos os alunos conseguirem aceder e correr o jogo disponibilizado.

A primeira versão do jogo *Tempoly* foi desenvolvida em colaboração com um estagiário do Departamento de Informática da Universidade de Coimbra. As funcionalidades pretendidas para o jogo estão descritas no Anexo 4.

O protótipo desenvolvido pelo programador apresentava, para cada nível, uma estrutura de resposta fixa. Assim, o papel do jogador era apenas o de preencher os espaços em branco apresentados pelo jogo, para obter o resultado pretendido (ver Figura 6.26). No entanto, no jogo idealizado inicialmente, o jogador deveria ter a liberdade de combinar os polinómios dados de uma forma qualquer, sem obedecer a uma estrutura fixa, usando o número de operações que quisesse.

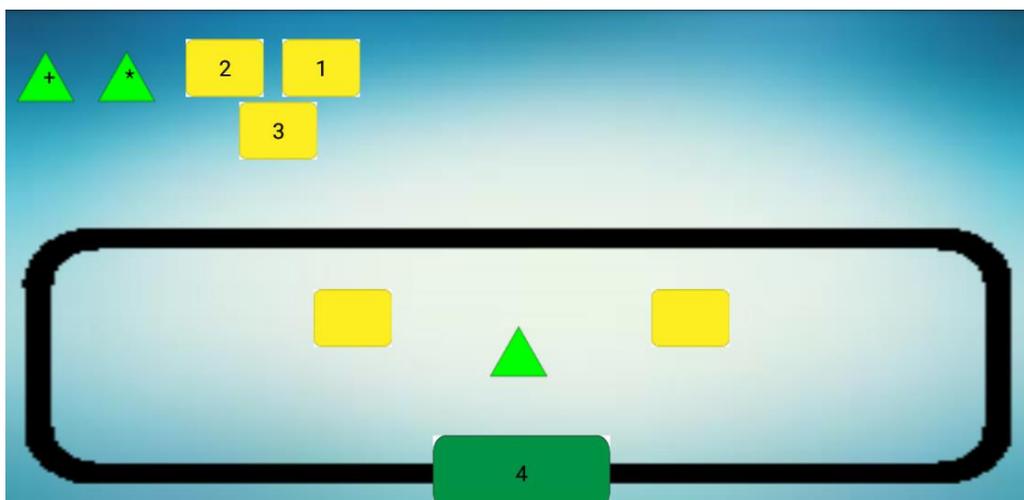


Figura 6.26. A área de jogo na versão preliminar do *Tempoly*

Depois de clarificado o que se pretendia com o jogo, sobretudo ao nível da liberdade que deveria ser dada ao jogador e de se terem feito animações em *Adobe Flash*, exemplificando o movimento das peças pretendido consoante as ações do jogador, foi também elaborado um novo documento especificando as funcionalidades pretendidas, que o jogo ainda não tinha (ver Anexo 5).

A empresa Criamagin criou os elementos gráficos do jogo. Os elementos gráficos propostos inicialmente pela Criamagin foram sendo modificados, na sequência de diversas propostas de reformulação. Durante todo este processo, foi mantido um diálogo permanente com o *designer* gráfico e o programador, de modo a manter uma coerência entre os vários elementos do jogo e permitindo fazer as reformulações necessárias atempadamente.

Embora o jogo continuasse a ser desenvolvido, não estava a cumprir com as especificações previstas, mantendo-se a rigidez do modo de jogar. Por esse motivo, foi pedida, no final de maio de 2015, a colaboração do Professor Doutor António Salgueiro, professor do Departamento de Matemática da Universidade de Coimbra. Desta colaboração resultou uma primeira versão do *Tempoly*, que utilizava um princípio de jogo completamente diferente, em sintonia com o que se tinha idealizado inicialmente - ao contrário de utilizar uma estrutura de resposta fixa, que o jogador teria que preencher, optou-se por criar um tabuleiro de jogo, com dezenas de casas, onde o jogador poderia colocar as peças que tinha à sua disposição e combiná-las do modo que considerasse melhor.

O jogo usou grande parte dos elementos gráficos criados pela Criamagin para a versão preliminar. No entanto, foi necessário reformular alguns dos elementos para se adaptarem ao novo sistema de jogo, bem como criar alguns novos.

6.5. Descrição do jogo *Tempoly*

O nome do jogo *Tempoly*⁶ resulta da junção das palavras inglesas *temple* (templo) e *polynomial* (polinómio), uma vez que os elementos gráficos do jogo têm a temática de um templo. O templo tem três áreas, feitas de material diferente, nomeadamente madeira, pedra e metal. Os desafios do jogo correspondem a salas do templo e resolver um desafio corresponde a abrir uma porta do templo. O jogador começa num nível de madeira e para passar à área de pedra, necessita de resolver pelo menos um desafio de cada um dos 10 níveis de madeira. Do mesmo modo, para passar à área de metal, necessita de resolver pelo menos um desafio de cada um dos 10 níveis de pedra. Por exemplo, na Figura 6.27, o jogador ainda está nos níveis de madeira.

⁶ O jogo *Tempoly* pode ser descarregado em bit.ly/Tempoly

A versão mínima do Android necessária para correr o jogo é a 4.1 (Jelly Bean). Para instalar o jogo é necessário transferir o apk para o dispositivo móvel e executá-lo. Se, devido às definições de segurança do dispositivo onde o jogo está a ser instalado, aparecer uma mensagem alertando para o risco de instalação de aplicações externas à Google Store, deve ser realizado o seguinte procedimento (Ir a Definições / Ir a Segurança / Seleccionar a caixa “Fontes desconhecidas” / Repetir o processo de instalação / Depois de o jogo ter sido instalado, as definições de segurança podem ser repostas desmarcando a caixa “Fontes desconhecidas”)



Figura 6.27. Os níveis de madeira, pedra e metal

Nesta secção descreve-se o jogo sério *Tempoly* desenvolvido para a aprendizagem das operações aritméticas com polinómios.

6.5.1. Género de jogo

O *Tempoly* enquadra-se no género *puzzle*, tendo o jogador que resolver vários quebra-cabeças, de dificuldade crescente. Este género foi selecionado entre diversas possibilidades, uma vez que se pretendia que os alunos tivessem a oportunidade de desenvolver o seu raciocínio lógico e abstrato bem como a

sua capacidade de resolver problemas. No entanto, alguns níveis têm uma resolução bastante rápida, sobretudo os iniciais, uma vez que os alunos mostraram privilegiar jogos com uma interação rápida. O controlo do jogo é realizado de forma tátil, respeitando assim a preferência dos alunos, evidenciada anteriormente, por jogos com uma interação fácil. O jogo destina-se a ser jogado individualmente (*single player*). Tem ainda um modo criativo que se destina a criar níveis para outros jogadores poderem jogar.

Na taxonomia dos jogos educativos de Sawyer e Smith (2008), o jogo *Tempoly* enquadra-se na categoria dos jogos formais para o 2.º e 3.º Ciclos do Ensino Básico e do Ensino Secundário. Na taxonomia de Ratan e Ritterfeld (2009), o *Tempoly* é um jogo cujo conteúdo principal é académico, recorrendo à resolução de problemas cognitivos, dirigido para alunos do 2.º e 3.º Ciclos do Ensino Básico e do Ensino Secundário, numa plataforma diferente do computador.

6.5.2. Tutorial

Nos níveis iniciais é explicada a mecânica do jogo e o significado dos vários objetos, constituindo uma estratégia de *scaffolding*. O jogo verifica assim o Princípio do Subconjunto (Gee, 2003), que estipula que a aprendizagem se inicia numa parte simplificada do jogo, e não à parte deste. No entanto, foi também incluído no *Tempoly* um tutorial (ver Figura 6.28) que indica o objetivo do jogo e como se devem mover as peças, descrevendo brevemente qual é a mecânica do jogo. A aprendizagem das operações aritméticas com polinómios é feita através da experiência obtida no jogo, que começa com níveis muito simples, apenas envolvendo números.



Figura 6.28. O tutorial do jogo

O jogo verifica assim o Princípio Incremental, que está relacionado com a forma como os níveis iniciais de um jogo criam as bases para a resolução de situações mais complexas em fases mais avançadas do jogo. Não é explicado, de um modo formal, como se efetuam as várias operações matemáticas envolvidas, mas os casos simples que são apresentados em primeiro lugar permitem ao jogador interiorizar como essas operações são realizadas.

O tutorial tem ainda uma componente de motivação, uma vez que a narração é feita pela mascote do jogo (ver Figura 6.29), de uma forma humorística.

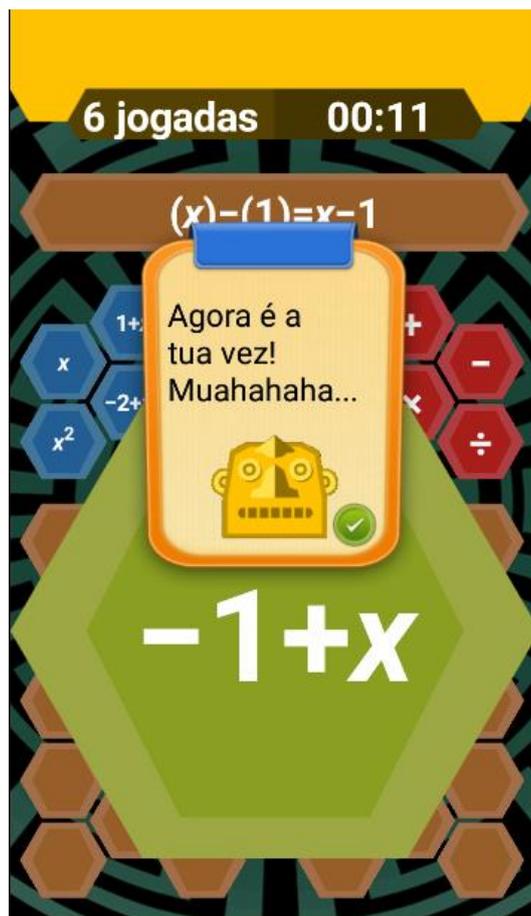


Figura 6.29. A mascote do jogo como narrador

6.5.3. Níveis

O jogo é composto por 250 desafios, organizados em 25 níveis de dificuldade crescente, que exigem capacidade de resolução de problemas e pensamento crítico em Matemática. Pretende-se assim que o jogo cumpra o Princípio do Regime de Competência (Gee, 2003), que estipula que os jogadores sintam o jogo como desafiante, mas não impossível. Em determinados jogos, a dificuldade varia consoante a fase do jogo e nele são apresentadas situações

mais complexas em que os jogadores poderão utilizar conhecimentos adquiridos nas situações mais simples. Como afirma Gee (2008):

Such encouragement works through in-game features like the increasing degrees of difficulty that a player faces as the levels of a game advance or when facing a boss that requires rethinking what one has already learned (p. 46).

Nos primeiros cinco níveis deste jogo sério, o aluno só precisa de conhecer as quatro operações elementares com números, uma vez que todos os polinómios envolvidos têm grau 0 (ver Figura 6.30). Por esta razão, estes primeiros cinco níveis poderão ser jogados por alunos de anos de escolaridade anteriores, nomeadamente a partir do 1.º Ciclo do Ensino Básico.

Os níveis seguintes do jogo apenas envolvem as três primeiras operações com polinómios, nomeadamente a adição, a subtração e a multiplicação, sendo por esse motivo adequado para alunos a partir do 8.º ano. Os níveis que envolvem a divisão de polinómios são dirigidos para alunos do Ensino Secundário e surgem nos níveis 5, 10, 15, 20 e 25.

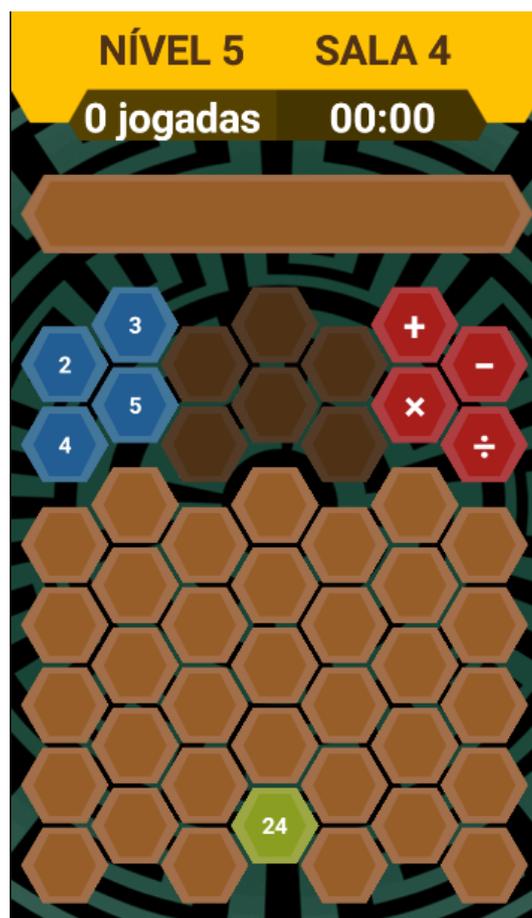


Figura 6.30. Os primeiros 5 níveis apenas envolvem operações com números

Na Tabela 6.5 é indicado, para cada um dos 25 níveis, o grau dos polinómios e o número de operações envolvidas, bem como quais das operações aritméticas são utilizadas.

Tabela 6.5. Grau dos polinómios e operações envolvidas nos níveis do *Tempoly*

Nível	Grau dos polinómios	Número de operações	Adição	Subtração	Multiplicação	Divisão
1	0	1	X	X		
2	0	1	X	X	X	
3	0	2	X	X	X	
4	0	3	X	X	X	
5	0	3	X	X	X	X
6	1	1	X	X		
7	1	1	X	X	X	
8	1	2	X	X	X	
9	1	3	X	X	X	
10	1	3	X	X	X	X
11	2	1	X	X		
12	2	1	X	X	X	
13	2	2	X	X	X	
14	2	3	X	X	X	
15	2	3	X	X	X	X
16	3	1	X	X		
17	3	1	X	X	X	
18	3	2	X	X	X	
19	3	3	X	X	X	
20	3	3	X	X	X	X
21	4	1	X	X		
22	4	1	X	X	X	
23	4	2	X	X	X	
24	4	3	X	X	X	
25	4	3	X	X	X	X

6.5.4. *Feedback*

Em cada passo da montagem, o jogo efetua explicitamente os vários resultados das operações efetuadas. Os cálculos são apresentados ao jogador de duas formas. Por um lado, é apresentada uma animação que mostra os polinómios a serem absorvidos pelo operador, que devolve em seguida o

resultado. Esta animação é acompanhada do som de uma manivela, traduzindo a ideia de que o operador é uma máquina que transforma os operandos no resultado. Por outro lado, é apresentado explicitamente o cálculo realizado (ver Figura 6.31).

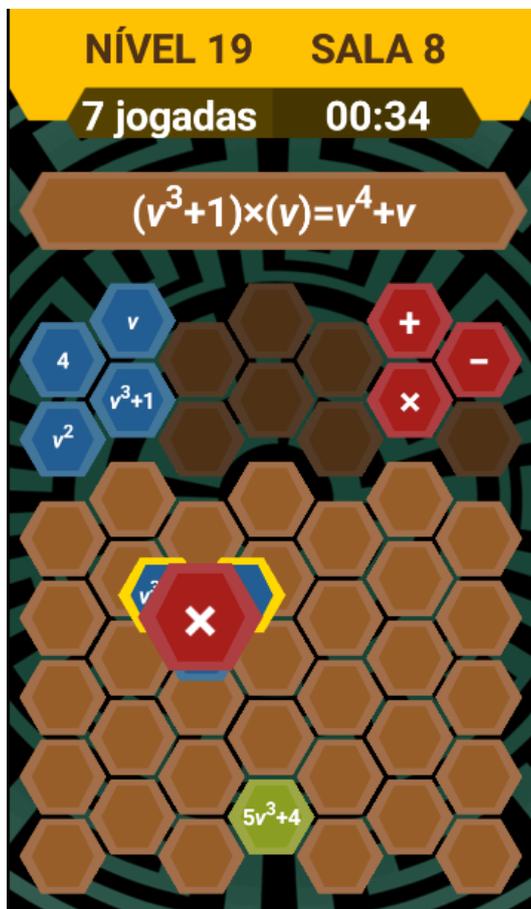


Figura 6.31. A animação correspondente a uma operação com polinómios

Por exemplo, na Figura 6.34, os polinómios $v^3 + 1$ e v estão a ser absorvidos pelo operador multiplicação. Este operador está a realizar o cálculo correspondente e indica explicitamente o cálculo realizado na caixa superior (ver hexágono largo castanho-claro):

$$(v^3 + 1) \times (v) = v^4 + v$$

Ao mesmo tempo, está a aparecer uma nova caixa com o polinómio $v^4 + v$, por baixo do operador multiplicação.

Os resultados destas operações podem ser usados para efetuar novos cálculos, ou podem ser guardados na zona de trabalho para serem usados posteriormente.

Os cálculos não são transmitidos aos alunos através de um texto, como nos manuais escolares, mas através de um processo dinâmico e multimédia. O jogo também obedece ao Princípio da Amplificação da Entrada (Gee, 2003), uma vez que com pequenos movimentos das peças, se realizam, de forma automática, cálculos bastante complexos.

Depois de feita toda a montagem, o jogo verifica se o jogador acertou. Caso o jogador tenha encontrado uma das soluções para o problema apresentado, o nível seguinte desbloqueia-se (ver Figura 6.32). Caso contrário, o jogador terá que combinar as caixas de outra forma, até encontrar uma solução.

Não existem penalizações por uma solução errada, nem se pode “perder” num determinado nível. Esta opção baseia-se em quatro dos princípios de aprendizagem enunciados por Gee: o Princípio da Moratória Psicossocial, que indica que os jogadores podem correr riscos sem recear consequências no mundo real; o Princípio da Prática, que está relacionado com o grande tempo despendido pelo jogador a ganhar prática no jogo; o Princípio da Exploração que defende que o jogador repita o ciclo de colocar, testar, aceitar ou refutar hipóteses até resolver o problema.

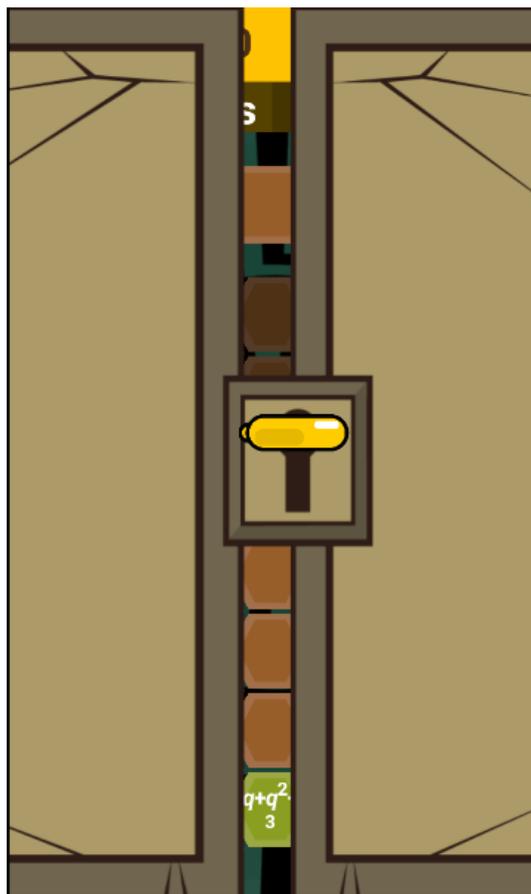


Figura 6.32. Resolver um desafio desbloqueia o nível seguinte

6.5.5. Medalhas

O jogo contempla um sistema de incentivos que consiste na atribuição de diversas medalhas, num total de 20. Estas medalhas premeiam a experiência, a destreza, a velocidade e a perseverança do jogador. Na Tabela 6.6 são descritas as vinte medalhas que o jogador pode receber.

As medalhas estão agrupadas em quatro classes, cada uma associada a um símbolo, que são indicativas da dificuldade em obtê-las. A primeira classe contém as medalhas associadas à resolução de desafios envolvendo a adição,

aos níveis de madeira e às primeiras portas; na segunda classe estão as medalhas associadas à subtração, aos níveis de pedra e a um maior número de portas; a terceira classe é constituída pelas medalhas associadas à multiplicação, aos níveis de metal e a um ainda maior número de portas; finalmente, na última classe encontram-se as medalhas associadas à divisão, a melhorar um resultado obtido anteriormente pelo jogador e a resolver a totalidade dos desafios.

Tabela 6.6. As medalhas do *Tempoly*

Símbolo	Nome	Conquista realizada
	É sempre a somar	Abrir uma porta usando a adição
	Relâmpago	Abrir uma porta usando a adição, em menos de 5 segundos
	Abre Alas	Desbloquear todos os níveis de madeira
	Isto é canja	Abrir 5 portas
	Aventureiro	Abrir 10 portas
	Menos é mais	Abrir uma porta usando a subtração
	Toca e foge	Abrir uma porta usando a subtração, em menos de 5 segundos
	É sempre a abrir	Desbloquear todos os níveis de pedra
	Caçador de tesouros	Abrir 25 portas
	Aspirante a explorador	Abrir 50 portas
	Era uma vez...	Abrir uma porta usando a multiplicação
	Depressa se vai ao longe	Abrir uma porta usando a multiplicação, em menos de 5 segundos
	Chave de ouro	Desbloquear todos os níveis de metal
	Explorador	Abrir 100 portas
	Grande explorador	Abrir 150 portas
	Dividir para reinar	Abrir uma porta usando a divisão
	Mais rápido que a própria sombra	Abrir uma porta usando a divisão, em menos de 5 segundos
	Como um peixe na água	Melhorar um resultado anterior
	Conheço os cantos à casa	Abrir 200 portas
	Guardião do templo	Abrir 250 portas

Os níveis são também apresentados numa escala crescente, que permite ao jogador ver onde se situa em cada momento (ver Figura 6.33).



Figura 6.33. Informação sobre o progresso do jogador

Procura-se assim cumprir o Princípio da Realização, que defende a sinalização das conquistas realizadas pelo jogador através de recompensas, desde o início do jogo e adequadas a cada etapa.

6.5.6. Controlo do utilizador

O *Tempoly* tem música de fundo, baixa, e efeitos sonoros quando são efetuadas as diversas operações matemáticas e quando é atingida ou não a solução do problema.

Cada área do jogo tem uma música diferente, calma, escolhida entre as disponíveis para uso livre no *website* freesounds.org. Os efeitos sonoros foram selecionados no mesmo *website*. A motivação para escolher uma música diferente para cada área prende-se com a variedade que é exigida aos jogos atuais (Perry & DeMaria, 2009), ao contrário de jogos mais antigos que tinham uma única música, que tocava incessantemente de forma repetitiva. No entanto, segundo estes autores, mesmo os jogos que oferecem essa variedade não conseguem atualmente convencer os jogadores a ouvir as músicas do jogo durante horas seguidas:

Many players today prefer to turn off the music in the game, put their own CD or set the music in some online player, and listen to what they like.
(Perry & DeMaria, 2009, p. 502)

Cada uma das músicas escolhidas para o *Tempoly*, quando chega ao fim, reinicia de modo impercetível, mantendo um fluir da música constante, como sugerido por Rogers (2014).

O jogador pode em cada momento, optar se quer ouvir a música e os efeitos sonoros. É ainda possível optar entre a versão em português ou em inglês do *Tempoly*. Por exemplo, na Figura 6.34, o jogador optou por ter música, não ter efeitos sonoros e pela versão em inglês do jogo.



Figura 6.34. Opções do jogo

6.5.7. Modo criativo

Para além do modo de jogo individual, o jogo tem ainda um modo criativo. Este modo de jogo permite a construção de novos níveis, através da escolha do objetivo, das ferramentas e dos polinómios dados. Para isso, o jogador indica quais são os polinómios iniciais, definindo os seus coeficientes, e as operações que podem ser usadas. Para indicar a solução, o jogador necessita de combinar os polinómios que indicou, criando assim um novo polinómio que constituirá o objetivo do desafio (ver Figura 6.35).



Figura 6.35. O modo criativo do jogo

Os níveis criados por um jogador no modo criativo podem posteriormente ser apresentados a outros jogadores, como desafio. A disponibilização deste modo de jogo procura respeitar o Princípio Interno (Gee, 2003), que defende que o jogador não deve ser apenas um consumidor do jogo, mas também um professor e um produtor.

6.6. Testes de usabilidade

A norma ISO 9241-11 (*International Organization for Standardization, 1998*) define usabilidade como

a capacidade que um produto tem de ser usado por utilizadores específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação num contexto específico de uso.

No mesmo documento são especificados os significados dos termos desta definição, como indicado a seguir.

A eficácia define-se como a precisão e o grau de completude com que os utilizadores conseguem alcançar os seus objetivos. A eficácia está deste modo relacionada com a capacidade do produto se comportar da forma esperada pelo utilizador e com a facilidade com que o utilizador consegue que o produto faça o que ele pretende.

A eficiência define-se como a relação entre a precisão e o grau de completude com que os utilizadores alcançam os seus objetivos e os recursos gastos. Deste modo, a eficiência de um produto diz respeito à facilidade e à velocidade com que os utilizadores do produto conseguem atingir os seus objetivos.

A satisfação define-se como a ausência de desconforto e as atitudes positivas do utilizador para com o produto. Assim, a satisfação diz respeito à opinião do utilizador sobre o produto, bem como as suas perceções e sentimentos perante o seu uso.

Rubin e Chisnell (2008) definem usabilidade através de seis fatores. Segundo estes autores, para um produto ser usável, para além da necessidade de ser eficiente, eficaz e satisfatório, conceitos apresentados anteriormente, também tem de ser útil, aprendível e acessível. Estes três conceitos são definidos a seguir.

A utilidade de um produto diz respeito ao grau em que esse produto permite ao utilizador atingir os seus objetivos e à disposição do utilizador em utilizá-lo.

A aprendibilidade está ligada ao nível de competência que o utilizador consegue atingir ao fim de um determinado tempo de uso do produto e à capacidade de um utilizador reaprender a utilizar o produto depois de um período de inatividade.

A acessibilidade diz respeito ao acesso que o utilizador tem ao produto de que necessita para realizar o que pretende.

Os testes de usabilidade realizados pretenderam verificar se o jogo *Tempoly* tinha estas características.

6.6.1. Estudo exploratório

Durante o desenvolvimento do jogo *Tempoly*, este foi sendo testado com alguns alunos em diversos dispositivos, com *écrans* com formato distinto e com capacidades de processamento e memória diversificados, obrigando a certos ajustes, como compressão de imagens e de som, afinações nos tamanhos de letras, de modo a tornar o aspeto do jogo agradável no maior número de dispositivos possível.

6.6.2. Estudo de usabilidade

O estudo realizado sobre a usabilidade do jogo incluiu os seguintes instrumentos de recolha de dados: os dados de utilização do jogo, as tarefas a resolver e um questionário de satisfação (Rubin & Chisnell, 2008; Weiss, 2002).

6.6.2.1. As tarefas

As tarefas entregues aos alunos foram definidas de modo a que fossem abrangentes nas ações requeridas ao jogador. Deste modo, foram selecionadas as seguintes tarefas:

- a) Introduzir um nome de utilizador
- b) Ver a ajuda
- c) Jogar
- d) Alterar as opções do jogo relativas ao som
- e) Propor um desafio no Modo Criativo

6.6.2.2. Questionário de satisfação

O questionário de satisfação (ver Anexo 6) foi elaborado com base no Software Usability Measurement Inventory (Kirakowski, 1996; Macleod et al., 1997) e no Questionnaire for User Interface Satisfaction (Chin et al., 1988) e adaptado para o caso específico deste jogo e para alunos do 9º ano.

6.6.2.3. Os participantes

Os testes de usabilidade foram realizados com 59 alunos, sendo 36 alunos do 3.º Ciclo do Ensino básico e 23 do Ensino Secundário. Estes testes foram realizados com alguns alunos de forma individual, ao longo de vários dias. Foram utilizados para o efeito quatro dispositivos da investigadora, com

diferentes dimensões de écran, para avaliar a usabilidade do jogo em diversos dispositivos.

6.6.2.4. Metodologia

Os testes foram realizados na sala de aula, sendo o papel de observador desempenhado diretamente pela investigadora. Os utilizadores foram os alunos, que jogaram em quatro dispositivos em simultâneo. Os questionários de satisfação foram entregues no final da realização dos testes.

6.6.2.5. Resultados obtidos

Através da análise das reações dos alunos às tarefas propostas, registadas no diário de campo, emergiram algumas necessidades de alteração ao jogo, que contribuíram para melhorar o seu aspeto visual e a sua jogabilidade.

Tarefas

- a) Introduzir um nome de utilizador

Não houve dificuldade na introdução de um nome de utilizador por parte dos alunos. No entanto, devido à brincadeira que o uso de jogos acarreta, alguns alunos introduziram nomes longos demais que dificultavam a visualização no écran. Em particular, o nome mais longo introduzido tinha 86 caracteres aleatórios. Para evitar este problema, os nomes foram posteriormente limitados a 13 caracteres.

b) Ver a ajuda

Não houve dificuldade nesta tarefa e a ajuda disponibilizada pelo jogo foi considerada clara por todos os alunos, não havendo a necessidade de qualquer alteração.

c) Jogar

Os alunos jogaram, durante os testes de usabilidade, um total de 448 desafios, de diferentes níveis de dificuldade. Através da análise do tempo demorado em cada um dos desafios apresentados e dos movimentos necessários para resolver cada um deles, foram realizados ajustes em alguns desafios, que se verificou não terem a dificuldade adequada para o nível em que se encontravam.

A observação dos alunos durante o jogo levou também a que se fizessem algumas modificações relacionadas com o tamanho das letras, uma vez que à medida que os alunos iam construindo polinómios com expressões maiores do que o previsto, estes polinómios deixavam de caber nas caixas respetivas. Deste modo, o tamanho da letra usado na apresentação dos polinómios passou a ser ajustado ao comprimento da expressão do polinómio, sendo maior para polinómios mais curtos e menor para polinómios com mais caracteres.

- d) Alterar as opções do jogo relativas ao som

Os alunos não revelaram dificuldades nesta tarefa. Verificou-se que alguns alunos preferem jogar o *Tempoly* com música e outros sem música.

- e) Propor um desafio no Modo Criativo

A criação de um desafio não apresentou dificuldade para os alunos. À medida que os alunos iam criando desafios, estes eram identificados pelo nome do criador. No entanto, alguns alunos criaram muitos desafios e tornou-se mais difícil de distinguir os níveis criados. Assim, os níveis passaram a ser identificados pelo nome do criador e um número.

Verificou-se ainda que os alunos do 7.º ano usaram mais o modo criativo, uma vez que não tinham ainda nenhuns conhecimentos sobre polinómios.

Questionário de satisfação

As respostas ao questionário de satisfação mostraram que o jogo era do agrado dos alunos e que funcionava sem evidenciar falhas, sendo fácil a interação como o jogo.

- a) Gosto em jogar

Os alunos responderam que gostaram de jogar o jogo (93%), que era divertido (88%), desafiante (90%), que os gráficos eram apelativos (78%), que o jogo era atrativo (95%) e que recomendariam este jogo

aos amigos (90%). Apenas 5% dos alunos referiram que não gostariam de jogar novamente o jogo e 10% que o jogo era frustrante.

b) Falhas no jogo

Os alunos referiram que as peças se mexem sem dificuldade (95%), tendo apenas 3% dos alunos referido que o jogo bloqueou alguma vez e 5% que o jogo às vezes não aceita respostas corretas. Depois de consultar os alunos sobre isso, verificou-se que as respostas que os alunos pensavam que eram corretas não o eram de facto.

c) Facilidade de interação com o jogo

Os alunos afirmaram que era fácil aprender a usar o jogo (86%), que era fácil ler o que estava no ecrã (63%) e que perceberam o que era para fazer no jogo (76%). Apenas 15% referiram que demoraram muito tempo a perceber como se joga e 20 % que era confuso

Os alunos indicaram também por escrito as suas opiniões sobre o jogo. A opinião geral foi a de que o jogo era divertido e que se podia jogar em qualquer momento. Foi ainda referido pelos alunos que o objetivo e as instruções do jogo eram claras. Em termos de dificuldade, foi referido que o jogo era desafiante, mas não demasiado difícil. Os alunos referiram ainda que gostariam de usar este jogo nas aulas e de o instalar nos seus dispositivos móveis.

Capítulo VII

Avaliação do jogo *Tempoly* em contexto educativo

Neste capítulo apresentam-se os resultados obtidos com a introdução do jogo *Tempoly* na sala de aula na aprendizagem das operações com polinómios, lecionada na unidade programática Monómios e Polinómios, dando-se resposta à quarta das questões de investigação: *Quais são os efeitos da utilização do jogo Tempoly na aprendizagem e na satisfação dos alunos?*

Em particular, os resultados descritos neste capítulo dão resposta às seguintes subquestões:

4.1. Quais são as reações dos alunos ao jogo *Tempoly*?

4.2. Quais são os efeitos da utilização do jogo *Tempoly* na aprendizagem das operações com polinómios?

4.3. Qual é o melhor momento para introduzir o *Tempoly* relativamente à unidade programática sobre polinómios do 8.º ano (como introdução à unidade, como consolidação, ou num momento intermédio)?

4.4. Qual é a relação entre o desempenho dos alunos no *Tempoly* e a sua apropriação de conhecimentos através deste jogo?

4.5. Qual é a relação entre a utilização do *Tempoly* e o intervalo de tempo em que este esteve disponível?

O capítulo estrutura-se em duas secções. Na primeira secção descreve-se o estudo piloto realizado e os resultados obtidos nesse estudo. A segunda secção diz respeito ao estudo principal. Esta secção começa com uma descrição do estudo a que se segue a apresentação de resultados relativamente às cinco subquestões de investigação.

7.1. Estudo piloto

Realizou-se um estudo piloto para testar a aplicação do jogo *Tempoly*, os instrumentos de recolha de dados e as reações dos estudantes, em dezembro de 2015, numa turma do 8.º ano, chamada neste estudo de Turma 0. Nesta secção descrevem-se os resultados obtidos com esse estudo piloto.

O estudo piloto foi realizado antes de ser iniciada a unidade programática onde são estudadas as operações com polinómios. Embora a Turma 0 tivesse 25 alunos, 4 não participaram no estudo por terem faltado a aulas onde se realizaram os testes de conhecimentos, isto é, não realizaram o pré-teste ou o pós-teste. Dos alunos que participaram no estudo, 4 eram do género masculino e 17 do género feminino.

A maioria dos alunos costuma jogar no seu dispositivo móvel (86%) e gosta de Matemática (71%).

Antes de ser disponibilizado o jogo, foi aplicado um pré-teste de conhecimentos sobre as operações com polinómios, com dez questões de dificuldade variada (ver Anexo 7). Uma semana depois foi aplicado o pós-teste (ver Anexo 8). Entre os dois testes, os alunos tiveram a oportunidade de jogar o jogo, quer na aula, quer em casa, uma vez que o jogo foi disponibilizado através da plataforma Moodle da escola. Alguns alunos apenas instalaram o jogo em casa, uma vez que não tinham permissão dos pais para levar o *tablet* para a escola.

Constatou-se que os alunos gostaram de utilizar o jogo na aula e que gostariam de repetir a experiência. Além disso, verificou-se que a utilização do jogo contribuiu para a aprendizagem desta unidade programática, mesmo sem nenhuma aula formal sobre o tema.

Os resultados obtidos pelos alunos no pré-teste e pós-teste estão indicados na Tabela 7.1. Cada uma das respostas dos alunos às dez questões do pré-teste e do pós-teste foram classificadas ou como certas (1 ponto) ou como erradas (0 pontos), não havendo cotações parciais. Constatou-se uma evolução nos resultados obtidos, passando a cotação média de 2,9 no pré-teste para 4,2 no pós-teste.

Tabela 7.1. Resultados obtidos nos testes de conhecimentos, na Turma 0 (n=21)

Testes	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Pré-teste	21	2,90	0,995	2	5
Pós-teste	21	4,24	1,513	2	8

Para se verificar a existência de significância estatística nesta evolução, realizou-se o teste *Wilcoxon signed rank sum*, para comparar num grupo dois testes (ver Tabela 7.2).

Tabela 7.2. Os resultados do teste Wilcoxon relativo à diferença entre o pré-teste e o pós-teste, na Turma 0 (n=21)

	N	Média do <i>rank</i>	Soma dos <i>ranks</i>	Z	Significância assintótica
Ranks negativos	1 ^a	3,00	3,00	-3,277 ^d	,001
Ranks positivos	14 ^b	8,36	117,00		
Empates	6 ^c				
Total	21				

a. Pós-teste < Pré-teste

b. Pós-teste > Pré-teste

c. Pós-teste = Pré-teste

d. Baseado nos *ranks* negativos

Verifica-se que há diferenças estatisticamente significativas entre o pré-teste e o pós-teste ($p=0,001$). Este resultado permite concluir do efeito positivo do jogo na aprendizagem das operações aritméticas entre polinómios na Turma 0.

Uma vez que os alunos realizaram ambos os testes de conhecimentos antes da introdução da unidade programática sobre as operações aritméticas com polinómios, estes resultados indicam que a utilização do *Tempoly* contribuiu para a aprendizagem desta unidade programática, mesmo sem nenhuma aula formal sobre o tema.

Embora as operações aritméticas com polinómios não tenham sido estudadas nas aulas, durante o período de utilização do *Tempoly*, alguns alunos conseguiram interiorizar como estas se realizam. De seguida, apresenta-se quatro exemplos dessa interiorização, evidenciando as mudanças de resposta dadas pelos alunos do pré-teste para o pós-teste. Nas Figuras 7.1 e 7.2 são

indicadas as respostas dadas por quatro alunos (A, B, C e D) em duas das questões do pré/pós-teste.

A primeira das questões, apresentada na Figura 7.1, está relacionada com a soma de polinómios de graus diferentes. Ambos os alunos A e B somaram corretamente os termos de grau zero. No entanto, a soma dos restantes termos foi incorretamente realizada pelos alunos, tendo o aluno A somado os expoentes da variável e o aluno B somado os coeficientes da variável, ignorando o facto de os termos em causa não serem semelhantes. No pós-teste, pelo contrário, ambos os alunos já tinham interiorizado como se somam termos de grau diferente.

	Resposta no pré-teste	Resposta no pós-teste
Aluno A	$(k^2 - 2) + (k - 5) = k^3 - 7$	$(p^2 - 3) + (p - 7) = p^2 + p - 10$
Aluno B	$(k^2 - 2) + (k - 5) = 2k + (-7) = 2k - 7$	$(p^2 - 3) + (p - 7) = (p^2 + p) + [-3 + (-7)] = p^2 + p + (-10) = p^2 + p - 10$

Figura 7.1. Exemplos de respostas à questão 5 do pré-teste e pós-teste

A segunda das questões, apresentada na Figura 7.2, diz respeito ao caso notável da diferença de quadrados. Nem o aluno C nem o aluno D conheciam este caso notável e no pré-teste cometeram erros diferentes, embora ambos relacionados com uma confusão entre a adição e a multiplicação. Enquanto o aluno C “corta” termos simétricos em fatores distintos, o aluno D adiciona os termos com o mesmo sinal, também em fatores distintos. Ambos os alunos conseguiram corrigir o seu erro, apresentando a resposta correta na questão análoga do pós-teste.

	Resposta no pré-teste	Resposta no pós-teste
Aluno C	$(x-7)(x+7) = 2x^2$	$(x-6)(x+6) = x^2 - 36$
Aluno D	$(x-7)(x+7) = 2x - 49$	$(x-6)(x+6) = x^2 - 36$

Figura 7.2. Exemplos de respostas à questão 7 do pré-teste e pós-teste

No final do estudo piloto foi também aplicado um questionário de opinião a todos os alunos (ver Anexo 9). Os resultados do questionário de opinião no estudo piloto apresentam-se de seguida, tendo presente três dimensões: motivação, perceções e preferências, segundo o instrumento de Connolly et al. (2009).

a) Motivação

Verificou-se que a experiência de utilização do *Tempoly* na sala de aula foi muito bem-recebida. Os alunos referiram que a aula foi interessante (90%) e que gostaram do jogo (95%), gostando de arrastar os hexágonos (90%). Também assinalaram que quando conseguiam construir a chave, ficavam entusiasmados (80%).

b) Perceções

Quanto à aprendizagem percecionada pelos alunos, estes referiram que o *Tempoly* os ajudou a aprender as operações com polinómios (81%). Esta perceção é confirmada pelo teste *Wilcoxon signed rank sum* referido anteriormente, que apresenta diferenças estatisticamente significativas nos resultados obtidos nos testes.

O jogo também serviu como motivação para o estudo da unidade programática que se iniciou posteriormente, tendo os alunos referido que gostariam de aprender mais sobre polinómios (62%).

Embora o jogo sério, pela sua própria natureza, tenha sempre uma vertente lúdica, os alunos referiram que também iam fazendo cálculos mentais enquanto jogavam (86%).

Os alunos referiram ainda que consideravam que o jogo tinha uma dificuldade média (90%), que era um dos objetivos do *design*, uma vez que esta característica promove o estado de fluxo, caracterizado por Csikszentmihalyi (1992).

c) Preferências

Os alunos referiram que preferiam usar este jogo a realizar outras atividades como, por exemplo, fichas de trabalho (95%) e que gostariam de utilizar novamente jogos na aula de Matemática (90%).

No que diz respeito a características particulares do jogo, os alunos mencionaram que gostaram do aspeto gráfico (81%), do tema do jogo (90%) e que o *Tempoly* mostrasse ao jogador quantas jogadas e quanto tempo estava a usar em cada desafio (81%). Também gostaram do nome das medalhas (71%), do modo criativo (67%) e, em menor grau, da música (59%). Relativamente a esta última característica, os alunos tiveram a oportunidade de desligá-la ou de manter os efeitos sonoros, de que gostaram mais (73%). A ajuda no jogo foi considerada clara (88%).

7.2. O estudo

O estudo de tipo quasi-experimental sobre a utilização do jogo *Tempoly* foi realizado em simultâneo com a leção da unidade programática onde são estudadas as operações com polinómios, em fevereiro de 2016. Conforme descrito na secção 3.1.4, o estudo envolveu 101 alunos de quatro turmas do 8.º ano, sendo 59 do género masculino e 42 do género feminino. No entanto, apenas 95 alunos realizaram o pré-teste e o pós-teste, sendo estes os alunos considerados no estudo.

Antes do início da leção da unidade programática, foi aplicado o pré-teste de conhecimentos sobre operações com polinómios (Anexo 7). Posteriormente foi disponibilizado o jogo *Tempoly*, através da plataforma Moodle da escola, em momentos diferentes, consoante a turma (Tabela 7.3). Ao grupo de controlo não foi disponibilizado o jogo.

Tabela 7.3. Tratamento recebido por turma

Turma (Experimental e Controlo)	Sujeitos (N)	Pré-teste	Início do jogo	Pós-teste	Questionário de opinião
1 (Exp.)	25	5 fev.	5 fev.	26 fev.	26 fev.
2 (Exp.)	17	4 fev.	15 fev.	26 fev.	26 fev.
3 (Exp.)	27	5 fev.	21 fev.	26 fev.	26 fev.
4 (Controlo)	26	3 fev.		25 fev.	

O jogo foi utilizado na sala de aula em dois dias. Nas aulas, alguns alunos jogaram o jogo sozinhos (ver Figura 7.3), mas em geral optaram por jogar em pares.



Figura 7.3. O primeiro dia de jogo

Para além destes momentos de utilização do jogo na sala de aula, os alunos puderam jogar o *Tempoly* nos seus dispositivos móveis, fora da sala de aula, quando assim o desejassem.

Após a segunda utilização do jogo na sala de aula, foi aplicado o pós-teste (Anexo 8) nas quatro turmas. O questionário de opinião (Anexo 10) foi aplicado apenas nas turmas que utilizaram o jogo.

7.2.1. Reações dos alunos

A introdução do jogo *Tempoly* na unidade sobre polinómios foi bem recebida pelos alunos e gerou-se na sala de aula um ambiente mais tranquilo do que na generalidade das aulas. Numa nota do diário de campo pode ler-se o seguinte acerca de uma das aulas onde o jogo foi usado:

Observou-se, de uma maneira geral, uma diminuição de tensões, a nível disciplinar dentro da sala de aulas. Não se verificando a mudança de comportamento habitual aquando do início da aula, tendo os alunos com mais dificuldades no cumprimento de regras, assumido uma postura mais pacífica no desenvolvimento da aula. Pediram para se sentar ao lado dos colegas que os ajudariam a ultrapassar os níveis do jogo. Não se observaram nos alunos com mais dificuldades de comportamento as habituais tentativas de brincadeiras. (Diário de campo)

De seguida apresentam-se os resultados do questionário de opinião aplicado aos alunos. A análise é feita de acordo com as categorias Motivação, Perceções, Preferências e Atitudes, definidas por Connolly et al. (2009), conforme descrito na secção 3.3.3.

7.2.1.1. Motivação

O nível de motivação do aluno em jogar o *Tempoly* foi medido em relação ao nível de interesse pelas aulas onde jogaram, ao gostar de jogar o jogo na sala de aula, às reações do aluno quando conseguia ou não encontrar a chave e ao gostar de arrastar os hexágonos no jogo.

Verificou-se que 90% dos alunos consideraram as aulas interessantes ou muito interessantes, havendo apenas 1% dos alunos que as considerou desinteressantes (ver Figura 7.4).

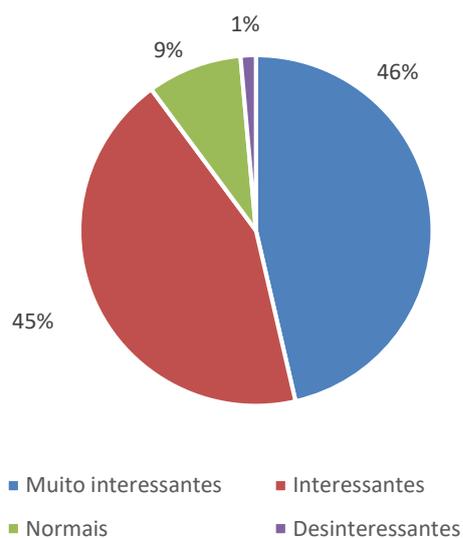


Figura 7.4. Nível de interesse pelas aulas onde foi jogado o *Tempoly* (n=69)

Do mesmo modo, cerca de 90% dos alunos gostaram de jogar o *Tempoly* na sala de aula, havendo novamente 1% dos alunos que não gostou de o fazer, como se pode verificar na Figura 7.5.

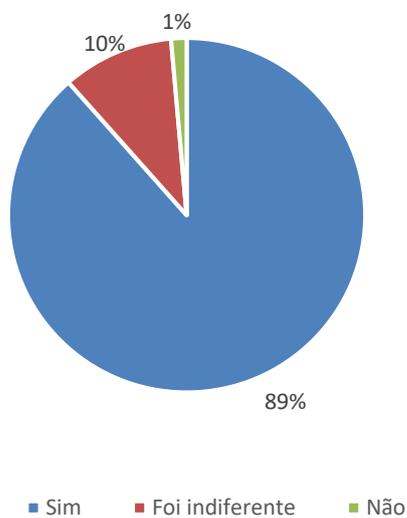


Figura 7.5. Gosto em jogar o *Tempoly* na sala de aula (n=69)

No que diz respeito à reação dos alunos perante o sucesso e o insucesso, isto é, encontrar ou não a chave do problema, as respostas foram diferenciadas. Em relação ao sucesso, 62% dos alunos ficavam entusiasmados quando conseguiam encontrar a chave, sendo que 28% disseram que por vezes isso acontecia, mas apenas 25% afirmaram que ficavam frustrados quando não conseguiam resolver o problema proposto, havendo 52% dos alunos a considerar que isso acontecia às vezes (ver Figura 7.6). Este fenómeno está em sintonia com as respostas anteriores, em que os alunos disseram que gostaram de jogar o *Tempoly* na sala de aula. De facto, o entusiasmo sentido pelos alunos está positivamente correlacionado com o terem gostado das aulas em que foi jogado o *Tempoly* sendo a correlação estatisticamente significativa ($r=0,38$; $p=0,002$).

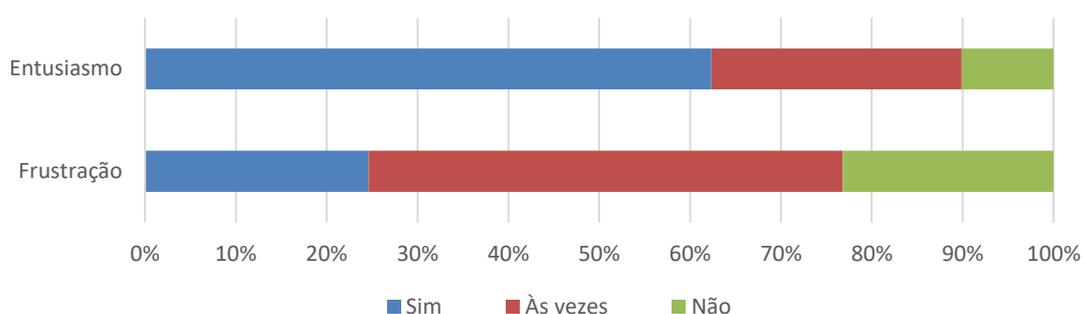


Figura 7.6. Reações do aluno quando conseguia / não conseguia encontrar a chave (n=69)

Em relação à forma de jogar o *Tempoly*, 57% dos alunos afirmaram ter gostado de arrastar os hexágonos, havendo apenas 4% dos alunos a não ter gostado de o fazer, conforme se pode ver na Figura 7.7. Também este resultado está correlacionado com o facto de os alunos terem gostado das aulas ($r=0,43$; $p<0,001$) e com o entusiasmo sentido ao resolver os problemas ($r=0,54$; $p<0,001$).

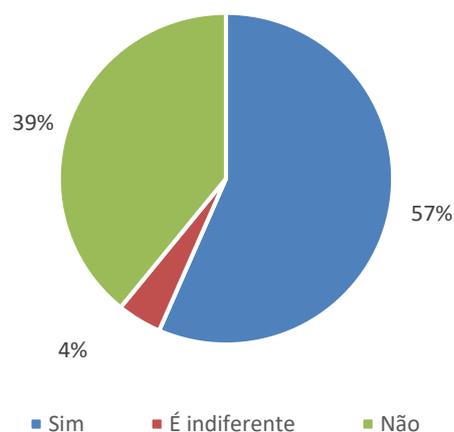


Figura 7.7. Gosto em arrastar os hexágonos (n=69)

A conclusão geral é que os alunos gostaram da experiência de jogar o *Tempoly* na sala de aula, tendo tido mais experiências positivas do que negativas.

7.2.1.2. Perceções

Neste ponto analisa-se como o aluno considera que foi a sua aprendizagem através do jogo, qual foi o seu desempenho, e qual é, para ele, a dificuldade do *Tempoly*.

Na Figura 7.8, pode observar-se que 67% dos alunos consideram que o jogo os ajudou a aprender mais sobre as operações aritméticas com polinómios. Quanto à correção de erros, 38% dos alunos entende que o jogo os auxiliou nesse aspeto, havendo 46% dos alunos que diz que isso talvez tenha acontecido. Esta perceção está correlacionada com o terem gostado das aulas ($r=0,31$; $p=0,008$). Além disso, 48% dos alunos afirmaram que gostariam de aprender mais sobre polinómios e 38% que talvez gostassem. Como era

esperado, isto também está correlacionado com o terem gostado da aula ($r=0,30$; $p=0,009$).

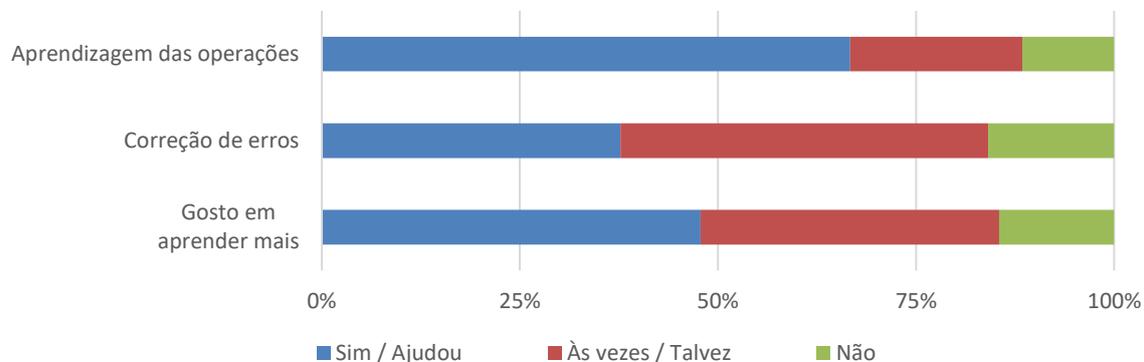


Figura 7.8. A aprendizagem através do jogo (n=69)

Perguntou-se ainda se o que os alunos aprenderam nas aulas foi útil para jogar o *Tempoly*. Na Figura 7.9 é evidenciado que a grande maioria dos alunos (78%) consideraram que isso aconteceu. A correlação entre os alunos considerarem que a aprendizagem na aula foi útil para jogar o *Tempoly* com o terem gostado da aula é também positiva ($r=0,45$; $p<0,001$).

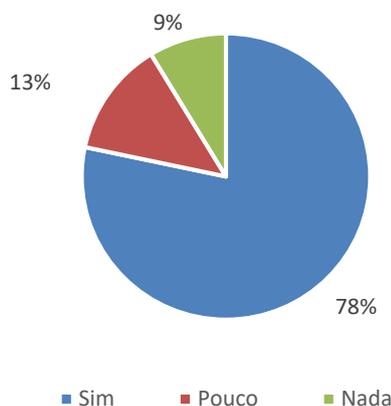


Figura 7.9. Utilidade das aulas no jogo *Tempoly* (n=69)

Na Figura 7.10 pode ver-se, ainda, que os alunos consideraram, na sua maioria (54%), que faziam alguns cálculos mentais durante o jogo, sendo que

19% dos alunos consideraram que faziam muitos e 27% que tinham um papel mais passivo, apenas ficando a ver.

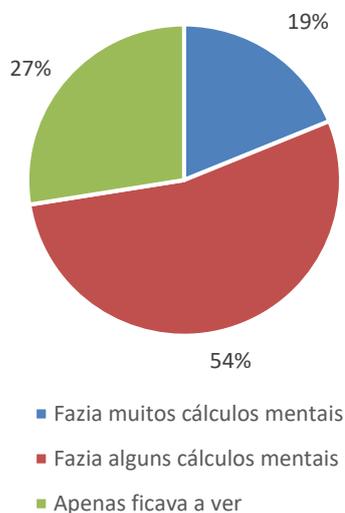


Figura 7.10. Exigência do jogo em termos de cálculos (n=69)

Além disso, 47% dos alunos disseram que tiveram que pensar muito para jogar o jogo, havendo apenas 23% dos alunos que referiram que não (ver Figura 7.11).

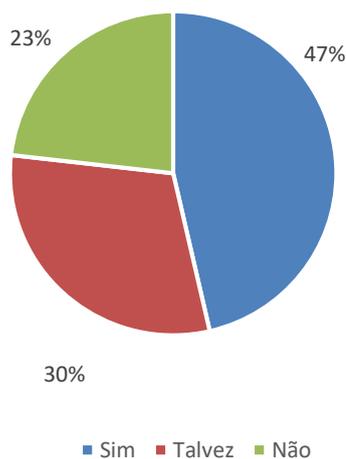


Figura 7.11. Exigência do jogo em termos de reflexão (n=69)

Em relação à dificuldade do jogo, a maior parte dos alunos (64%) considerou que tinha um nível de dificuldade médio (ver Figura 7.12), que era a intenção quando o jogo foi desenhado. Esta dificuldade está correlacionada com o facto de os alunos considerarem que o jogo exige muita reflexão ($r=0,37$; $p=0,003$).

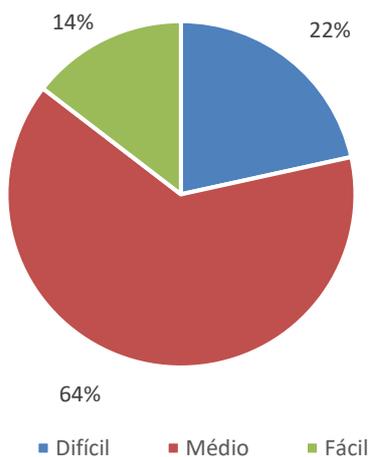


Figura 7.12. Dificuldade do *Tempoly* (n=69)

Em conclusão, os alunos consideraram que o jogo, tendo uma dificuldade adequada, foi útil na sua aprendizagem das operações aritméticas com polinómios, em complemento às aulas sobre esta temática.

7.2.1.3. Preferências

Neste ponto faz-se uma avaliação das preferências do aluno em relação a diversos aspetos do *Tempoly*.

Os alunos indicaram, na sua grande maioria (77%), que preferiram usar o *Tempoly* em comparação com outras formas de trabalho em Matemática (ver Figura 7.13)

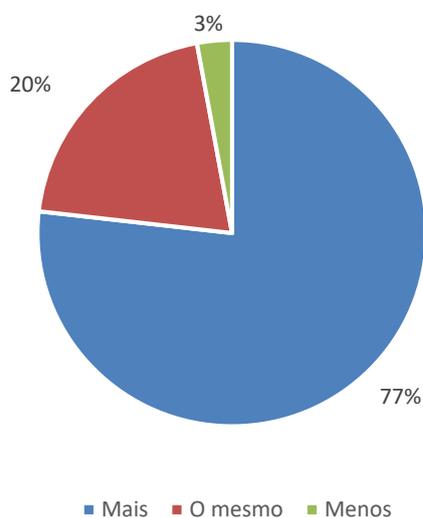


Figura 7.13. Gosta mais de jogar do que outras formas de trabalho (n=69)

Quase a totalidade dos alunos (93%) afirmou que gostaria de usar novamente jogos durante as aulas de Matemática conforme se pode ver na Figura 7.14. A preferência por jogar novamente jogos na aula de Matemática está fortemente correlacionada com o ter gostado de jogar o *Tempoly* na aula ($r=0,52$; $p<0,001$), o entusiasmo sentido ao resolver problemas ($r=0,49$; $p<0,001$), ao considerar que o jogo ajudou a corrigir erros nas operações aritméticas com polinómios ($r=0,33$; $p=0,006$) e que as aulas foram úteis para jogar o *Tempoly* ($r=0,55$; $p<0,001$).

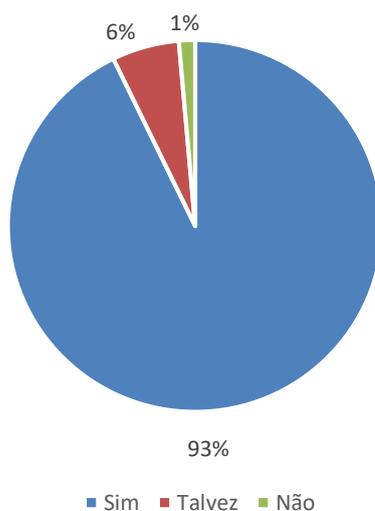


Figura 7.14. Gostaria de usar jogos novamente (n=69)

Na Figura 7.15 pode observar-se que cerca de metade dos alunos gostou que lhe fosse mostrado o número de jogadas realizadas (44%) e o tempo já utilizado em cada desafio (55%), sendo esta informação indiferente para a quase totalidade da outra metade.

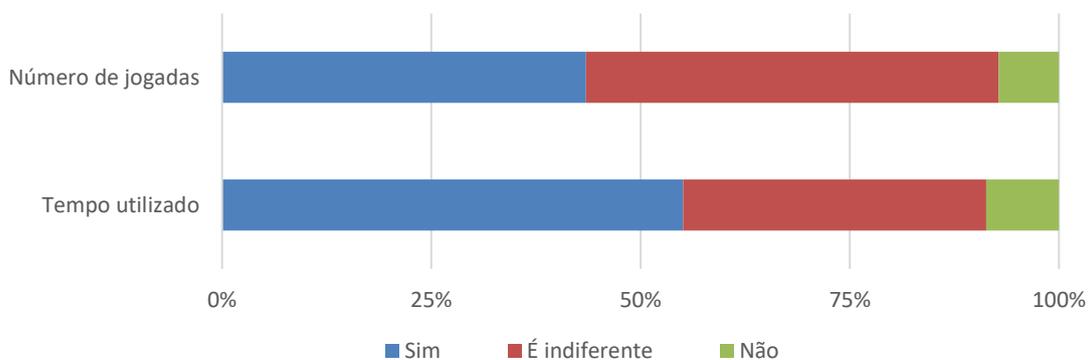


Figura 7.15. Preferência em relação à visualização do número de jogadas e tempo utilizado (n=75)

Outra característica do jogo é a não indicação de uma solução correta quando o aluno não conseguia descobrir a solução de um desafio. A respeito

desta característica, cerca de metade (54%) dos alunos preferia que o jogo mostrasse essa solução, estando 33% dos alunos de acordo com esta característica, conforme se pode observar na Figura 7.16.

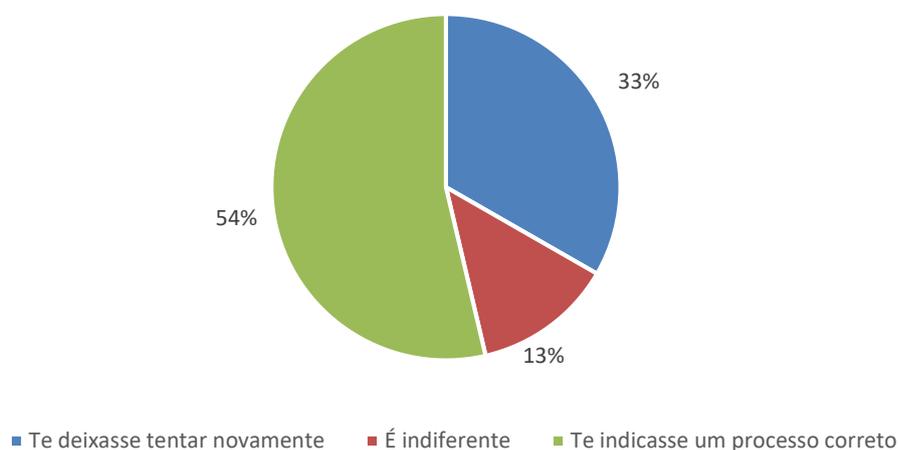


Figura 7.16. Preferência em relação à indicação de uma solução (n=69)

Apenas cerca de metade dos alunos jogaram o *Tempoly* com música (48%) e com efeitos sonoros (49%). Isto poderá ter a ver com o facto de que o jogo foi disponibilizado e jogado durante as aulas, num momento em que os alunos têm o som do seu dispositivo normalmente desligado. No entanto, verificou-se que o entusiasmo ao completar um desafio está correlacionado com o facto de se jogar o *Tempoly* com música ($r=0,33$; $p=0,006$) e com efeitos sonoros ($r=0,39$; $p=0,001$).

Dos alunos que jogaram o *Tempoly* com som, 24% gostou das músicas do jogo e 55% foi-lhes indiferente; quanto às preferências sobre os efeitos sonoros, 53% gostaram e 38% foram indiferentes (conforme está evidenciado na Figura 7.17).

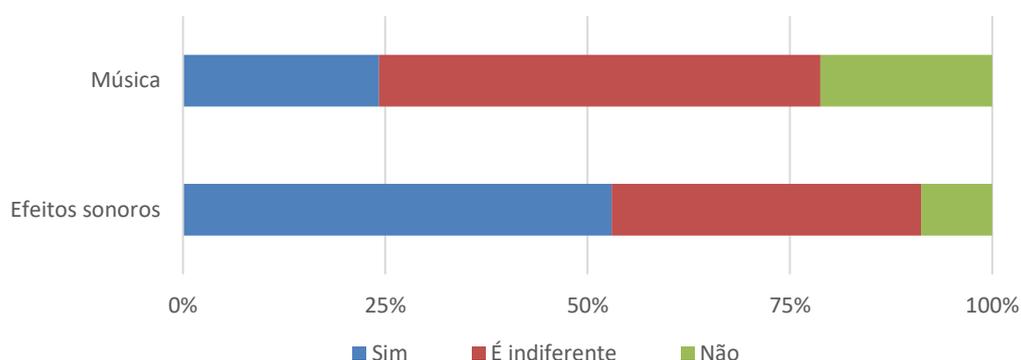


Figura 7.17. Preferências em relação à música (n=33) e aos efeitos sonoros (n=34)

Verificou-se ainda que o modo criativo foi usado por uma minoria dos alunos, conforme se pode verificar na Figura 7.18. De facto, apenas 17% dos alunos criaram um desafio no modo criativo e 20% dos alunos jogaram um nível assim criado. No entanto, dos alunos que utilizaram o modo criativo, a larga maioria (86%) gostou desta característica do jogo.

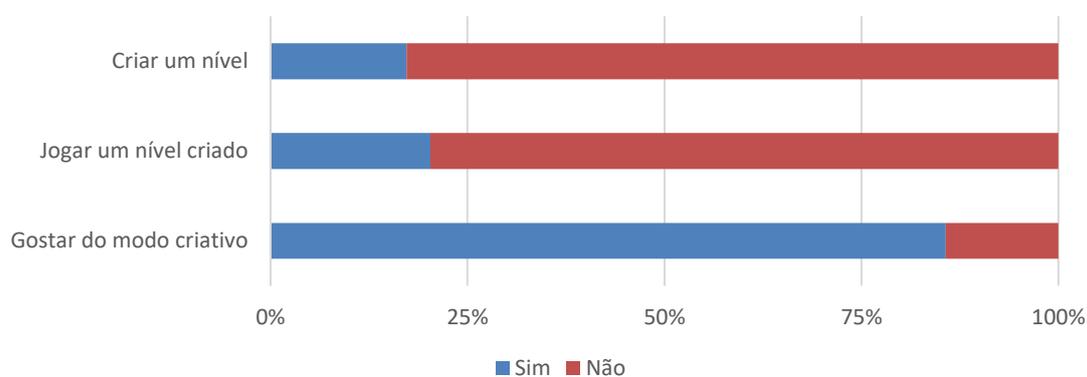


Figura 7.18. Utilização do modo criativo (n=69)

Quanto à ajuda do jogo, também se verificou que foi usada por cerca de metade dos alunos (52%). Destes, 75% consideraram que a ajuda era clara, como se pode observar na Figura 7.19.

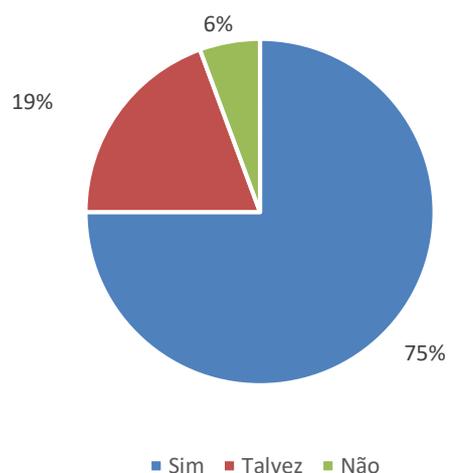


Figura 7.19. Clareza da ajuda (n=36)

Os alunos indicaram ainda as suas preferências em relação a outras características do jogo, como o aspeto gráfico, o tema e o nome das medalhas (ver Figura 7.20).

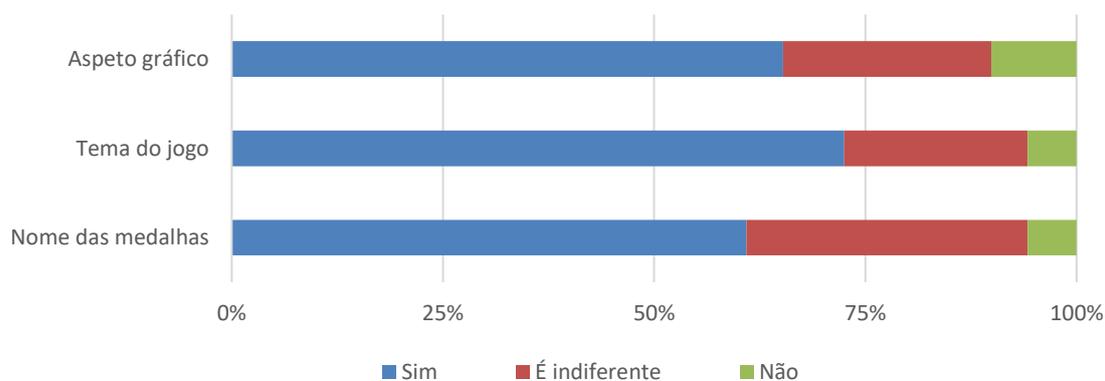


Figura 7.20. Opinião em relação ao aspeto gráfico, tema do jogo e nome das medalhas (n=69)

Conforme é evidenciado na Figura 7.20, verificou-se que a maioria dos alunos gostou destas características, sendo o número de alunos que afirmou que gostava de 65% no caso no aspeto gráfico, 73% em relação ao tema do jogo e 61% relativamente ao nome das medalhas.

Em suma, os alunos na sua generalidade gostaram das diversas características do *Tempoly*, exceto a não indicação de uma solução correta por parte do jogo. Além disso, verificou-se que o som aparenta ser apenas moderadamente relevante numa utilização de jogos móveis em sala de aula, uma vez que grande parte dos alunos não o utiliza.

7.2.1.4. Atitudes

Neste ponto caracterizam-se os alunos em termos de hábitos de jogo em geral e na sala de aula em particular, bem como se gosta de Matemática em geral e desta unidade programática em particular.

Em relação aos hábitos de jogo, verificou-se que 33% dos alunos joga com frequência nos seus dispositivos móveis, enquanto 45% joga algumas vezes (ver Figura 7.21). No entanto, na sala de aula a utilização de jogos sérios é bastante menor. De facto, 80% afirma nunca ter jogado antes na sala de aula.

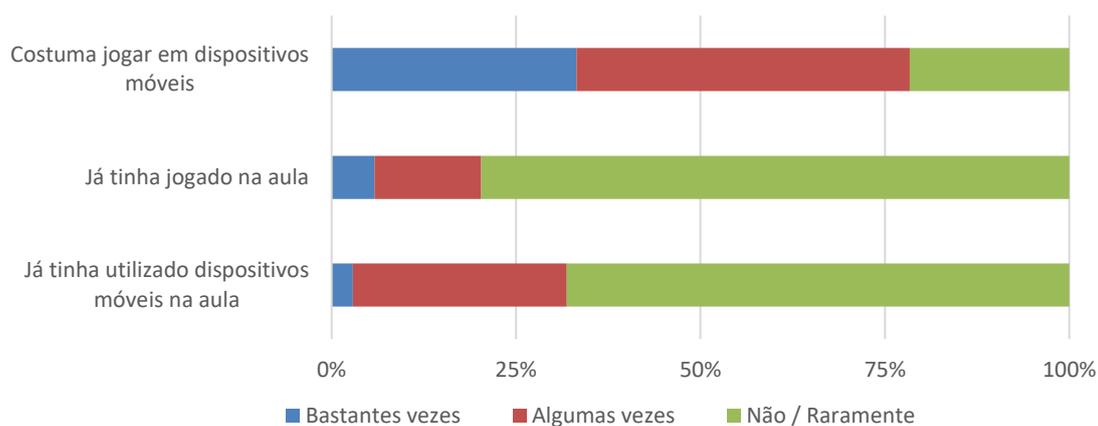


Figura 7.21. Os hábitos de jogo (n=69)

Em relação aos dispositivos móveis a utilização em sala de aula é ligeiramente maior, embora também com pouca frequência, havendo 68% dos alunos a declarar nunca os ter utilizado. Não se verificou uma correlação significativa entre o hábito de jogar jogos móveis e o terem gostado de jogar o *Tempoly* na sala de aula.

No que diz respeito à postura do aluno em relação à Matemática (ver Figura 7.22), verificou-se que cerca de metade gosta da disciplina (55%), havendo um pouco mais de alunos a ter gostado da unidade programática onde foi abordado o tema dos polinómios (62%).

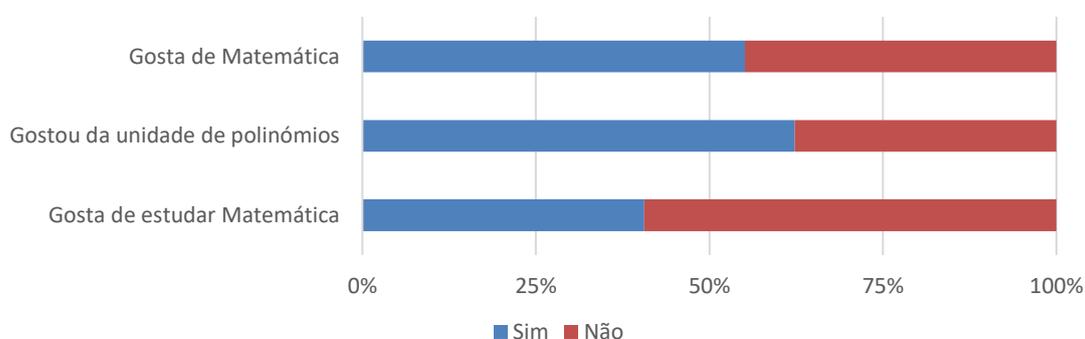


Figura 7.22. O gosto pela Matemática (n=69)

No entanto, quando se trata de estudar, a proporção de alunos que diz gostar de o fazer baixa consideravelmente, sendo apenas de 41% (ver Figura 7.22), o que mostra que alguns alunos rejeitam o esforço necessário à aprendizagem da disciplina.

7.2.2. Aprendizagem dos alunos

Para avaliar os efeitos da utilização do jogo *Tempoly* na aprendizagem das operações com polinómios, compararam-se os resultados obtidos no pré-teste e no pós-teste, nas turmas experimentais e na turma de controlo.

7.2.2.1. Evolução do pré-teste para o pós-teste, por turma

Na Tabela 7.4 verifica-se uma evolução do pré-teste para o pós-teste em todas as turmas. Na Turma 1, a cotação média passou de 2,56 no pré-teste para 5,52 no pós-teste; na Turma 2, a cotação média passou de 2,24 no pré-teste para 4,71 no pós-teste; na Turma 3, a cotação média evoluiu de 2,78 para 5,52; finalmente, na Turma 4, os resultados médios dos alunos passaram de 2,88 para 4,08, sendo a turma com a evolução média menor.

Tabela 7.4. Resultados obtidos nos testes de conhecimentos, nas Turmas 1 a 4

Turma	Testes	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
1	Pré-teste	25	2,56	0,821	1	4
	Pós-teste	25	5,52	2,163	2	9
2	Pré-teste	17	2,24	0,970	1	4
	Pós-teste	17	4,71	1,863	1	8
3	Pré-teste	27	2,78	0,892	1	4
	Pós-teste	27	5,22	2,207	1	9
4	Pré-teste	26	2,88	0,993	1	5
	Pós-teste	26	4,08	1,831	1	8

Em suma, a evolução foi de 2,96 na Turma 1, de 2,47 na Turma 2, de 2,44 na Turma 3 e de 1,20 na Turma 4. Esta evolução é ilustrada na Figura 7.23 em cada uma das quatro turmas, observando-se que nas Turmas 1, 2 e 3, que tiveram aulas sobre as operações aritméticas com polinómios em simultâneo com a utilização do jogo, tiveram uma evolução superior à Turma 4.

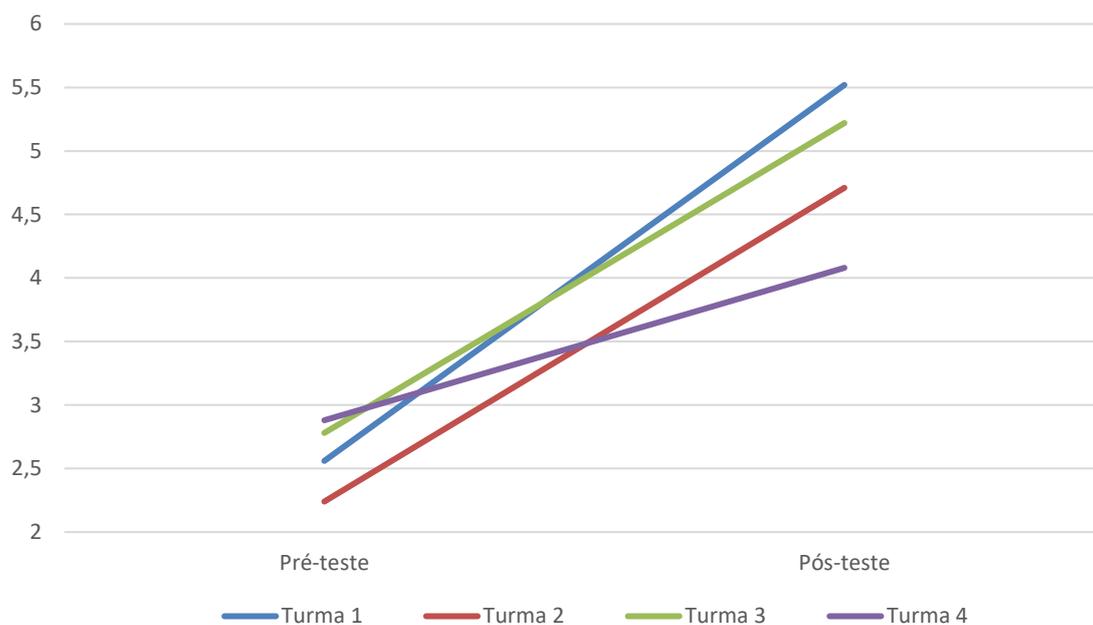


Figura 7.23. Evolução dos resultados nos testes de conhecimentos nas quatro turmas

Para se verificar a existência de significância estatística nesta evolução das quatro turmas, realizou-se o teste *Wilcoxon signed rank sum* para cada uma das turmas. Os resultados deste teste são indicados na Tabela 7.5.

Tabela 7.5. Os resultados do teste de Wilcoxon *signed rank* relativo à diferença entre o pré-teste e o pós-teste, nas Turmas 1 a 4

Turma	Pós-teste - pré-teste	N	Média do <i>rank</i>	Soma dos <i>ranks</i>	Z corrigido	Significância assimpótica
1	<i>Ranks</i> negativos	2 ^a	2,50	5,00	-3,96 ^d	<,001
	<i>Ranks</i> positivos	20 ^b	12,4	248		
	Empates	3 ^c				
	Total	25				
2	<i>Ranks</i> negativos	1 ^a	5,50	5,50	-3,26 ^d	,001
	<i>Ranks</i> positivos	15 ^b	8,70	131		
	Empates	1 ^c				
	Total	17				
3	<i>Ranks</i> negativos	2 ^a	2,5	5,00	-4,27 ^d	<,001
	<i>Ranks</i> positivos	23 ^b	13,9	320		
	Empates	2 ^c				
	Total	27				
4	<i>Ranks</i> negativos	4 ^a	5,38	21,5	-3,16 ^d	,002
	<i>Ranks</i> positivos	16 ^b	11,8	189		
	Empates	6 ^c				
	Total	26				

a. Pós-teste<Pré-teste

b. Pós-teste>Pré-teste

c. Pós-teste=Pré-teste

d. Baseado nos *ranks* negativos

Verificou-se assim que há diferenças estatisticamente significativas entre o pré-teste e o pós-teste, nas quatro turmas (em todos os casos tem-se $p \leq 0,002$). Deste modo pode concluir-se que, em todas as turmas, houve apropriação de conhecimentos relativos às operações aritméticas com polinómios, entre o início e o final do estudo.

7.2.2.2. Efeito da utilização do *Tempoly* na evolução do pré-teste para o pós-teste

Para responder à questão de investigação 4.2., verificou-se se a melhoria dos resultados dos alunos foi diferente entre o grupo de controlo (Turma 4) e as restantes turmas. Uma vez que entre o pré-teste e o pós-teste, as Turmas 1, 2 e 3 tiveram aulas em simultâneo com a utilização do jogo e a Turma 4 apenas teve aulas, sem jogar o *Tempoly*, separaram-se as turmas nestes dois grupos, para verificar se existiam diferenças entre eles, atentando-se na evolução entre os testes.

Na Figura 7.24 é indicada a média das evoluções do pré-teste para o pós-teste nestes grupos. Pode observar-se nesta figura, no período que medeia a aplicação do pré-teste e o pós-teste, nas turmas onde os alunos jogaram o *Tempoly* em simultâneo com as aulas, a média da evolução do pré-teste para o pós-teste foi de 2,64. Por outro lado, na turma onde os alunos apenas tiveram aulas, a média dessa evolução foi de 1,20.

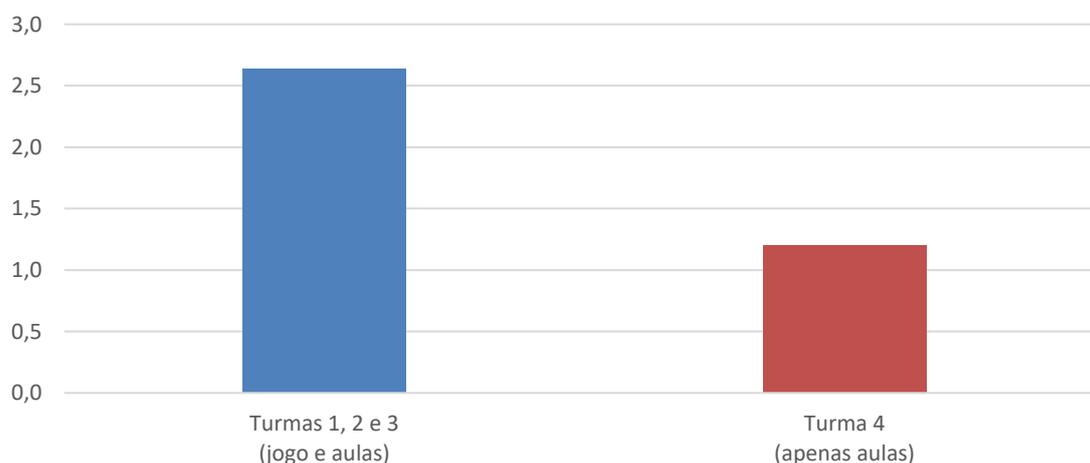


Figura 7.24. Evolução média entre o pré-teste e o pós-teste

O grupo que apresentou uma melhoria de resultados superior foi o grupo formado pelas turmas que jogaram o *Tempoly* em simultâneo com as aulas. O teste de Mann-Whitney revelou, de facto, que esta diferença entre os grupos é significativa ($U=517$; $p=0,001$), dando assim resposta à questão de investigação 4.2, conforme pode ser verificado na Tabela 7.6.

Tabela 7.6. Os resultados do teste Mann-Whitney relativo à evolução nos testes nos dois grupos

Modo	Ranks			Estatísticas				
	N	Média dos ranks	Soma dos ranks	U	W	Z	Sig. Assimp.	Sig. Exata
Jogo e aulas	69	53,51	3692	517	868	-3,22	0,001	0,001
Apenas aulas	26	33,37	868					
Total	95							

O estudo revelou assim que a utilização do *Tempoly* em simultâneo com o estudo da respetiva unidade programática na sala de aula promove a aprendizagem das operações aritméticas com polinómios.

7.2.3. Momento de introdução do jogo

Para se analisar qual seria o melhor momento para introduzir o jogo, compararam-se os resultados obtidos pelas Turmas 1, 2 e 3, que tiveram o

primeiro contacto com o jogo em momentos diferentes da unidade programática, respetivamente, como introdução à unidade, como consolidação, ou num momento intermédio. Os resultados do teste de Kruskal-Wallis aplicado a estas turmas são apresentados na Tabela 7.7.

Tabela 7.7. Os resultados do teste de Kruskal-Wallis relativo à diferença entre os testes, nas Turmas 1, 2 e 3

Grupo	Ranks		Estatísticas		
	N	Média do rank	H corrigido	df	Significância assintótica
Turma 1	25	38,5	1,29	2	,53
Turma 2	17	33,9			
Turma 3	27	32,4			
Total	69				

Nestas turmas, o teste de Kruskal-Wallis não revelou diferenças estatisticamente significativas (H corrigido=1,29; $p=0,53$) pelo que a resposta a esta questão de investigação é inconclusiva, ou seja, não é possível afirmar que um dos três momentos de introdução do jogo na sala de aula seja preferível em relação aos outros dois.

7.2.4. Desempenho dos alunos no jogo

Durante o jogo, o *Tempoly* registou alguns dados de utilização dos jogadores, nomeadamente o número de desafios jogados, o nível máximo atingido, a eficiência do jogador e o tempo total de jogo (ver secção 3.3.6). Embora nas turmas que jogaram o jogo houvesse 69 alunos, foram registados

os dados de 43 dispositivos, uma vez que os restantes apenas jogaram em casa e não levaram dispositivos móveis para as aulas.

Nesta secção analisa-se a relação entre estes dados, que refletem o desempenho dos alunos no jogo, e a melhoria dos resultados obtidos nos testes de conhecimentos.

7.2.4.1. Desafios jogados

Na Tabela 7.8 é indicado o número de desafios jogados pelos alunos. Verificou-se que o número de desafios jogados pelos alunos variou entre 4 e 120, com uma média de cerca de 23 desafios por aluno.

Tabela 7.8. Desafios jogados pelos alunos nos dispositivos móveis (n=43)

N (Dispositivos móveis)	Desafios jogados			
	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
43	22,98	25,776	4	120

Verificou-se que a evolução dos resultados do pré-teste para o pós-teste está positivamente correlacionada, de forma ligeira, com o número de desafios jogados ($r=0,167$; $p=0,214$). Embora esta correlação seja positiva, o valor de p obtido não permite concluir que essa associação seja estatisticamente significativa.

7.2.4.2. Nível máximo atingido

Na Tabela 7.9 é indicado o nível máximo atingido pelos alunos no *Tempoly*. Constatou-se que esse nível variou entre 4 e 25 (que é o nível máximo possível), sendo a média o nível 13.

Tabela 7.9. Nível máximo atingido pelos alunos

N (Dispositivos móveis)	Nível máximo			
	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
43	12,98	5,676	4	25

Verificou-se que a evolução dos resultados do pré-teste para o pós-teste está positivamente correlacionada, de forma ligeira, com o número de desafios jogados atingido ($r=0,178$; $p=0,237$). O valor de p obtido não permite concluir que essa associação seja estatisticamente significativa.

7.2.4.3. Eficiência

Na Tabela 7.10 é indicada a eficiência (isto é, o número de jogadas previstas para os desafios a dividir pelo número de jogadas feitas pelo jogador, em percentagem) atingida pelos alunos no *Tempoly*. Verificou-se que essa eficiência variou entre 25% e 69%, com uma média de 44% (ou seja, em média, os alunos resolveram os desafios em pouco mais de metade das jogadas previstas).

Tabela 7.10. Eficiência dos alunos nos desafios do *Tempoly*

N (Dispositivos móveis)	Eficiência			
	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
43	44,40	13,031	25	69

Não foi verificada uma correlação ($r=0,058$; $p=0,700$) entre a evolução dos resultados do pré-teste para o pós-teste e o número de desafios jogados

7.2.4.4. Tempo de jogo

Na Tabela 7.11 é indicado o tempo total de jogo dos alunos. Verificou-se que o tempo de jogo variou de 3 minutos a mais de 10 horas, sendo a média por aluno ligeiramente superior a meia hora.

Tabela 7.11. Tempo de jogo dos alunos no *Tempoly*

N (Dispositivos móveis)	Tempo de jogo			
	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
43	43	0h 32m	1h 32m	0h 3m

Verificou-se que a evolução dos resultados do pré-teste para o pós-teste está positivamente correlacionada, de forma ligeira, com o tempo de jogo ($r=0,134$; $p=0,373$), mas o valor de p obtido não permite concluir que essa associação seja estatisticamente significativa.

Conclui-se assim, que, para se obter uma resposta mais confiável à questão de investigação 4.4., deveria ser realizado um estudo mais alargado, envolvendo um maior número de alunos.

7.2.5. Frequência de utilização do *Tempoly* por turma

Para analisar a relação entre a utilização do *Tempoly* e o intervalo de tempo em que o jogo esteve disponível, comparou-se o tempo de utilização do *Tempoly* com diversas medidas nos registos do jogo, nomeadamente o número de desafios jogados, o nível máximo atingido, a eficiência e o tempo de jogo.

7.2.5.1. Desafios jogados por turma

Como já referimos o jogo foi introduzido em momentos diferentes em cada uma das três turmas. Na Figura 7.25 está indicada a média do número de desafios que cada aluno jogou, em cada uma das turmas 1, 2 e 3. Verifica-se que a turma onde os alunos jogaram mais desafios foi a Turma 1, onde o jogo esteve disponível durante mais tempo (22 dias), com um número médio de 40,4 desafios, sendo este valor de 19,1 desafios na Turma 2 (12 dias) e de 15,3 desafios na Turma 3 (6 dias). Verificou-se ainda que o número de desafios jogados está positivamente correlacionado com o número de dias de disponibilização do *Tempoly*, sendo a correlação estatisticamente significativa ($r=0,39$; $p=0,006$).

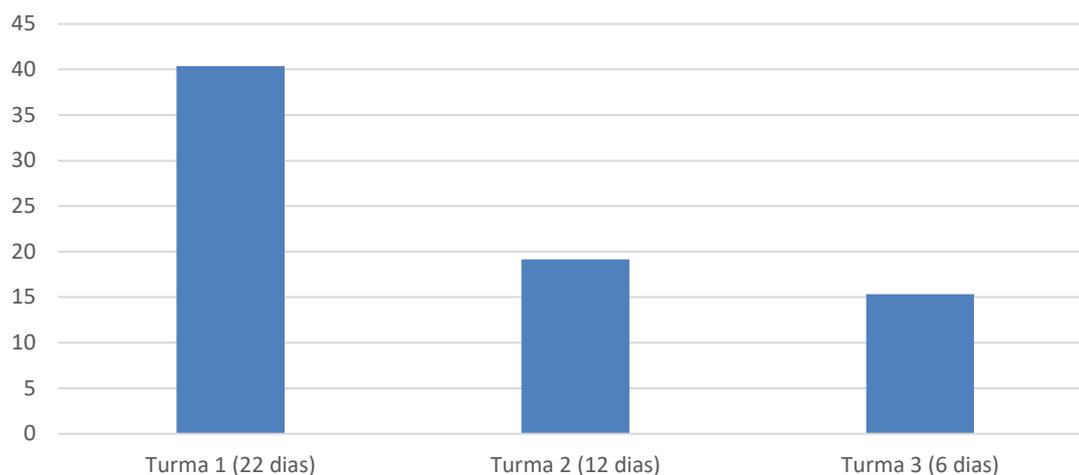


Figura 7.25. Número médio de desafios jogados, por turma

No que diz respeito às restantes três medidas, nomeadamente o nível máximo atingido, a eficiência e o tempo de jogo, embora se tenha verificado uma associação com o intervalo de tempo de disponibilização do jogo, não houve significância estatística nesta relação.

7.2.5.2. Nível máximo atingido por turma

Na Figura 7.26 está indicado a média do nível máximo atingido pelos alunos, em cada turma. Novamente, foi na Turma 1 onde este valor foi mais elevado, 16,4. Nas turmas 2 e 3, o valor foi muito próximo, sendo de 11,2 na Turma 2 e de 12,3 na Turma 3.

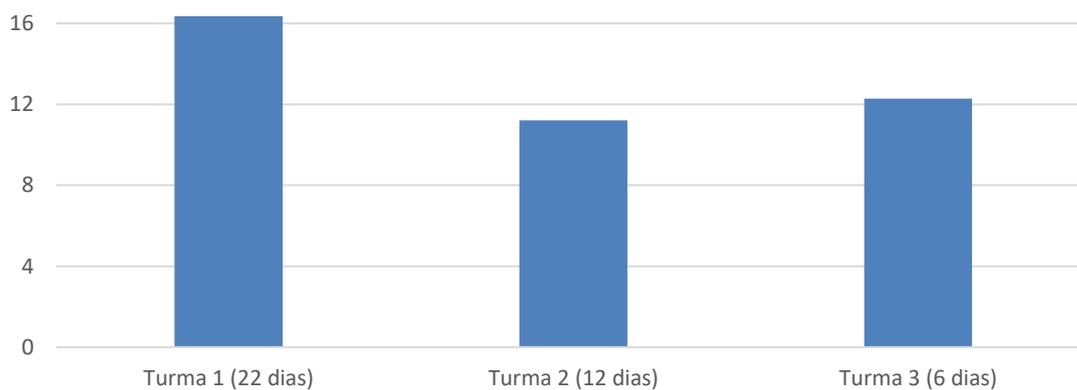


Figura 7.26. Média do nível máximo atingido, por turma

7.2.5.3. Eficiência por turma

No que diz respeito à eficiência do jogador, pode verificar-se na Figura 7.27 que na Turma 1 este valor foi de 51%, sendo mais elevado que nas Turmas 2 e 3, onde os respetivos valores foram 37% e 46%. Deste modo, os alunos da Turma 1 completaram os seus desafios em menos jogadas do que os alunos das outras turmas, ou seja, de forma mais eficiente.

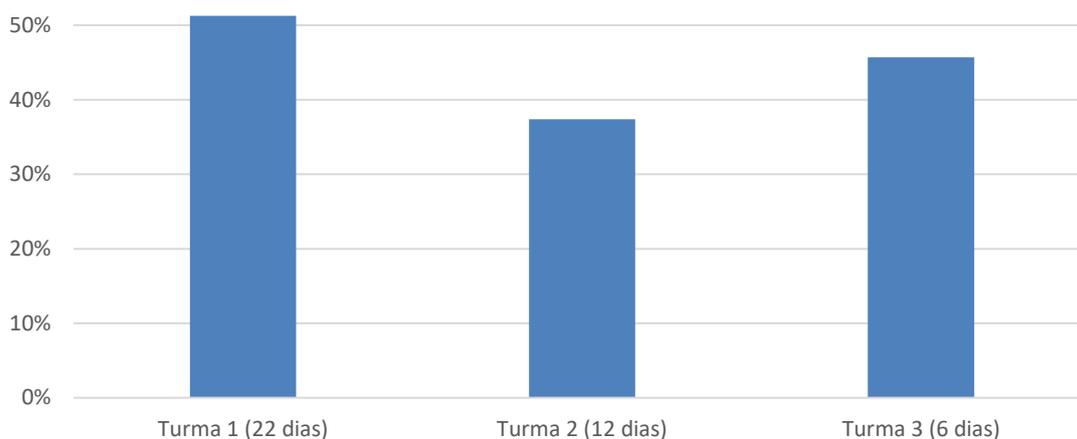


Figura 7.27. Média da eficiência, por turma

7.2.5.4. Tempo de jogo por turma

Na Figura 7.28 verifica-se que o tempo médio de utilização do *Tempoly* foi de 22 minutos na Turma 1, 17 minutos na Turma 2 e 49 minutos na Turma 3. O valor na Turma 3 foi muito superior às outras turmas devido ao facto de ter havido um aluno da Turma 3 que jogou muito (10 horas e 11 minutos) o que fez aumentar substancialmente a média desta turma.

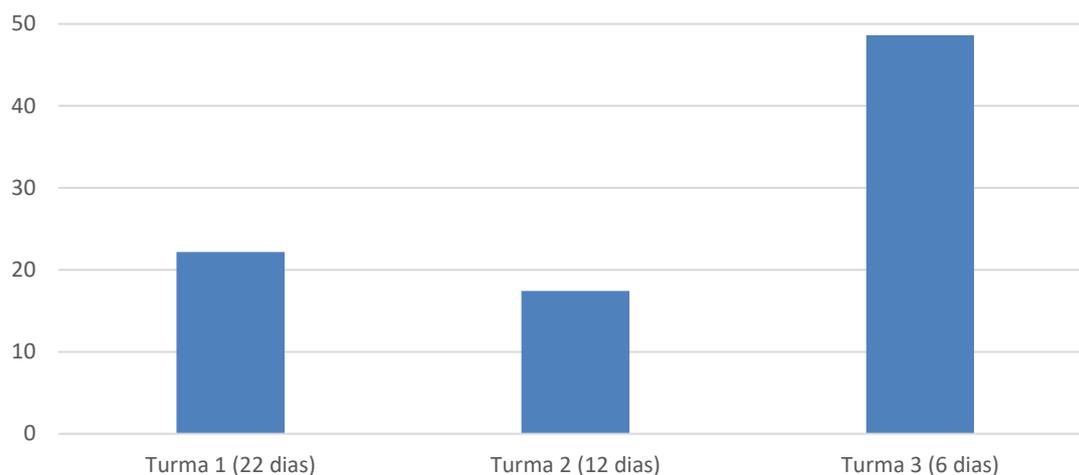


Figura 7.28. Tempo médio de jogo, por turma

Uma vez que a média é uma medida estatística muito sensível a valores extremos, comparámos também as medianas do tempo de utilização do *Tempoly* (ver Figura 7.29).

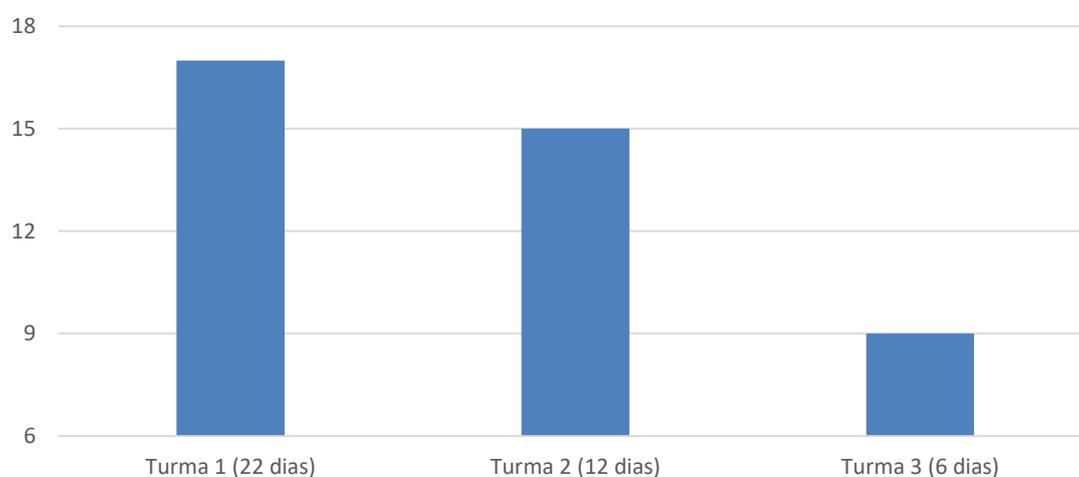


Figura 7.29. Tempo mediano de jogo, por turma

Constatámos que, enquanto na Turma 1 a mediana foi de 17 minutos, na Turma 2 foi de 15 minutos e na Turma 3 foi de 9 minutos. Verificou-se assim que a mediana do tempo de utilização do *Tempoly* foi maior na turma que teve o jogo

durante mais tempo e menor na turma que teve o jogo durante menos tempo, o que indica que os alunos foram jogando o jogo ao longo do tempo e não apenas quando receberam o jogo.

Capítulo VIII

Conclusão

Neste último capítulo da tese é feita uma breve descrição do estudo realizado, apresentando-se as principais conclusões desta investigação, procurando dar resposta às questões de investigação propostas inicialmente. Na secção seguinte são descritas as limitações do estudo realizado. Na terceira secção são apresentadas algumas recomendações para o desenvolvimento de jogos sérios para dispositivos móveis, baseadas na experiência adquirida como desenvolvimento e disponibilização do *Tempoly* na sala de aula. Na quarta secção apresentam-se sugestões para estudos futuros. Na última secção são feitas algumas reflexões finais.

8.1. Descrição do estudo

Nesta tese descreveu-se a investigação que culminou na integração em sala de aula do jogo sério *Tempoly*, desenhado para a aprendizagem das quatro operações aritméticas com polinómios. Esta investigação passou por diversas fases que vamos sintetizar.

8.1.1. Jogos mais jogados

A primeira fase diz respeito à primeira questão de investigação: *Quais são os jogos mais jogados em dispositivos móveis pelos alunos do 3.º Ciclo do Ensino Básico e quais são as suas características?* Começou-se por inquirir os alunos do 3.º Ciclo do Ensino Básico para analisar os seus hábitos de jogo e as

suas preferências no que diz respeito a jogos móveis, tendo-se desenvolvido um questionário. Neste estudo, concluiu-se que os alunos (n=298) jogam habitualmente nos seus dispositivos móveis (84%), com maior frequência entre os rapazes (91%) do que entre as raparigas (77%). Verificou-se que os alunos mais novos jogam mais do que os mais velhos ($r=-0,234$), mas quando se trata de jogos com outros jogadores na Internet, acontece o contrário ($r=0,176$). Foram identificados os jogos mais jogados pelos alunos em diversos tipos de plataformas, nomeadamente *laptops*, consolas, *tablets* e *smartphones* e concluiu-se que estes foram os jogos *Bad Piggies*, *Call of Duty*, *Crossfire*, *FIFA*, *Fruit Ninja*, *Grand Theft Auto*, *Hill Climb Racing*, *Jetpack Joyride*, *Little Big Planet*, *Minecraft*, *Pro Evolution Soccer*, *Puzzle Bobble*, *Stardolls*, *Subway Surfers* e *The Sims*.

O estudo revelou que os jogos preferidos pelos alunos têm dificuldade moderada (2,98 numa escala de 1 a 5), tendo os rapazes preferência por jogos mais difíceis (3,39) do que as raparigas (2,45). Estes resultados estão em linha com os relatados por Juul (2005), que mostrou que os jogadores preferem jogos que não sejam demasiado fáceis nem demasiado difíceis. Se por um lado, os jogadores têm como objetivo principal alcançar o sucesso nos jogos, por outro lado, não querem que este sucesso ocorra sem esforço, e sem estar acompanhado de uma dose suficiente de insucessos que, no seu conjunto, tornem o jogo mais interessante.

Verificou-se ainda que os alunos têm preferência por jogos que promovem o estado de fluxo (apelar a jogar várias vezes (4,08), fazer perder a noção do tempo (4,00), promover o envolvimento no jogo (3,85), com os quais é fácil interagir (ter controlos fáceis de usar (3,96), ser fácil começar a jogar (3,85) que são desafiantes (3,93) e com interações rápidas (3,93). Observou-se ainda que os rapazes têm uma maior preferência por jogos competitivos ($r=0,452$), desafiantes ($r=0,431$), agressivos ($r=0,429$), que exigem uma colaboração com

outros jogadores ($r=0,359$), que apelam a estratégia por parte do jogador ($r=0,306$) e exigem respostas imediatas ($r=0,303$).

8.1.2. Análise dos jogos

De seguida, foram analisados os jogos mais jogados pelos alunos em diversas plataformas móveis para responder à segunda questão de investigação: *Que princípios de aprendizagem estão integrados nos jogos mais jogados pelos alunos?* Concluiu-se que estes jogos têm poucas instruções diretas, sendo a aprendizagem do jogo feita nos níveis iniciais, mas por vezes têm tutoriais sobre a mecânica do jogo. Em geral, os jogos estão decompostos em níveis ou missões, embora alguns jogos não tenham objetivos definidos, sendo as missões criadas pelo próprio jogador. Geralmente, os jogos iniciam-se com um *feedback* suave, que vai aumentando progressivamente. Alguns jogos permitem configurar aspetos do *feedback* como a qualidade gráfica, os efeitos sonoros e efeitos visuais. Os sistemas de pontuação dos jogos são variados, mas em geral premeiam a velocidade e a destreza do jogo. Todos os jogos analisados podem ser jogados no modo *single player*, embora alguns possam também ser jogados no modo *multiplayer*.

Estes jogos foram analisados com vista a perceber quais dos 36 princípios de aprendizagem de Gee (2003) estavam incorporados no seu *design*, dado estes princípios terem sido identificados em jogos de longa duração em computador ou em consolas. Verificou-se que alguns dos princípios, como o Princípio da Aprendizagem Ativa e Crítica, o Princípio do Design, o Princípio da Semiótica, o Princípio dos Domínios Semióticos, o Princípio do Pensamento Meta-nível sobre os Domínios Semióticos, o Princípio da Moratória Psicossocial, o Princípio do Compromisso com a Aprendizagem, o Princípio do Autoconhecimento, o Princípio da Amplificação da Entrada, o Princípio da

Realização, o Princípio da Prática, o Princípio da Aprendizagem Contínua, o Princípio do Regime de Competência, o Princípio da Exploração, o Princípio dos Caminhos Múltiplos, o Princípio do Significado Situado, o Princípio do Texto, o Princípio Intertextual, o Princípio Multimodal, o Princípio do Conhecimento Intuitivo, o Princípio do Subconjunto, o Princípio Incremental, o Princípio das Competências Básicas Ascendentes, o Princípio da Descoberta, o Princípio da Transferência, o Princípio da Dispersão e o Princípio do Grupo de Afinidade. estão presentes na generalidade dos jogos, enquanto outros, como o Princípio da Identidade, o Princípio da Amostra Concentrada, o Princípio dos Modelos Culturais sobre o Mundo, o Princípio dos Modelos Culturais sobre a Aprendizagem e o Princípio dos Modelos Culturais sobre os Domínios Semióticos, apenas aparecem nos jogos mais complexos.

8.1.3. O jogo sério *Tempoly*

A fase seguinte da investigação diz respeito à terceira questão de investigação: *Como aplicar esses princípios de aprendizagem num jogo sério para o ensino da Matemática em dispositivos móveis?* A informação recolhida através da análise dos jogos mais jogados pelos alunos esteve na base da especificação da mecânica e das diversas características do *Tempoly*, que foram pensadas de modo a incorporar os princípios de aprendizagem mais relevantes para a aprendizagem da Matemática. O jogo foi desenvolvido a partir destas especificações, resultando num jogo do tipo *puzzle*, controlado de forma tátil, que envolve a manipulação de polinómios e operações aritméticas, com o objetivo de criar um polinómio específico. Foram realizados testes de usabilidade que contribuíram para melhorar a qualidade do jogo no que se reporta à eficácia, eficiência e satisfação dos jogadores.

8.1.4. Efeitos no jogo em contexto educativo

A fase final da investigação diz respeito à quarta questão de investigação: *Quais são os efeitos da utilização do jogo Tempoly na aprendizagem e na satisfação dos alunos?*

8.1.4.1. Reações dos alunos

Foi realizado um inquérito por questionário aos alunos para responder à questão de investigação: *Quais são as reações dos alunos ao jogo Tempoly?* A introdução do *Tempoly* na sala de aula foi bem-recebida pelos alunos, criando-se um bom ambiente de aprendizagem. Em geral, os alunos gostaram de jogar o *Tempoly* (90%), consideraram as aulas interessantes (90%) e referiram que o jogo promoveu a sua aprendizagem sobre as operações aritméticas com polinómios (66%), em conjugação com o que aprenderam nas aulas sobre esta temática (79%), o que está de acordo com os resultados revelados pelos testes de conhecimentos realizados neste estudo. Os alunos consideraram também que, durante as aulas de utilização do jogo, foram fazendo cálculos mentais (54%) e pensando na resolução dos vários desafios (46%), que, para eles, tinham uma dificuldade média (64%).

Em geral, os alunos gostaram das diversas características do *Tempoly*, como o aspeto gráfico (66%), o tema do jogo (72%) e o nome das medalhas (61%), embora tenham usado pouco a música (48%) e os efeitos sonoros (49%) na sala de aula, mantendo os dispositivos em silêncio.

A maioria dos alunos (93%) referiu que gostaria de usar novamente jogos digitais durante as aulas de Matemática. De modo semelhante, num estudo recente (Poll, 2015) concluiu-se que cerca de dois terços (66%) dos alunos dos

2º. e 3º. Ciclos do Ensino Básico e 54% dos alunos do Ensino Secundário gostariam de usar mais dispositivos móveis na sala de aula, considerando 81% dos alunos que os *tablets* ajudam-nos a ter um melhor desempenho na sala de aula.

8.1.4.2. Aprendizagem dos alunos

Foi realizado um estudo *quasi-experimental* com vista a estudar o contributo da introdução do jogo *Tempoly* na sala de aula, para as aprendizagens da Matemática e dar resposta à questão de investigação: *Quais são os efeitos da utilização do jogo Tempoly na aprendizagem das operações com polinómios?* Concluiu-se, com este estudo, que o *Tempoly* promovia a aprendizagem das quatro operações aritméticas com polinómios, tendo tido efeitos positivos no conhecimento dos alunos em todas as turmas que utilizaram o jogo, com um aumento médio por turma das respostas corretas do pré-teste para o pós-teste entre 2,16 e 2,96.

Além disso, verificou-se que a utilização do jogo era mais benéfica para a aprendizagem da Matemática quando esta era conjugada com as aulas sobre o tema subjacente ao jogo. De facto, o papel do professor na aprendizagem baseada em jogos é essencial (Molin, 2017). Mesmo quando os resultados do aluno no jogo indiciam que a aprendizagem está a decorrer, é da maior importância a consolidação pelo professor dos conhecimentos adquiridos pelo aluno com o apoio do jogo (recorde-se o perigo, relatado por Erlwanger (1973), da diminuição do papel do professor deixando a responsabilidade da conceptualização dos conhecimentos e da avaliação para os procedimentos automatizados).

8.1.4.3. Momento de introdução do jogo

O jogo *Tempoly* foi introduzido em contexto educativo em momentos diferentes consoante a turma para responder à questão de investigação: *Qual é o melhor momento para introduzir o Tempoly relativamente à unidade programática sobre polinómios do 8.º ano (como introdução à unidade, como consolidação, ou num momento intermédio)?* Numa turma o jogo foi introduzido no início do estudo da unidade programática sobre polinómios, noutra a meio dessa unidade e na terceira turma o jogo foi disponibilizado apenas no final da unidade. Foram comparadas as diferenças entre os resultados obtidos no pré-teste e no pós-teste, mas não se verificou uma diferença estatisticamente significativa entre as três turmas.

8.1.4.4. Desempenho dos alunos no jogo

Ao longo da utilização do *Tempoly*, o jogo recolheu informação sobre o desempenho dos alunos no jogo, nomeadamente o número de desafios jogados, o nível máximo atingido, a eficiência do jogador e o tempo total de jogo, para responder à questão de investigação: *Qual é a relação entre o desempenho dos alunos no Tempoly e a sua apropriação de conhecimentos através deste jogo?* Estes dados foram comparados com a melhoria dos resultados obtidos nos testes de conhecimentos, mas não se verificou uma relação estatisticamente significativa entre o desempenho dos alunos no jogo e a melhoria de resultados.

8.1.4.5. Frequência de utilização do *Tempoly*

Os dados de utilização recolhidos foram também comparados com o intervalo de tempo em que o jogo esteve disponível para os alunos para responder à questão de investigação: *Qual é a relação entre a utilização do Tempoly e o intervalo de tempo em que este esteve disponível?* Verificou-se que o número de dias de disponibilização do *Tempoly* está positivamente correlacionado com o número de desafios jogados pelos alunos ($r=0,39$), mas não se verificou uma correlação estatisticamente significativa entre esse número de dias e o nível máximo atingido, a eficiência ou o tempo de jogo.

8.2. Limitações do estudo

Como foi referido anteriormente, o *Tempoly* foi desenvolvido para o sistema operativo *Android*, por ser o mais comum entre os alunos. No entanto, nem todos os alunos dispunham de dispositivos móveis, e entre os que os possuíam, nem todos tinham este sistema operativo. Deste modo, nem todos os alunos tiveram a oportunidade de jogar o jogo em casa. Durante as aulas, este problema de equidade foi minimizado, uma vez que os alunos jogaram, em muitos casos, a pares, permitindo a experimentação do jogo por todos os alunos. No entanto, uma vez que as condições de utilização não foram exatamente as mesmas por todos os alunos, poderá haver alguma limitação nas conclusões que se podem retirar.

Outra limitação do estudo está relacionada com o facto da investigadora ser simultaneamente docente das turmas participantes no estudo. Deste modo, as reações dos alunos à participação no estudo, quer nas turmas que jogaram o

Tempoly, quer na turma que não o jogou, poderão ter sido influenciadas por esta simultaneidade de papéis.

Outro fator que poderá ter influenciado os resultados dos alunos é o fator novidade. De facto, a maioria dos alunos nunca tinha jogado jogos digitais na sala de aula e o entusiasmo decorrente dessa novidade poderá ter promovido uma maior motivação dos alunos na realização das atividades propostas. No entanto, como refere Ennemoser (2009), este efeito novidade, por ser potenciador das aprendizagens, deve ser aproveitado e utilizado com esse propósito. Deste modo, numa utilização mais regular de jogos na sala de aula, devem ser feitas alterações ao modo de utilização que promovam esse efeito novidade.

8.3. Recomendações para o desenvolvimento de jogos sérios para dispositivos móveis

O desenvolvimento de jogos sérios para dispositivos móveis oferece bastantes dificuldades (Bidarra et al., 2014). As conclusões obtidas nas diversas fases da investigação permitiram elaborar um conjunto de recomendações relativas ao desenvolvimento destes jogos. Em particular, foram tidos em conta os resultados da aprendizagem dos alunos e as reações dos alunos ao jogo utilizado em contexto escolar. De seguida, apresentam-se essas recomendações.

Sistema operativo

A diversidade de dispositivos móveis existentes no mercado implica que as aplicações desenvolvidas não funcionarão em todos os dispositivos dos

alunos. Nos últimos anos, o sistema operativo *Android* tem-se mantido com uma quota de mercado superior a 80%, o que o torna uma escolha natural para o desenvolvimento de uma aplicação interativa que chegue ao maior número possível de jogadores.

Além disso, é necessário ter em conta que uma aplicação desenvolvida para o sistema operativo *Android* geralmente não funciona em todos os dispositivos com este sistema operativo. Atualmente, 99,3% dos dispositivos têm instalado a versão 4.1 ou superior, pelo que será aconselhável desenvolver uma aplicação que corra nestas versões.

Para conseguir que o jogo esteja disponível para um maior número de jogadores, é importante ainda desenvolver o jogo para outros sistemas operativos, como o iOS, também bastante popular no nosso país.

Equipa de desenvolvimento

O diálogo entre a equipa que desenhar o jogo, a equipa de programadores e os *designers* gráficos é de extrema importância no desenvolvimento do jogo. Deve ficar claro desde o início o que se pretende com o jogo, uma vez que a meio do processo de desenvolvimento da aplicação é muito mais difícil compatibilizar visões diferentes. Esta tarefa será facilitada se a equipa de programação tiver conhecimentos sobre os conteúdos científicos do jogo. Se o programador não perceber o que se pretende ensinar, e o desenvolvimento começar a ser feito numa direção diferente da prevista pelo *designer*, desvirtuar-se-á todo o *design* do jogo na sua vertente pedagógica, prevalecendo apenas o carácter lúdico do jogo, o que não contribuirá para a melhoria das aprendizagens dos alunos.

No entanto, é importante ter em conta que o desenvolvimento da aplicação implica frequentemente alterações ao projeto original. O jogo deve ser

jogado (e, portanto, deve ser jogável) desde as primeiras versões, para se poder fazer atempadamente ajustes. Perto da versão final, o jogo deve ser também disponibilizado a um grupo de teste, que fornecerá uma visão essencial e necessariamente diferente, própria de quem não conhece o jogo. A opinião de quem joga bastante e de quem não joga ou apenas joga ocasionalmente é igualmente importante.

Elementos motivacionais

O jogo deve ser recompensador para o jogador, de modo a que este se mantenha interessado nas atividades propostas pelo jogo. Estas recompensas podem tomar diversas formas, como medalhas, recordes, sons de incentivo, efeitos visuais, etc. Além disso, o jogo deve ter a dificuldade adequada ao público-alvo, ou ter uma dificuldade configurável, não se tornando demasiado fácil nem demasiado difícil, o que em ambos os casos torna o jogo desinteressante.

Uma forma adequada de conseguir isto é ter, ao longo do jogo, um nível crescente de dificuldade, mantendo continuamente o jogador interessado. Os primeiros níveis são essenciais para a aprendizagem do jogo e devem ser bastante fáceis, de maneira a prender a atenção do jogador. Em contexto escolar, esta recomendação ganha importância porque o tempo de jogo na aula é geralmente curto e o aluno só jogará em casa se tiver tido uma primeira impressão positiva na aula.

Ritmo de jogo

Os jogadores gostam de um ritmo rápido de jogo e não gostam de esperar enquanto o dispositivo está a carregar dados. É assim aconselhável que os

momentos de pausa, como por exemplo, quando se passa de um nível de jogo para o seguinte, sejam reduzidos a uma duração mínima.

Elementos gráficos

A parte gráfica do jogo é muito importante para motivar o jogador a jogar o jogo. Para além de tornar o jogo mais apelativo, os elementos gráficos devem estar em sintonia com os outros elementos do jogo, tornando a aprendizagem do jogo mais fácil e natural. Embora o jogo deva ter elementos de ajuda, como por exemplo, um tutorial, na prática muitos jogadores não o veem, pelo que a aprendizagem do jogo deverá ser feita à medida que se joga. Neste sentido, elementos gráficos bem integrados no jogo contribuirão para o estabelecimento do estado de fluxo.

Som

O som é outro elemento do jogo que contribui para a motivação do jogador. No entanto, em contexto de sala de aula, muitos alunos mantêm os seus dispositivos em modo silencioso e não utilizam os efeitos sonoros. Assim, se a intenção do professor for a de disponibilizar o jogo na sala de aula, a sua jogabilidade não deverá estar completamente dependente da presença desses efeitos sonoros.

Rede

Uma das características dos dispositivos móveis é a sua capacidade de ligação à rede, que poderá ser uma mais-valia para a utilização de um jogo móvel. No entanto, na sala de aula, por vezes não há rede disponível exceto a que implica o uso de dados móveis nos dispositivos dos alunos. Deste modo, no

desenvolvimento do jogo móvel deve-se prever a possibilidade de ele ser usado em locais sem rede, deixando em aberto a possibilidade de se fazer *download* de conteúdos para utilização *offline*, se tal for necessário. Deve-se também ter em conta que a monitorização, pelo professor, dos dados de utilização em tempo real poderá não ser possível.

Flexibilidade

Cada jogador é único e tentará jogar o jogo de uma forma diferente dos outros jogadores. O jogo não deve por isso ser demasiado rígido e obrigar o jogador a comportar-se de uma forma pré-definida. Quanto mais flexível for o jogo, mais agradável será para um leque alargado de jogadores. No entanto, como refere Squire (2011), não existem soluções que sejam adequadas a todos os alunos.

História

Os jogadores valorizam a história e os personagens subjacentes a um jogo. Embora estes elementos do *design* possam parecer acessórios, não sendo essenciais no desenvolvimento do jogo, eles criam uma ligação com o jogador que o faz querer jogar mais vezes e durante mais tempo. Quando um jogo não tem história, mas apenas tem a mecânica do jogo, é visto pelos jogadores como inacabado.

Avaliação

A utilização de um jogo móvel como método de avaliação dos alunos levanta muitas dificuldades. Por um lado, nem todos os alunos possuem dispositivos móveis que lhes permitam jogar, pelo que frequentemente jogam a

pares, no mesmo dispositivo. Este facto torna difícil diferenciar os resultados obtidos individualmente pelos alunos. Por outro lado, o jogo móvel, pela sua natureza, está disponível para ser jogado fora da sala de aula, em qualquer momento, lugar, e por qualquer pessoa. A avaliação disponibilizada pelo jogo móvel, tem, no entanto, um papel muito importante de autoavaliação, servindo para o aluno aferir os seus conhecimentos e dificuldades, e o jogo deve prever formas de transmitir ao aluno informação que lhe permita realizar essa autoavaliação.

8.4. Investigação a realizar

Nesta investigação foi desenvolvido um jogo sério para a aprendizagem da Matemática, dirigido a alunos do 3.º Ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário. O jogo foi integrado com as atividades letivas, tendo sido usado em duas aulas espaçadas no tempo. No entanto, o estudo foi confinado a uma única unidade programática, pelo que consistiu numa experiência pontual. É, por isso importante estudar de que forma a utilização de jogos na sala de aula poderá ser realizada de forma mais regular, em particular no estudo de outras unidades programáticas, como por exemplo, a Geometria. Uma utilização regular poderá trazer benefícios para a aprendizagem, que importa estudar, mas também oferece algumas dificuldades, como a seleção (ou desenvolvimento) de jogos adequados aos diversos conteúdos.

Dado que o *Tempoly* tem conteúdo adequado para o Ensino Secundário, pretendemos realizar um estudo com este público-alvo analisando as suas reações e aprendizagem.

Outra linha de investigação que importa prosseguir está relacionada com o facto de grande parte dos alunos nunca ter jogado antes jogos digitais nas

aulas. Torna-se assim oportuno tentar perceber quais são os fatores que influenciam esta situação em Portugal, nomeadamente, se isso decorre de desconhecimento ou desconforto dos professores, de falta de condições na escola, em termos técnicos ou organizacionais, da falta de jogos adequados aos diversos conteúdos, ou outros fatores.

Finalmente, é necessário averiguar se os alunos que usam regularmente jogos sérios em contexto escolar têm uma visão mais positiva sobre as disciplinas onde os usam e sobre a escola em geral e se isso contribui para uma maior motivação para o trabalho escolar, realizado tanto na escola como em horário extra-escolar.

8.5. Reflexão final

A utilização de jogos sérios na sala de aula ainda é uma estratégia muito pouco utilizada em Portugal. Noutros países, esta utilização tem-se tornado cada vez mais frequente (Takeuchi & Vaala, 2014), com os professores a relatarem que o principal entrave à introdução de jogos sérios na sala de aula é a falta de tempo disponível. Outro problema que se coloca é a perceção de que os jogos são apenas uma forma de diversão e não têm lugar como estratégia de aprendizagem. Como refere Jenkins,

Some have expressed skepticism that schools should or could teach young people how to play. This resistance reflects the confusion between play as a source of fun and play as a form of engagement. (Jenkins, 2009, p. 40)

De facto, a sociedade ainda associa o jogo apenas ao lazer, por oposição ao trabalho. Uma vez que, no futuro, a generalidade dos jovens não poderá jogar enquanto trabalha, é considerado por muitos que a utilização de jogos digitais em contexto escolar não é adequada para uma preparação dos jovens para o

mercado de trabalho. No entanto, áreas como a inteligência artificial, a robótica, a impressão 3D, nanotecnologia, genética e biotecnologia, tecnologias da chamada quarta revolução industrial, poderão revolucionar o mercado de trabalho de uma forma profunda. A tendência é que com o desenvolvimento destas áreas, nomeadamente a robótica e a inteligência artificial, haja perdas significativas de postos de trabalho e que para quem tenha trabalho sejam exigidas cada vez mais capacidades. A escola não poderá ficar indiferente a este novo paradigma, tendo também a função de criar ambientes de aprendizagem altamente inspiradores e criativos, que ajudem os jovens a enfrentar novos desafios.

Deste modo, a introdução dos jogos sérios em contexto de sala de aula reveste-se de um grande desafio, uma vez que pressupõe uma mudança de valores da sociedade em relação ao tema dos jogos sérios e ao papel a desempenhar pela escola, em particular, na preparação dos jovens para o mercado de trabalho. A menos que a sociedade, de uma forma transversal, incorpore a utilização dos jogos sérios nas diversas dimensões do quotidiano, não se poderá introduzir os jogos sérios na escola de uma forma natural e efetiva.

Tal aconteceu já com o cinema, que deixou de ser puramente uma arte de entretenimento, passando a estar presente nos museus, em casa, na escola, no trabalho, nos meios de transportes, pelas mais diversas razões. Comparativamente com o cinema, os jogos sérios poderão revestir-se ainda de um maior potencial pedagógico na medida em que os alunos poderão tomar as suas próprias decisões no jogo, não se limitando a observar um ecrã, e para além disso, promovem o estabelecimento do estado de fluxo, necessário para a aprendizagem.

Creemos que esta investigação, ao evidenciar o potencial pedagógico dos jogos sérios, pode dar o seu contributo para ultrapassar esse desafio.

Referências

- Abrantes, S., & Gouveia, L. (2007). Será que os jogos são eficientes para ensinar? Um estudo baseado na experiência de fluxo. In P. Dias, C. Freitas, B. Silva, A. Osório, & A. Ramos (Orgs.); *Actas da IV Conferência Internacional de Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação Challenges'07* (pp. 424-431). Braga: Centro de Competência da Universidade do Minho.
- Abt, C. (1970). *Serious Games*. New York: Viking Press.
- Adams, E. (2014). *Fundamentals of Game Design*. Berkeley: Pearson Education.
- Aliefenedic, J. (2013). *The Correlation between the Time Spent Playing Video Games and Students' Performance on Standardized Mathematics Tests by Fifth-Grade Students*. Dissertação de Doutoramento, Texas A&M University-Commerce.
- Alves, L. (2008). Relações entre os jogos digitais e aprendizagem: delineando percurso. *Educação, Formação & Tecnologia*. 1(2), 3-10.
- Annetta, L. (2008). Video games in education: Why they should be used and how they are being used. *Theory into practice*, 47(3), 229-239.
- Attewell, J. (2005). *Mobile technologies and learning: a technology update and m-learning project summary*. London: Learning and Skills Development Agency.
- Attewell, J. (2008). Towards sustainable large scale implementation of mobile learning: The mobile learning network (MoLeNET). In J. Traxler, B. Riordan, & C. Dennett (Eds.) *The Bridge from text to context. Proceedings of the mLearn 2008 Conference* (pp. 28-35). Wolverhampton: University of Wolverhampton.
- Attewell, J. (2015). *BYOD – Bring Your Own Device: a guide for school*. Bruxelas: Future Classroom Lab.

- Avedon, E., & Sutton-Smith, B. (1971). *The Study of Games*. New York: John Wiley & Sons.
- Babbie, E. (2003). *Métodos de Pesquisa de Survey*. Belo Horizonte: Editora UFMG.
- Babin, P., & Kouloumdjian, M.F. (1989). *Os novos modos de compreender – a geração do audiovisual e do computador*. São Paulo: Ed. Paulinas.
- Bai, H., Pan, W., Hirumi, A., & Kebritchi, M. (2012). Assessing the effectiveness of a 3-D instructional game on improving mathematics achievement and motivation of middle school students. *British Journal of Educational Technology*, 43(6), 993-1003.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. *Psychological Review*, 34(2), 191-215.
- Barros, C. (2009). *O Videojogo como dispositivo de e-learning e as aprendizagens da matemática na educação pré-escolar*. Dissertação de mestrado. Lisboa: Universidade Aberta.
- Barth, H., La Mont, K., Lipton, J., & Spelke, E. (2005). Abstract number and arithmetic in preschool children. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102 (39), 14116-14121.
- Beal, C.R., Qu, L., & Lee, H. (2008). Mathematics motivation and achievement as predictors of high school students' guessing and help-seeking with instructional software. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24, 507-514.
- Beasley, J. (2013). *The Mathematics of Games*. Dover Publications.
- Benavente, A., Rosa, A., Costa, A. F., & Ávila, P. (1995). *Estudo nacional de literacia*. Lisboa: Universidade de Lisboa, Instituto de Ciências Sociais.

- Berge, Z., & Muilenberg, L. (2013). *Handbook of Mobile Learning*. New York: Routledge.
- Beserra, V., Nussbaum, M., & Oteo, M. (2018). On-Task and Off-Task Behavior in the Classroom: A Study on Mathematics Learning With Educational Video Games. *Journal of Educational Computing Research* (no prelo).
- Bidarra, J., Figueiredo, M., & Natálio, C. (2014). Designing eBook Interaction for Mobile and Contextual Learning. In *Proceedings of the 2014 International Conference on Interactive Mobile Communication Technologies and Learning*. Thessaloniki: IMCL.
- Bishop, A. (1991). *Mathematical Enculturation: a cultural perspective on mathematics education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Booth, L. (1984). *Algebra: Children's strategies and errors, a report of the strategies and errors in the secondary school project*, London: NFER-Nelson.
- Botturi, L., & Loh, C. (2008). Rediscovering the Roots of Games in Education. In C. Miller (Ed.), *Games: Purpose and Potential in Education* (pp. 1-22). New York: Springer.
- Breuer, J., & Bente, G. (2010). Why so serious? On the Relation of Serious Games and Learning. *Eludamos* 4(1), 7-24.
- British Educational Communications and Technology Agency (2001). *What aspects of games may contribute to education?* Coventry: Computer Games in Education Project.
- Brown, J.S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.

- Brown, T., & Mbatia, L. (2015). Mobile learning: Moving past the myths and embracing the opportunities. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 16(2), 115-135.
- Burgun, K. (2013). *Game Design Theory: A New Philosophy for Understanding Games*. Boca Raton: CRC Press.
- Caillois, R. (1961). *Man, Play and Games*. Chicago: University of Illinois Press.
- Carroll, J., Howard, S., Vetere, F., Peck, J., & Murphy, J. (2002). Just what do the youth of today want? Technology appropriation by young people. In R. Sprague (Ed.), *Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-35)* (pp. 1777-1785). Maui: University of Hawaii.
- Carvalho, A. A. (2012). Mobile Learning: rentabilizar os dispositivos móveis dos alunos para aprender. In A. A. A. Carvalho (Org.), *Aprender na era digital: jogos e mobile learning* (pp. 149-163). Santo Tirso: De Facto.
- Carvalho, A. A. (2014). Na era mobile learning: fomentar a aprendizagem dos nativos digitais. In R. Momesso, F. E. P. Assolini, L. F. Curcino, F. V. Burlamaque, & G. M. Palma (Orgs), *Das práticas do ler e escrever: ao universo das linguagens, códigos e tecnologias* (pp. 353-379). Porto Alegre: CirKula.
- Carvalho, A. A. A. (2017). Jogos digitais e Gamification: desafios e competição para aprender na era mobile-learning. In *Aprendizagem, TIC e redes digitais* (pp. 112-144). Lisboa: Conselho Nacional de Educação.
- Carvalho, A. A., Araújo, I., Zagalo, N., Gomes, T., Barros, C., Moura, A., & Cruz, S. (2014). Os jogos mais jogados pelos alunos do Ensino Básico ao Ensino Superior. In A. Carvalho, C. Marques, A. Moura, & I. Santos

- (Orgs.), *Atas do 2.º Encontro sobre Jogos e Mobile Learning* (pp. 23-37). Braga: CIEd.
- Carvalho, A. A., & Gomes, T. (2009). Portal de Avaliação sobre Software Educativo Multimédia e Jogos. In Dias, P., & Osório, A. (Orgs), *Actas da VI Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação – Challenges 2009* (pp. 1967-1984). Braga: Centro de Competência da Universidade do Minho.
- Carvalho, A. A., & Machado, C. T. (2017). *Flipped Classroom e Quizzes como motivadores de Aprendizagem: perspectivas dos estudantes universitários.* / Flipped Classroom and Quizzes to motivate learning: students' perspectives. CISTI'2017 - 12ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação/ Information Systems and Technologies (CISTI) (pp. 752-757).
- Carvalho, A. A., & Pessoa, T. (2012). Políticas Educativas TIC en Portugal. *Campus Virtuales*, 1, 93-104.
- Castells, M., & Ince, M. (2003). *Conversations with Manuel Castells*. Cambridge: Polity Press.
- Cates, G., & Rhymer, K. (2003). Examining the Relationship Between Mathematics Anxiety and Mathematics Performance: An Instructional Hierarchy Perspective. *Journal of Behavioral Education*, 12(1), 23-34.
- Chang, M., Evans, Kim, S., Norton, A., Deater-Deckard, K., & Samur, Y. (2016). The effects of an educational video game on mathematical engagement. *Education and Information Technologies*, 21(5), 1283-1297.
- Charsky, D. (2010). From Edutainment to Serious Games: A Change in the Use of Game Characteristics. *Games and Culture*, 5(2), 177-198.

- Chen, J. (2007). Flow in games (and everything else). *Communications of the ACM*, 50(4), 31-34.
- Chiang, F.-K., & Qin, L. (2018). A Pilot study to assess the impacts of game-based construction learning, using scratch, on students' multi-step equation-solving performance. *Interactive Learning Environments* (no prelo).
- Chin, J. P., Diehl, V. A. & Norman, K. L. (1988). Development of an instrument Measuring User Satisfaction of the Human-Computer Interface. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI' 88*, 213-218.
- Chong, Y., Wong, M., & Thomson Fredrik, E. (2005). The Impact of Learning Styles on the Effectiveness of Digital Games in Education. In: *Proceedings of the Symposium on Information Technology in Education*. Petaling Jaya: KDU College.
- Clark, D. B., Nelson, B., Sengupta, P., & D'Angelo, C. (2009). *Rethinking science learning through digital games and simulations: Genres, examples, and evidence*. Paper commissioned for the National Research Council Workshop on Gaming and Simulations (pp. 1-71). Washington: National Research Council.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2000). *Research Methods in Education*. New York: Routledge.
- Comissão Europeia (2013). *Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões: Abrir a Educação: Ensino e aprendizagem para todos de maneira inovadora graças às novas tecnologias e aos Recursos Educativos Abertos*. Documento 52013DC0654.

- Common Sense (2015). *The Common Sense Census: Media Use By Tweens and Teens*. Common Sense.
- Connolly, T., Stansfield, M., & Hainey, T. (2009). Towards the development of a games-based learning Evaluation Framework. In T. Connolly, M. Stansfield, & L. Boyle (Eds.), *Games-based Learning Advancements for Multi-Sensory Human Computer Interfaces: Techniques and Effective Practices* (pp. 251-273). Hershey: Information Science Reference.
- Cook, T. D., & Campbell, D. T. (1979). *Quasi-experimentation: Design and analysis issues for field settings*. Chicago, IL: Rand-McNally.
- Corder, G., & Foreman, D. (2009). *Nonparametric statistics for non-statisticians: A Step-by-Step Approach*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Cordova, D., & Lepper, M. (1996). Intrinsic Motivation and the Process of Learning: Beneficial Effects of Contextualization, Personalization, and Choice. *Journal of Educational Psychology*, 88(4), 715-730.
- Coutinho, C. (2005) *Percurso da Investigação em Tecnologias Educativas em Portugal*. Braga: Universidade do Minho.
- Coutinho, C., & Chaves, J. (2001). Desafios à investigação das TIC em Educação: as metodologias de desenvolvimento. *Desafios 2001: atas da Conferência Internacional de Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação* (pp. 895-903). Braga: Centro de Competência Nónio Século XXI da Universidade do Minho.
- Crist, W., Dunn-Vaturi, A., & Voogt, A. (2016). *Ancient Egyptians at Play: Board Games Across Borders*. Bloomsbury Publishing.
- Crompton, H. (2013). A historical overview of M-Learning: toward learner-centered education. In Z. Berge, & L. Muilenburg (2013) (Eds.). *Handbook of Mobile Learning* (pp. 3-14). New York: Routledge.

- Crompton, H., Burke, D., Gregory, K. & Gräbe, C. (2016). The Use of Mobile Learning in Science: A Systematic Review. *Journal of Science Education and Technology*, 25(2), 149-160.
- Csikszentmihalyi, M. (1992). *Flow: The Classic work on how to achieve happiness*. New York: Harper Perennial.
- Csikszentmihalyi, M., Abuhamdeh, S., & Nakamura, J. (2005). Flow. In A. Elliot, & C. Dweck (Eds.) *Handbook of competence and motivation*. (pp. 598-608). New York: Guilford Publications.
- Davis, F.D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 318-340.
- Deater-Deckard, K., El Mallah, S., Chang, M., Evans, M. A., & Norton, A. (2014). Student behavioral engagement during mathematics educational video game instruction with 11-14 year olds. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 2(3), 101-108.
- Deci, E., & Ryan, R. (1980). The empirical exploration of intrinsic motivational processes. *Advances in experimental social psychology*, 13, 39-80.
- Deci, E., & Ryan, R. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.
- Deci, E., & Ryan, R. (1991). A motivational approach to self: Integration in personality. In R. Dienstbier (Ed.), *Nebraska symposium on motivation: Vol. 38. Perspectives on motivation* (pp. 237-288). Lincoln: University of Nebraska Press
- Deci, E., & Ryan, R. (2000). The “what” and the “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11, 227-268.

- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011) From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamification”. In A. Lugmayr (Ed.), *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (pp 9-15). Tampere: MindTrek.
- Devlin, K. (2011). *Mathematics Education for a New Era. Video Games as a Medium for Learning*. Natick: A K Peters.
- Direcção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular (2007). *Programa de Matemática do Ensino Básico*. Ministério da Educação.
- Djaouti, D., Alvarez, J., Jessel, J., & Rampnoux, O. (2011). Origins of serious games. In M. Ma, A. Okionomou, & L. Jain (Eds.) *Serious Games Edutainment Application* (pp. 25-43). New York: Springer.
- Dreyfus, H. (2001). *On the Internet*. London: Routledge.
- Duke, R. (1974). *Gaming: The Future’s Language*. New York: Sage Publications.
- ECDL Foundation (2011). *Identifying Essential ICT Skills and Building Digital Proficiency Through Appropriate Certification*. Bruxelas: European Computer Driving License.
- Ennemoser, M. (2009). Evaluating the Potential of Serious Games: What Can We Learn from Previous Research on Media Effects and Educational Intervention? In U. Ritterfeld, M. Cody, & P. Vorderer (Eds.). *Serious Games: Mechanisms and Effects* (pp. 344-373). New York: Routledge.
- Entertainment Software Association (2016). *Essential Facts About the Computer and Video Game Industry*. Washington: Entertainment Software Association.
- Erlwanger, S. (1973). Benny’s Conceptions of Rules and Answers in IPI Mathematics. *Journal of Children’s Mathematical Behavior*, 1, 7-26.

- European School Net (2015). *Country Report on ICT in Education: Portugal*. Bruxelas: European School Net.
- Ferrari, A. (2012). *Digital competence in practice: An analysis of frameworks*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, Attitude, Intentions and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Reading: Addison-Wesley.
- Flynn, R. (2011). Modifying Commercial Off-The-Shelf (COTS) Games for Use in Education. In F. Patrick (Ed.) *Handbook of Research on Improving Learning and Motivation through Educational Games: Multidisciplinary Approaches* (pp. 876-894). Hershey: Information Science Reference.
- Friedman, T. (2005). *The World is Flat: A Brief History of the Twenty-First Century*. Farrar, Straus and Giroux: New York.
- Fuller, R., & Joynes, V. (2014). Should mobile learning be compulsory for preparing students for learning in the workplace? *British Journal of Educational Technology*, 46(1), 153-158.
- Fullerton, T., Swain, C., & Hoffman, S. (2008). *Game Design Workshop: A Playcentric Approach to Creating Innovative Games*. Boca Raton: CRC Press.
- Garcia-Murillo, M., & MacInnes, I. (2011). A Policy Game in a Virtual World. In R. Ferdig (Ed.) *Handbook of Research on Effective Electronic Gaming in Education* (pp. 489-507). Londres: Information Science Reference.
- Gee, J. P. (2003). *What Video Games Have to Teach Us about Learning and Literacy*. New York: Palgrave Macmillan.
- Gee, J. P. (2007). *Good Video Games + Good Learning: Collected Essays on Video Games, Learning and Literacy*. New York: Peter Lang.

- Gee, J. P. (2008). Video Games, Learning, and “Content”. In C. Miller (Ed.), *Games: Purpose and Potential in Education* (pp. 43-54). New York: Springer.
- Ghiglione, R., & Matalon, B. (1992). *O Inquérito*. Lisboa: Celta Editora.
- Gil-Doménech, D., & Berbegal-Mirabent, J. (2018). Stimulating students’ engagement in mathematics courses in non-STEM academic programmes: A game-based learning. *Innovations in Education and Teaching International* (no prelo).
- Gros, B. (2002). Videojuegos y alfabetización digital. *Enredando*, 318.
- Gros, B. (2007). Digital Games in Education: The Design of Games-Based Learning Environments, *Journal of Research on Technology and Education*, 40(1), 23-38.
- Guzmán, M. (1990). The Role of Games and Puzzles in the Popularization of Mathematics. *L'Enseignement Mathématique*, 36, 359-368.
- Hamari, J., Shernoff, D., Rowe, E., Coller, B., Asbell-Clarke, J., & Edwards, T. (2015). Challenging games help students learn: An empirical study on engagement, flow and immersion in game-based learning. *Computers in Human Behavior*, 54, 170-179.
- Hanghøj, T. (2011). *Playful Knowledge. An Explorative Study of Educational Gaming*. Lambert Academic Publishing.
- Huizinga, J. (1938). *Homo Ludens*. Amsterdam: Pantheon Akademische Verlagsanstalt.
- Instituto Nacional de Estatística (2001-2017). *Inquérito à Utilização de Tecnologias da Informação e da Comunicação pelas Famílias*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.

- International Organization for Standardization (1998). ISO 9241-11:1998(en). *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) -- Part 11: Guidance on usability.*
- Jenkins, H. (2009). *Confronting the Challenges of Participatory Culture: Media Education for the 21st Century.* Cambridge: MIT Press.
- Jenkins, H., Camper, B., Chisholm, A., Grigsby, N., Klopfer, E., & Osterweil, S. (2009). From Serious Games to Serious Gaming. In U. Ritterfeld, M. Cody, & P. Vorderer (Eds.), *Serious Games: Mechanisms and Effects* (pp. 448-469). New York: Routledge.
- Jeong, E., & Kim, D. (2007). Definitions, Key Characteristics, and Generations of Mobile Games. In D. Taniar (Ed.), *Encyclopedia of Mobile Computing and Commerce* (pp. 185-189). Hershey: Information Science Reference.
- Juul, J. (2005). *Half-Real: Video Games between Real Rules and Fictional Worlds.* Cambridge, MA: MIT Press.
- Kapp, K. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education.* John Wiley & Sons.
- Ke, F. (2008). A case study of computer gaming for math: Engaged learning from gameplay? *Computer & Education*, 51, 1609-1620.
- Kiili, K., & Ketamo, H. (2017). Evaluating cognitive and affective outcomes of a digital game-based math test. *Transactions on Learning Technologies*, 99, 1-10.
- Kim, C.-S., Oh, E.-H., & Yang, K. (2010). The appealing characteristics of download type mobile games. *Service Business*, 4(3/4), 253-269.
- Kirschner, P., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist,

- discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Kirakowski, J. (1996). The Software Usability Measurement Inventory: Background and usage. In P. Jordan, B. Thomas, & B. Weerdmeester (Eds.), *Usability Evaluation in Industry* (pp. 169–178). London: Taylor & Francis.
- Klopfer, E. (2008). *Augmented Learning: Research and design of mobile educational games*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Klopfer, E. (2016). *Resonant Games - Designing educational games that resonate in the lives of students, teachers and schools*. In A. A. Carvalho, S. Cruz, C. G. Marques, A. Moura, I. Santos, & N. Zagalo (Orgs.), *Atas do 3.º Encontro sobre Jogos e Mobile Learning* (pp. 313-320). Coimbra: FPCE, Universidade de Coimbra.
- Kukulska-Hulme, A. (2014). Mobile, Wearable, Companionable: Emerging technological challenges and incentives for learning. In A. A. Carvalho, S. Cruz, C. G. Marques, A. Moura, & I. Santos (Orgs.) (2014), *Atas do 2.º Encontro sobre Jogos e Mobile Learning* (pp. 12-15). Braga: CIEEd.
- Kyriakides, A., Meletiou-Mavrotheri, M., & Prodromou, T. (2016). Mobile technologies in the service of students' learning of mathematics: the example of game application A.L.E.X. in the context of a primary school in Cyprus. *Mathematics Education Research Journal*, 28(1), 53-78.
- Lane, M. (2017). *Power-Up: Unlocking the Hidden Mathematics in Video Games*. Princeton University Press: Princeton.
- Le Boterf, G. (1998). *L'ingénierie des compétences*, Paris: Editions d'Organisation.

- Lee, H., Parsons, D., Kwon, G., Kim, J., Petrova, K., Jeong, E., & Ryu, H. (2016). Cooperation begins: Encouraging critical thinking skills through cooperative reciprocity using a mobile learning game. *Computers & Education, 97*, 97-115.
- Leemkuil, H., de Jong, T., de Hoog, R., & Christoph, N. (2003) KM Quest: a collaborative Internet-based simulation game. *Simulation & Gaming, 34*, 89-111.
- Lemke, L. J. (2003). Mathematics in the middle: Measure, picture, gesture, sign and word. In M. Anderson, A. Sáenz-Ludlow, S. Zellweger, & V. Cifarelli (Eds.), *Educational perspectives on mathematics as semiosis: From thinking to interpreting to knowing* (pp. 215-234). New York: Legas.
- Liang, T.-P., & Yeh, Y. H. (2008). Situational Effects on the Usage Intention of Mobile Games. In C. Weinhardt, S. Luckner, & J. Stöber (Eds.), *Designing E-Business Systems: Markets, Services, and Networks: 7th Workshop on E-Business, WEB 2008* (pp. 51-59). Lecture Notes in Business Information Processing, vol. 22. Berlin: Springer.
- Ma, L. (2009). *Saber e Ensinar Matemática Elementar*. Lisboa: Gradiva.
- Manginas, G., & Nikolantonakis, C. (2018). The contribution of mathematics online games to qualitative differentiation and intrinsic motivation f students with mild intellectual disabilities. *European Journal of Special Education Research, 3*(1), 58-81.
- McFarlane, A., Sparrowhawk, A., & Heald, Y. (2002). *Report on the educational use of games*. Cambridge: Teem.
- McGonigal, J. (2011). *Reality Is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World*. London: Jonathan Cape.

- McKenney, S., & Reeves, T. (2012). *Conducting Educational Design Research*. New York: Routledge.
- Macleod, M., Bowden, R., Bevan, N. & Curson, I. (1997). The MUSIC performance measurement method. *Behaviour & Information Technology*, 16, 279-293.
- Melo, F. (2010). *m-Learning: Uma experiência usando o Quizionarium*. Universidade do Porto.
- Michael, D., & Chen, S. (2006). *Serious Games: Games that Educate, Train and Inform*. Thomson Course Technology PTR, Boston.
- Ministério da Educação (2007). *Novo Programa de Matemática do Ensino Básico*. Lisboa: Ministério da Educação – Direção-Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular.
- Molenet (2010). *Games Technologies for Learning*. London: LSN.
- Molin, G. (2017). The Role of the Teacher in Game-Based Learning: A Review and Outlook. In M. Ma, & A. Oikonomou (Eds.) *Serious Games and Edutainment Applications*. Volume II (pp. 649-674). Cham: Springer.
- Moon, J.W., & Kim, Y.G. (2001). Extending the TAM for a World-Wide-Web Context. *I&M*, 38, 217-230.
- Moura, A. (2010). *Apropriação do Telemóvel como Ferramenta de Mediação em Mobile Learning: Estudos de Caso em Contexto Educativo*. Dissertação de Doutoramento em Ciências da Educação, Tecnologia Educativa, Universidade do Minho, Braga.
- Moura, A., & Carvalho, A. A. (2012). The ARCS Model to Motivate Language Learning Through SMS and Podcasts. In Avery, J., & Stewart, M. (Eds.) *Language Learning: New Research* (pp. 129-150). New York: Nova Science Publishers.

- Mozelius, P. (2014). Game Based Learning – a Way to Stimulate Intrinsic Motivation. In T. Yanez, P. Griffiths, O. Rodriguez (Eds.) *Proceedings of the 9th International Conference on e-Learning* (pp. 272-278). Valparaiso: Academic Conferences Publishing.
- Muijs, D. (2004). *Doing Quantitative Research in Education with SPSS*. London: Sage.
- Naismith, L., Lonsdale, P., Vavoula, G., & Sharples, M. (2004). *Literature Review in Mobile Technologies and Learning*. FutureLab Report 11.
- Nakamura, J., & Csikszentmihalyi, M. (2002). The concept of flow. In C. Snyder, & J. Shane (Eds.), *Handbook of positive psychology* (pp. 89-105). New York: Oxford University Press.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Nettleton, K. (2008). Gender Differences in Educational Games. In C. Miller (Ed.), *Games: Purpose and Potential in Education* (pp. 55-71). New York: Springer.
- Ninaus, M., Kiili, K., McMullen, J., & Moeller, K. (2017). Assessing fraction knowledge by a digital game. *Computers in Human Behavior*, 70, 197-206.
- Norman, N. (2011). *Mobile Learning for the NHS: Research Report*. NHS South Central.
- Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (2011). *PISA 2009 Results: Students on Line: Digital Technologies and Performance* (Volume VI).

- Paras, B., & Bizzocchi, J. (2005). Game, Motivation, and Effective Learning: An Integrated Model for Educational Game Design. *Proceedings of DiGRA 2005 Conference: Changing Views – Worlds in Play* (pp.1-7): Vancouver: DIGRA.
- Parsons, D. (2007). Mobile Learning. In D. Taniar (Ed.), *Encyclopedia of Mobile Computing and Commerce* (pp. 525-527). Hershey: Information Science Reference.
- Parsons, D., & Adhikari, J. (2016) Bring Your Own Device to Secondary School: The Perceptions of Teachers, Students and Parents. *The Electronic Journal of e-Learning*, 14(1), 66-80.
- Perrenoud, P. (2000). *A arte de construir competências*, Nova Escola.
- Perry, D., & DeMaria, R. (2009). *David Perry on Game Design. A Brainstorming Toolbox*. Boston: Course Technology.
- Piaget, J. (1971). *A formação do símbolo na criança*. Rio de Janeiro: Zahar.
- Pieri, M., & Diamantini, D. (2009). From E-learning to Mobile Learning: New Opportunities. In M. Ally (Ed.), *Mobile Learning: Transforming the Delivery of Education and Training* (pp. 183-194). Edmonton: Athabasca University Press.
- Poll, H. (2015). Pearson Student Mobile Device Survey 2015. *National Report: Students in Grades 4-12*. Pearson.
- Polya, G. (2003). *Como resolver problemas*, Gradiva.
- Ponte, J. P. (2002). Literacia matemática. In M. Trindade (Org.), *Atas do Congresso Literacia e Cidadania, convergências e Interface* (pp. 1-7). Évora: Universidade de Évora - Centro de Investigação em Educação Paulo Freire.

- Pope, H., & Mangram, C. (2015). Wuzzit Trouble: The Influence of a Digital Math Game on Student Number Sense. *International Journal of Serious Games*, 2(4), 5-21.
- Prensky, M. (2001). *Digital game-based learning*. New York: McGraw-Hill.
- Prensky, M. (2005). Computer games and learning: digital game-based learning. In J. Raessens, & J. Goldstein (Eds.), *Handbook of Computer Game Studies*, (pp. 97-122). Cambridge: MIT Press.
- Prensky, M. (2006). *'Don't bother me mom – I'm learning!' How computer and video games are preparing your kids for 21st century success – and how you can help!* Minnesota: Paragon House.
- Prensky, M. (2010). *Teaching Digital Natives: Partnering for Real Learning*. Thousand Oaks: Corwin Press.
- Project Tomorrow and PASCO Scientific (2008). *Inspiring the next generation of innovators: Students, parents, and teachers speak up about science education*. Irvine: PASCO.
- Quinn, C. (2011). *Designing mLearning: Tapping into the Mobile Revolution for Organizational Performance*. San Francisco: Pfeiffer.
- Ratan, R., & Ritterfeld, U. (2009). Classifying Serious Games. In U. Ritterfeld, M. Cody, & P. Vorderer (Eds.), *Serious Games: Mechanisms and Effects* (pp. 10-24). New York: Routledge.
- Ritterfeld, U, Cody, M., Vorderer, P. (2009). Introduction. In U. Ritterfeld, M. Cody, P. Vorderer (Eds.), *Serious Games: Mechanisms and Effects* (pp. 2-9). New York: Routledge.
- Rey, B., Carette, V., DeFrance, A, & Kahn, S. (2005). *As competências na escola*. Porto: Gailivro.

- Rheingold, H. (2002). *Smart Mobs: The next social revolution*. Cambridge: Perseus.
- Richey, R., & Nelson, W. (1996). Developmental research. In D. Jonassen (Ed.), *Handbook of research for educational communications and technology* (pp. 1213-1245). London: Macmillan.
- Rittle-Johnson, B., & Star, J. R. (2007). Does comparing solution methods facilitate conceptual and procedural knowledge? An experimental study on learning to solve equations. *Journal of Educational Psychology*, 99(3), 561-574.
- Rodríguez-Aflecht, G., Jaakkola, T., Pongsakdi, N., Hannula-Sormunen, M., Brezovszky, B., & Lehtinen, E. (2018). The development of situational interest during a digital mathematics game. *Journal of Computer Assisted Learning* (no prelo).
- Rogers, S. (2014). *Level Up! The Guide to Great Video Game Design*. John Wiley and Sons: West Sussex.
- Rubin, J., & Chisnell, D. (2008). *Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests*. Indianapolis, Ind.: Wiley Pub.
- Ryan, R., Rigby, S., & Przybylski, A. (2006). The Motivational Pull of Video Games: A Self-Determination Theory Approach. *Motivation and Emotion*, 30(4), 344-360.
- Salen, K., & Zimmerman, E. (2004). *Rules of Play - Game Design Fundamentals*. London: The MIT Press Cambridge.
- Sawyer, B., & Smith, P. (2008). *Serious games taxonomy*. In Slides from the Serious Games Summit at the Game Developers Conference.
- Sfard, A. (1998). On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher*, 27(2), 4-13.
-

- Sharek D., & Wiebe E. (2011). Using Flow Theory to design video games as experimental stimuli. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 55th Annual Meeting* (pp. 1520-1524). Las Vegas:SAGE.
- Shin, N., Norris, C., & Soloway, E. (2005). Effects of Handheld Games on Students Learning in Mathematics. In S. Barab, K. Hay, & D. Hickey (Eds.), *ICLS '06 Proceedings of the 7th international conference on Learning sciences* (pp. 702-708). Bloomington: International Society of the Learning Sciences.
- Shute, V., & Ventura, M. (2013). *Stealth Assessment. Measuring and Supporting Learning in Video Games*. Cambridge: MIT Press.
- Siew, N., Geoffrey, J., & Lee, B. (2016). Students' algebraic thinking and attitudes towards algebra: the effects of game-based learning using Dragonbox 12 + app. *The Research Journal of Mathematics and Technology*, 5(1), 66-79.
- Simões, J., Ponte, C., Ferreira, E., Doretto, J. & Azevedo, C. (2014). *Crianças e Meios Digitais Móveis em Portugal: Resultados Nacionais do Projeto Net Children Go Mobile*. Lisboa: Centro de Estudos de Sociologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Squire, K. (2008). Open-ended video games: A model for developing learning for the interactive age. In K. Salen (Ed.), *The Ecology of Games: Connecting Youth, Games, and Learning* (pp. 167-198). Cambridge: The MIT Press.
- Squire, K. (2011). *Video Games and Learning - Teaching and Participatory Culture in the digital age*. New York: Teachers College, Columbia University.
- Squire, K. (2013). Video game based learning: An emerging paradigm for instruction. *Performance Improvement Quarterly*, 26 (1), 101-130.

- Sternig, C., Spitzer, M., & Ebner, M. (2018). Learning in a Virtual Environment: Implementation and Evaluation of a VR Math-Game. In Information Resources Management Association (Ed.), *Virtual and Augmented Reality: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (pp.1288-1312). Hershey: IGI Global.
- Suits, B. (1978). *The Grasshopper: Games, Life and Utopia*. Toronto: University of Toronto Press.
- Takeuchi, L. M., & Vaala, S. (2014). *Level up Learning: A National Survey on Teaching with Digital Games*. New York: The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop.
- Tapscott, D. (2008). *Grown Up Digital: How the Net Generation is Changing Your World*. New York: McGraw-Hill.
- Tong, L., Yang, J., Hanc, X., & Velasquez, L. (2014). The card game 24 and its application to math education. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 45(4), 624-633.
- Traxler, J. (2007). Defining, Discussing and Evaluating Mobile Learning: The moving finger writes and having writ... *The International Review of Research in Open and Distance Learning.*, 8(2), 1-11.
- Tuckman, B. (1994). *Manual de Investigação em Educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Ulicsak, M., & Williamson, B. (2011). *Computer Games and Learning: a Handbook*. London: Futurelab.
- van den Akker, J. (1999). Principles and Methods of Development Research. In J. van den Akker, R. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen, & T. Plomp (Eds.) *Design Approaches and Tools in Education and Training* (pp. 1-14). Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.

- van der Ven, F., Segers, E., Takashima, A., & Verhoeven, L. (2017). Effects of a tablet game intervention on simple addition and subtraction fluency in first graders. *Computers in Human Behavior*, 72, 200-207.
- Watson, W., & Yang, S. (2016). Games in schools: teachers' perceptions of barriers to game-based learning. *Journal of Interactive Learning Research*, 27(2), 153-170.
- Wechselberger, U. (2013). Learning and Enjoyment in Serious Gaming – Contradiction or Complement? *Proceedings of DIGRA 2013*. Atlanta: DIGRA.
- Weiss, S. (2002). *Handheld Usability*. Chichester: Wiley.
- Wells, D. (2012). *Games and Mathematics: Subtle Connections*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Whitton, N. (2010). *Learning with Digital Games. A Practical Guide to Engaging Students in Higher Education*. Abingdon. Routledge.
- Wolf, M., & Perron, B. (2014). *The Routledge Companion to Video Game Studies*. Exeter: Taylor and Francis.
- Yang, C.-C., & Hub, J.-H. (2012). The empirical study of play's intention to play mobile game. *International Conference on Business and Information* (pp. 618-626). Sapporo: International Business Academics Consortium.
- Zimmerman, E. (2008). Gaming literacy: Game Design as a Model for Literacy in the Twenty-First Century. In B. Perron, & M. Wolf (Eds.), *The Video Game Theory Reader 2* (pp. 23-31). New York: Routledge.
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9), 25-32.

Anexos

1. Pedido de dados ao IAVE

Exmo. Senhor Presidente

do Conselho Diretivo do IAVE

Eu, Cândida Raquel Clemente Barros, doutoranda em Ciências da Educação na Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade de Coimbra, sob a orientação da Professora Doutora Ana Amélia Costa da Conceição Amorim Soares de Carvalho, venho, no âmbito do meu doutoramento, solicitar dados estatísticos relativos às provas nacionais de Matemática.

O projeto de doutoramento intitula-se “O design de jogos sérios para a aprendizagem da Matemática - Criação do Jogo *Tempoly*”, e tem como principal objetivo estudar de que forma a utilização de jogos sérios em contexto educativo pode contribuir para as aprendizagens dos alunos. Em particular, é importante perceber quais são os temas da Matemática em que os alunos revelam mais dificuldades.

Para isso, seria importante ter acesso aos dados estatísticos referentes às cotações médias nacionais, em cada questão dos seguintes exames e provas do 3.º Ciclo do Ensino básico e Ensino secundário:

- Matemática 92 - 3.º Ciclo
 - 2013 – 1ª Chamada
 - 2013 – 2ª Chamada

- 2014 – 1^a Chamada
- 2014 – 2^a Chamada
- 2015 – 1^a Fase
- 2015 – 2^a Fase

- Matemática A 635 – Ensino Secundário
- 2013 – 1^a Fase
- 2013 – 2^a Fase
- 2014 – 1^a Fase
- 2014 – 2^a Fase
- 2015 – 1^a Fase
- 2015 – 2^a Fase

Junto anexo parecer da minha orientadora.

Com os melhores cumprimentos,

Cândida Barros

2. Questionário sobre os jogos mais jogados

Este questionário tem como objetivo identificar os jogos para dispositivos móveis mais frequentemente jogados pelos alunos do 3.º Ciclo do Ensino Básico e as características desses jogos.

O teu contributo é muito importante, bem como a sinceridade das tuas opções. O questionário é completamente anónimo e as tuas respostas apenas serão usadas neste estudo.

1. Costumas jogar em dispositivos móveis (telemóvel, smartphone, tablet, computador portátil, etc)?

Sim

Não

Se respondeste *Não*, passa para a questão 17.

2. Em que dispositivo móvel jogas com mais frequência?

Telemóvel. Qual? _____

Smartphone. Qual? _____

Tablet. Qual? _____

Computador portátil. Qual? _____

Outro. Qual? _____

*As questões seguintes referem-se ao **dispositivo móvel que utilizas com maior frequência.***

3. Quantas horas jogas por semana?

0-1

2-5

6-10

11-20

Mais de 20

4. Com quem costumavas jogar? (Podes assinalar mais do que uma opção)

Sozinho

Com amigos

Com os irmãos

Com o pai

Com a mãe

Com outros jogadores na Internet

Com outras pessoas. Quem? _____

5. Quantos videojogos tens nesse equipamento móvel?

1-5

6-10

Mais de 10

6. Indica os jogos que mais gostas de jogar nesse equipamento.

*As questões seguintes referem-se ao **jogo que jogas mais frequentemente, atualmente.***

7. Indica o título do jogo que jogas mais frequentemente:

8. Há quanto tempo jogas esse jogo com regularidade?

9. Descreve o objetivo desse jogo.

10. O que tens que fazer para alcançar esse objetivo?

11. Descreve os motivos porque jogas esse jogo.

12. Como classificas esse jogo quanto à sua dificuldade?

Muito fácil

Fácil

Moderado

Difícil

Muito difícil

13. Podes mudar o nível de dificuldade?

Sim

Não

14. Indica o que mais gostas nesse jogo.

15. Indica o que menos gostas nesse jogo.

16. Como classificas esse jogo em relação aos seguintes parâmetros:

Parâmetro	1	2	3	4	5
	(Pouco)			(Muito)	
1. Rapidez da interação					
2. Exige estratégia					
3. Agressividade					
4. Enquadramento numa história					
5. Desafiante					
6. Competitividade					
7. Isola-te					
8. Facilidade em começar a jogar					
9. Recurso à fantasia					
10. Necessidade de resolver problemas					

11. Representas uma personagem					
12. Apela a jogar várias vezes					
13. Exige várias ações simultâneas					
14. Colaboração com outros jogadores					
15. Exige respostas imediatas					
16. Apelo à tua criatividade					
17. Permite jogar sem pensar					
18. Facilidade no uso dos controlos					
19. Faz perder a noção do tempo					
20. Envolvimento no jogo					
21. Apela à calma					
22. Apela a não parar de jogar					

17. Idade:

12

13

14

15

16

17

18. Ano de escolaridade:

7.º

8.º

9.º

19. Género:

Masculino

Feminino

Obrigada pela tua colaboração.

3. Grelha de análise de jogos

- Nome do jogo:
- Descrição do Jogo:
- Cenário (realista, medieval, qualidade gráfica):
- Níveis de dificuldade:
- Sistema de Pontuação:
- *Feedback*:
- Duração do jogo:
- Pode-se jogar online?
- Elementos motivacionais do jogo:

Princípios de Gee presentes no jogo

Princípio	Aplica-se?	Como se verifica a aplicação do princípio
Princípio da Aprendizagem Ativa e Crítica		
Princípio do Design		

Princípio da Semiótica		
Princípio dos Domínios Semióticos		
Princípio do Pensamento Meta-nível sobre os Domínios Semióticos		
Princípio da Moratória Psicossocial		
Princípio do Compromisso com a Aprendizagem		
Princípio da Identidade		
Princípio do Autoconhecimento		
Princípio da Amplificação da Entrada		
Princípio da Realização		
Princípio da Prática		
Princípio da Aprendizagem Contínua		
Princípio do Regime de Competência		
Princípio da Exploração		
Princípio dos Caminhos Múltiplos		
Princípio do Significado Situado		
Princípio do Texto		
Princípio Intertextual		
Princípio Multimodal		
Princípio da Inteligência Material		

Princípio do Conhecimento Intuitivo		
Princípio do Subconjunto		
Princípio Incremental		
Princípio da Amostra Concentrada		
Princípio das Competências Básicas Ascendentes		
Princípio da Informação Explícita a Pedido e na Hora Certa		
Princípio da Descoberta		
Princípio da Transferência		
Princípio dos Modelos Culturais sobre o Mundo		
Princípio dos Modelos Culturais sobre a Aprendizagem		
Princípio dos Modelos Culturais sobre os Domínios Semióticos		
Princípio da Distribuição		
Princípio da Dispersão		
Princípio do Grupo de Afinidade		
Princípio Interno		

4. *Design do Tempoly*

Género: *Puzzle*

Plataforma: *Android*

Controlo: Tátil

Público-alvo: Alunos do 3.º Ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário

Objetivo

O jogador deve manipular os polinómios apresentados pelo jogo, com as quatro operações elementares (adição, subtração, multiplicação e divisão), de modo a obter um resultado pré-determinado.

Descrição

O jogo é composto por vários níveis, de dificuldade crescente. Em cada nível, o objetivo é construir um determinado polinómio, que é apresentado no fundo de uma zona de montagem. Para esse efeito, são fornecidos ao jogador alguns polinómios, cada um numa caixa móvel, e algumas ferramentas que permitem manipular esses polinómios, também móveis. O jogador tem que arrastar as caixas e ferramentas fornecidas e combiná-las de forma adequada, de modo a conseguir construir o objetivo. Por exemplo, num dos primeiros níveis poderia surgir a situação da Figura 1:

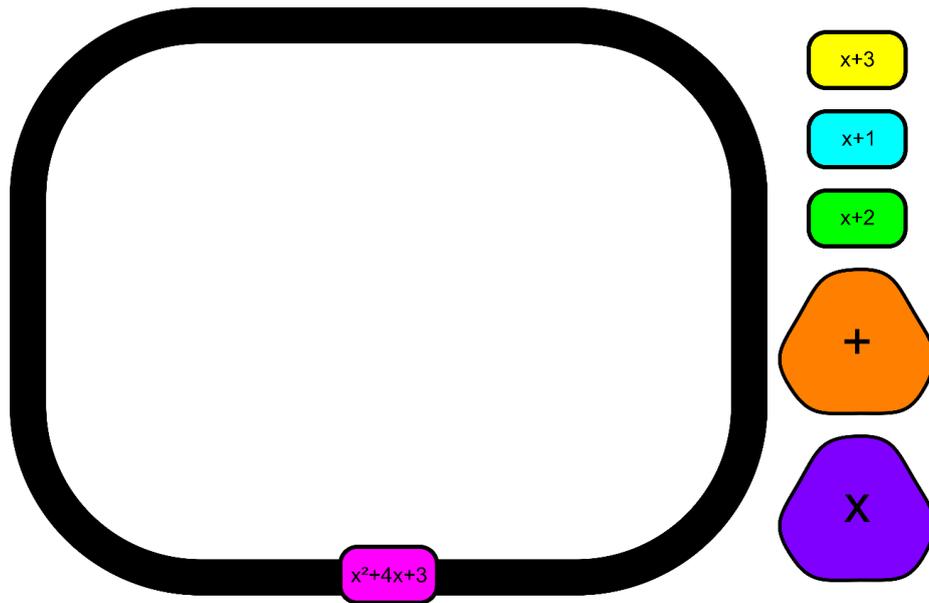


Figura 1. Um desafio do *Tempoly*.

O jogador deveria, após observar o que lhe é fornecido, concluir que a solução se obtém através da igualdade $x^2 + 4x + 3 = (x + 1)(x + 3)$ e assim, deveria manipular os dados como indicado na Figura 2:

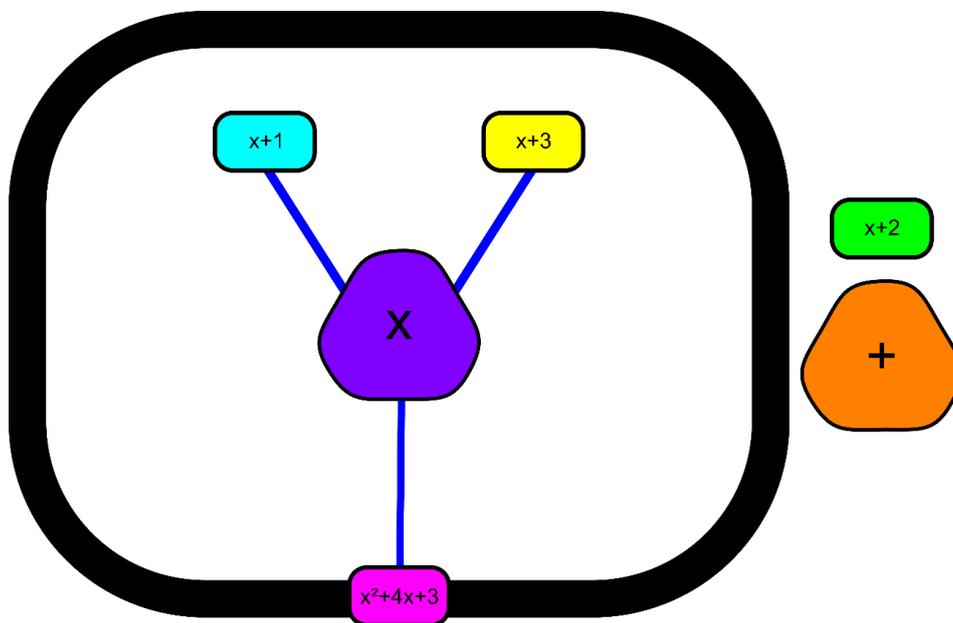


Figura 2. A colocação das caixas.

O jogo permite todas as soluções possíveis, nomeadamente

$$x^2 + 4x + 3 = (x + 1)(x + 3) \text{ e } x^2 + 4x + 3 = (x + 3)(x + 1).$$

As caixas são arrastadas para a zona de montagem com o dedo e as ligações entre as várias caixas são também formadas com o dedo.

Depois de feita a montagem, o jogo verifica se acertou efetuando os vários cálculos explicitamente. Para isso, as caixas percorrem os caminhos que o jogador formou e transformam-se segundo as operações indicadas, como na Figura 3.

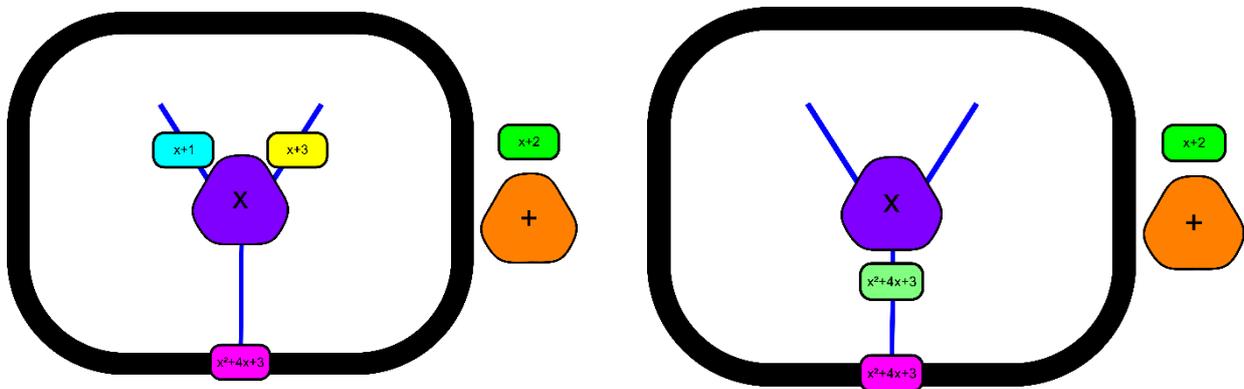


Figura 3. O movimento das caixas.

Caso o jogador tenha encontrado uma solução fica desbloqueado o nível seguinte. Caso contrário, o jogador terá que combinar as caixas de outra forma, até encontrar uma solução. Não existem penalizações por uma solução errada, nem se pode “perder” num determinado nível.

Incentivos

O sistema de incentivos consiste na atribuição de medalhas, que premeiam a experiência e destreza do jogador. Algumas possibilidades são: “Resolveste 10 problemas”, “Resolveste 4 problemas seguidos sem te enganares”, “Resolveste um problema com divisão em menos de 30 segundos”. Os níveis são também apresentados numa escala crescente, que permite ao jogador ver onde se situa em cada momento.

Tutorial

O tutorial é apresentado nos primeiros níveis, onde é explicada a mecânica do jogo e o significado dos vários objetos. Não é explicado, de um modo formal, como se efetuam as várias operações matemáticas envolvidas, mas os casos simples que são apresentados em primeiro lugar permitem ao jogador interiorizar como essas operações são realizadas.

Modo criativo

O jogo tem um modo que permite a construção de novos níveis, através da escolha do objetivo, das ferramentas e dos polinómios dados. Estes níveis podem posteriormente ser apresentados a outros jogadores, como desafio.

Som

O jogo tem música de fundo, baixa, efeitos sonoros quando são efetuadas as diversas operações matemáticas e quando é atingida ou não a solução do problema.

5. Lista de funcionalidades do *Tempoly*

1. Apresentar os expoentes em sobrescrito

O jogo deve indicar os expoentes das várias potências de x em sobrescrito, isto é, x^2 em vez de x^2 , etc.

2. Cálculo explícito

O jogo deve calcular explicitamente as operações realizadas, mostrando todo os resultados, mesmo os parciais, quer correspondam ao objetivo, quer não.

3. Animações das caixas

A partir do momento em que o jogador termina de colocar as caixas, o jogo deve começar a movimentá-las e fazer os cálculos necessários. Se no cálculo final se obtiver o polinómio pretendido, a porta abre-se. Caso contrário, permanece fechada e o jogador terá que fazer alguma modificação na disposição das caixas.

4. Ausência de penalizações

O jogo não deve ser penalizador para o jogador, quando este erra. Não deve assinalar o erro com um som, nem enviar o resultado da performance do jogador para um email. Pretende-se que o aluno jogue como quiser, sem medo de errar e sem sentir que está num teste.

5. Sistema de medalhas

O jogo deve ter um sistema de incentivos, dado através de medalhas. Retirar as mensagens e sons atualmente no jogo.

6. Apresentação dos níveis numa escala crescente

O jogo deve apresentar os níveis já atingido pelo jogador, numa escala crescente.

Exemplo: Se o jogador já tivesse completado o nível 8, isso seria apresentado como na Figura 1. Se o jogador interrompesse o jogo e continuar noutro dia, apenas teria que começar no nível 9. Não poderia começar no nível 10 ou superior, porque ainda não tinha feito o 9, mas poderia jogar novamente um dos níveis já completados, se assim o quisesse.

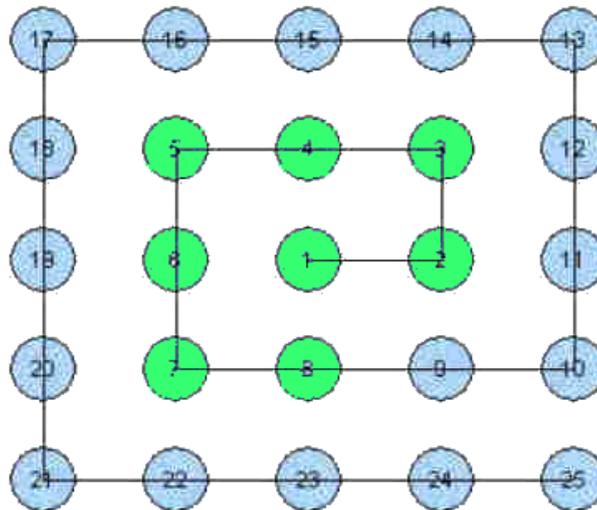


Figura 1. A apresentação dos níveis completados.

7. Possibilidade de apresentar soluções com operações diversas

O jogo deve permitir ao jogador que combine os polinómios dados da forma que quiser para obter o resultado pretendido. Isto não se refere apenas à troca da ordem dos polinómios na adição e na multiplicação, mas também à troca de operadores.

Exemplo: Operadores: +, *:

Polinómios: x , $x+1$, x^2

Objetivo: x^2+x

O jogo deve permitir as soluções $(x)*(x+1)$, $(x)+(x^2)$

8. Possibilidade de apresentar soluções com mais do que uma operação

O jogo deve permitir ao jogador que coloque vários polinómios e operadores na zona de montagem. A prioridade das operações é definida pela forma como as caixas são colocadas. A adição, subtração e multiplicação têm duas zonas de entrada e uma de saída. A divisão tem duas zonas de entrada e duas de saída (uma para o quociente, outra para o resto).

Exemplo: Operadores: +, *:

Polinómios: 1, x , x^2

Objetivo: x^2+x^3

O jogo deve permitir a solução $((1)+(x))*(x^2)$

Para fazer estas operações, o jogador coloca (1) e (x) nas zonas de entrada da adição. Na zona de saída da adição, aparecerá o polinómio (1+x).

O jogador coloca a saída da adição numa entrada da multiplicação e na outra entrada da multiplicação coloca (x^2), como indicado na Figura 2.

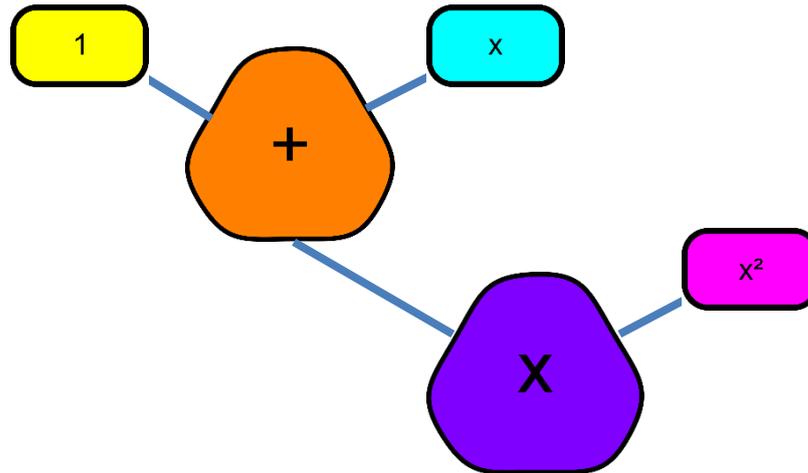


Figura 2. A colocação das caixas.

9. Possibilidade de apresentar soluções com número diferente de operações

O jogo deve permitir que o jogador use um número diferente de operadores para obter o resultado pretendido. Por uma questão de espaço, este número pode estar limitado a 3 operadores.

Exemplo: Operadores: +, -, *, :

Polinómios: 2, x, x^2

Objetivo: $2x^2$

O jogo deve permitir as soluções $(2) \cdot (x^2)$, $(2) \cdot (x) \cdot (x)$ ou $(x) \cdot (x) + (x) \cdot (x)$. A solução $(x^2) \cdot (x^2) \cdot (2)$: $(x) : (x)$, embora corresponda ao objetivo tem operadores a mais e portanto não dá para colocar na zona de montagem.

10. Possibilidade de reutilizar um polinómio e/ou um operador

O jogo deve permitir ao jogador que use a mesma caixa mais do que uma vez.

Exemplo: Operadores: +, *

Polinómios: 1, 3, x

Objetivo: 2x

O jogo deve permitir a solução $(x) + (x)$

11. Modo criativo

O jogo deve permitir a criação de novos níveis. Neste modo criativo, o jogador indica quais são os operadores disponíveis (entre as quatro operações elementares), quais os polinómios iniciais (introduzindo os seus coeficientes), e qual o polinómio objetivo. O jogo deve gravar esta informação de modo que seja possível em seguida jogar esse nível criado.

6. Questionário de satisfação

Afirmação	Concordo	Não concordo nem discordo	Discordo
As peças mexem-se sem dificuldade.			
O jogo bloqueou alguma vez.			
É fácil aprender a usar o jogo.			
Gostei de jogar este jogo.			
Demorei muito tempo a perceber como se joga.			
Jogar este jogo é divertido.			
É fácil ler o que está no ecrã.			
O jogo é confuso.			
Achei o jogo desafiante.			
Os gráficos são apelativos.			
O jogo às vezes não aceita respostas corretas.			
Eu não gostaria de voltar a jogar este jogo.			
Percebi o que era para fazer no jogo.			
O jogo é frustrante.			
O jogo é atrativo.			
Eu recomendaria este jogo aos meus amigos.			
Costumo jogar outros jogos no telemóvel.			

O que gostaste mais no jogo?

O que gostaste menos no jogo?

7. Pré-teste

Simplifica as seguintes expressões:

a) $-7+5$

b) $a+2a+4a$

c) $(2y+1)+(-3y-1)$

d) $(z-7)-(4-z)$

e) $(k^2-2)+(k-5)$

f) $(2t+3)(2t+3)$

g) $(x-7)(x+7)$

h) $(x+1)^2-(x-1)^2$

i) $(2c-1)(2c+1)-(c-2)(4c+1)$

j) $1-(-h^2-h-1)(h-1)$

8. Pós-teste

Simplifica as seguintes expressões:

a) $-8+3$

b) $b+3b+4b$

c) $(3z+2)+(-2z-1)$

d) $(w-6)-(5-w)$

e) $(p^2-3)+(p-7)$

f) $(3s+2)(3s+2)$

g) $(x-6)(x+6)$

h) $(x+2)^2-(x-2)^2$

i) $(3k-1)(3k+1)-(k-2)(9k+1)$

j) $1-(1-y)(y^2+y+1)$

9. Questionário de opinião – versão preliminar

Em cada questão coloca uma cruz (☒) na opção que mais se aproxima da tua opinião.

1. As aulas em que jogaste o *Tempoly* foram:

- Muito interessantes
- Interessantes
- Normais
- Desinteressantes

2. Gostaste de jogar o *Tempoly* na sala de aula?

- Sim
- Foi indiferente
- Não

3. Quando conseguias construir a chave, ficavas entusiasmado?

- Sim
- Às vezes
- Não

4. Gostaste de arrastar os hexágonos?

Sim

É indiferente

Não

5. O jogo *Tempoly* ajudou-te a aprender as operações com polinómios?

Nada

Pouco

Ajudou

6. Depois de jogar o *Tempoly*, gostarias de aprender mais sobre polinómios?

Sim

Talvez

Não

7. No jogo *Tempoly*, os cálculos eram feitos automaticamente. Fazias ao mesmo tempo alguns cálculos mentais ou ficavas apenas a ver?

Apenas ficava a ver

Fazia alguns cálculos mentais

Fazia muitos cálculos mentais´

8. Achaste que o *Tempoly* era:

Difícil

Médio

Fácil

9. Comparando com outras formas de trabalho em Matemática, como fichas de trabalho, trabalhos de casa, etc, gostaste mais ou menos de usar o *Tempoly*?

Menos

O mesmo

Mais

10. Gostarias de utilizar novamente jogos na aula de Matemática:

Sim

Talvez

Não

11. Gostaste que o *Tempoly* te mostrasse quantas jogadas e quanto tempo estavas a fazer em cada desafio?

Sim

É indiferente

Não

12. Gostaste das músicas?

Sim

É indiferente

Não

13. Gostaste dos efeitos sonoros?

Sim

É indiferente

Não

14. Gostaste do modo criativo?

Sim

É indiferente

Não

15. Achaste a ajuda clara?

Sim

Talvez

Não

16. O aspeto gráfico do *Tempoly* é agradável?

Sim

É indiferente

Não

17. Gostaste do tema do jogo (salas num templo que tinham que ser abertas)?

Sim

É indiferente

Não

18. Gostaste do nome das medalhas?

Sim

É indiferente

Não

10. Questionário de opinião

Em cada questão coloca uma cruz (☒) na opção que mais se aproxima da tua opinião.

1. As aulas em que jogaste o *Tempoly* foram:

- Muito interessantes
- Interessantes
- Normais
- Desinteressantes

2. Gostaste de jogar o *Tempoly* na sala de aula?

- Sim
- Foi indiferente
- Não

3. Quando conseguias construir a chave, ficavas entusiasmado?

- Sim
- Às vezes
- Não

4. Quando não conseguias construir a chave, ficavas frustrado?

Sim

Às vezes

Não

5. Gostaste de arrastar os hexágonos?

Sim

É indiferente

Não

6. O jogo *Tempoly* ajudou-te a aprender as operações com polinómios?

Nada

Pouco

Ajudou

7. O jogo ajudou-te a corrigir alguns erros nas operações com polinómios?

Sim

Talvez

Não

8. Depois de jogar o *Tempoly*, gostarias de aprender mais sobre polinómios?

Sim

Talvez

Não

9. O que aprendeste na aula sobre polinómios foi útil para jogar o *Tempoly*?

Nada

Pouco

Sim

10. No jogo *Tempoly*, os cálculos eram feitos automaticamente. Fazias ao mesmo tempo alguns cálculos mentais ou ficavas apenas a ver?

Apenas ficava a ver

Fazia alguns cálculos mentais

Fazia muitos cálculos mentais

11. Tive que pensar muito para jogar o *Tempoly*.

Sim

Talvez

Não

12. Achaste que o *Tempoly* era:

Difícil

Médio

Fácil

13. Comparando com outras formas de trabalho em Matemática, como fichas de trabalho, trabalhos de casa, etc, gostaste mais ou menos de usar o *Tempoly*?

Menos

O mesmo

Mais

14. Gostarias de utilizar novamente jogos na aula de Matemática:

Sim

Talvez

Não

15. Gostaste que o *Tempoly* te mostrasse quantas jogadas estavas a fazer em cada desafio?

Sim

É indiferente

Não

16. Gostaste que o *Tempoly* te mostrasse quanto tempo estavas a usar em cada desafio?

Sim

É indiferente

Não

17. Quando te enganavas na resposta, preferias que o *Tempoly*:

te indicasse um processo correto

te deixasse tentar novamente

É indiferente

18. Jogaste o *Tempoly* com música?

Sim

Não

19. (Se respondeste sim à questão 18)

Gostaste das músicas?

Sim

É indiferente

Não

20. Jogaste o *Tempoly* com efeitos sonoros?

Sim

Não

21. (Se respondeste sim à questão 20)

Gostaste dos efeitos sonoros?

Sim

É indiferente

Não

22. Criaste algum desafio no modo criativo?

Sim

Não

23. Jogaste algum desafio criado com o modo criativo?

Sim

Não

24. (Se respondeste sim à questão 22 ou à questão 23)

Gostaste do modo criativo?

Sim

É indiferente

Não

25. Viste a ajuda do jogo?

Sim

Não

26. (Se respondeste sim à questão 25)

Achaste a ajuda clara?

Sim

Talvez

Não

27. O aspeto gráfico do *Tempoly* é agradável?

Sim

É indiferente

Não

28. Gostaste do tema do jogo (salas num templo que tinham que ser abertas)?

Sim

É indiferente

Não

29. Gostaste do nome das medalhas?

- Sim
- É indiferente
- Não

30. Costumas jogar nos teus dispositivos móveis (telemóvel / *smartphone* / *tablet*)?

- Não / Raramente
- Algumas vezes
- Bastantes vezes

31. Já tinhas utilizado anteriormente dispositivos móveis na aula?

- Não
- Algumas vezes
- Bastantes vezes

32. Já tinhas utilizado anteriormente jogos digitais na aula?

- Não
- Algumas vezes
- Bastantes vezes

33. Gostas de Matemática?

- Sim
- Não

34. Gostaste da unidade de polinómios?

Sim

Não

35. Gostas de estudar Matemática?

Sim

Não

36. Usa este espaço para sugerir melhoramentos ao jogo:

11. Lista de jogos

A.L.E.X. (2014). Awesome Apps.

Angry Birds (2009). Rovio Entertainment.

Astra Eagle (2002). Center for Advanced Technologies of Altoona, Pennsylvania.

Bad Piggies (2012). Rovio Entertainment.

Call of Duty (2003). Activision.

Crossfire (2007). Smilegate.

DragonBox 12+ (2012), WeWantToKnow.

Evolver (2007). DimensionU.

FIFA (1993). Electronic Arts.

Fruit Ninja (2010). Halfbrick Studios.

Grand Theft Auto (1997). Rockstar Games.

Hill Climb Racing (2012). Fingersoft.

Jetpack Joyride (2012). Halfbrick Studios.

Jogo do Tesouro (2009). Cândida Barros.

Little Big Planet (2008). Sony Computer Entertainment.

Minecraft (2011). Mojang.

Number Navigation (2015). Erno Lehtinen.

Pokémon GO (2016). The Pokémon Company.

Pro Evolution Soccer (2001). Konami.

Professor Kageyama's Maths Training – The Hundred Cell Calculation Method (2007). Nintendo.

Puzzle Bobble (1994). Taito Corporation.

Quantum Spectre (2013). TERC.

Semideus (2016). TUT Game Lab.

Skills Arena (2006). University of Michigan.

Snake (1997). Nokia.

Spumone (2012). Northern Illinois University.

Stardolls (2004). Stardoll AB.

Subway Surfers (2012). Kiloo.

The Sims (2000). Maxis.

Wuzzit Trouble (2013). Brainquake.