

## Filme de animação e realidade aumentada: Desenvolvimento de um recurso de aprendizagem para o 2.º Ciclo do ensino básico

José Duarte Cardoso Gomes

Centro de Investigação em Artes e Comunicação, Universidade Aberta, Universidade do Algarve,  
Portugal, jgomes@ciac.uab.pt

Cristina Maria Cardoso Gomes

Centro de Investigação em Artes e Comunicação, Universidade Aberta, Universidade do Algarve,  
Portugal, cmgomes@ciac.uab.pt

Lídia Oliveira

Universidade de Aveiro, Departamento de Comunicação e Arte, *DigiMedia - Research Group on Digital Media and Interaction*, Portugal, lidia@ua.pt

### Abstract

*This article describes the process concerning the development and implementation of educational audio-visual technical resources. The resources were developed using stop-motion animation technique and deployed over a Technological Education (TE) textbook by Augmented Reality (AR) technology. These resources, drawn up in accordance with the principles set out in the Cognitive Theory of Multimedia Learning (TCAM) were made available for a student sample of the 2<sup>nd</sup> Cycle of basic education in a northern Portuguese public school.*

*The prototypes were subject of a study in three parts. The first, according to the Development Research methodology, consisted in the usability evaluation of the prototypes. The second, using the Instructional Material Motivation Survey (IMMS) (Keller 2009) based on ARCS motivation model (Keller 1987) intend*

*to study the impact on the motivation of users. The third, using an experimental design (Kumar 2011), involving control and experimental groups, aims to know the impact on student learning achievements. This article presents the first part of the study. Early results suggest that the audio-visual prototypes implemented in the textbook, are easy to use and to learn complying with general usability parameters, and that the AR technology is mature enough to be used in educational contexts.*

**Keywords:** Educational audio-visual technical resources, *Stop-motion*, Augmented Reality, Cognitive Theory of Multimedia Learning, Motivation.

### Introdução

Na atualidade, a constante evolução da tecnologia de computadores e

telecomunicações alterou profundamente as formas de comunicação e interação dos indivíduos. As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e os dispositivos de computação, fixos ou móveis (portáteis, *smartphones* ou *tablets*) com ligação à internet, desempenham agora um papel vital no quotidiano dos cidadãos, facilitando inúmeras rotinas cognitivas e sociais (Morley and Parker 2014). Nos anos mais recentes, tem-se verificado um esforço no sentido de utilizar a tecnologia para suportar e otimizar as aprendizagens. Para esse efeito, os ambientes de aprendizagem têm integrado, entre outros, a utilização de computadores, materiais multimédia, quadros interativos, internet, ferramentas *Web 2.0*, simulações e jogos (Shirley and Irving 2015). As tecnologias educativas podem utilizar combinações de áudio, dados, gráficos, vídeo ou texto (multimédia) e correspondem a combinações complexas de *hardware* e *software*. Embora as aplicações de tecnologia em contextos educativos sejam frequentemente caracterizadas pela componente de *hardware* mais evidente (por exemplo, computador/*smartphone/tablet*), de um ponto de vista educacional, a natureza do ensino é mais importante do que o dispositivo que a facilita. De acordo com Means (1993) estas aplicações da tecnologia em contexto educativo podem ser categorizadas de acordo com a sua utilização, nomeadamente: tutoriais, exploratórias, aplicações e comunicação.

Na área da Educação Tecnológica (ET), onde a perceção do funcionamento de estruturas e mecanismos é fundamental, os recursos audiovisuais são uma ferramenta importante não só para a explicação de conceitos, como também no estudo e consolidação dos mesmos

pelos alunos. Através da técnica de animação por fotogramas, vulgarmente conhecida como *stop-motion*, e da tecnologia de Realidade Aumentada (RA) é possível desenvolver e implementar este tipo de recursos em livros de texto ou manuais escolares, disponibilizando aos alunos e professores um novo paradigma de interação especialmente apelativo no caso concreto dos alunos mais jovens, vulgarmente conotados com o termo “nativos digitais”, para os quais, os computadores e tecnologias sempre fizeram parte das suas vidas, pelo que demonstram uma motivação natural e apetência para a sua utilização (Prensky 2001).

Sobretudo em ambientes educacionais, embora alguns tipos simples de aprendizagem possam ocorrer com pouca ou nenhuma motivação, de acordo com Schunk (2012), a maior parte da aprendizagem é motivada. Os alunos motivados para aprender envolvem-se nas aulas, realizam atividades de pesquisa e relacionam com experiência e conhecimentos anteriores, colocando questões. Ao contrário de desistirem perante situações difíceis, alunos motivados esforçam-se para vencer as dificuldades. Trabalham em tarefas que não foram solicitadas pelos professores, leem livros de acordo com os seus interesses, resolvem problemas e puzzles, trabalham em projetos no computador. Em suma, a motivação envolve os alunos em atividades que facilitam as aprendizagens. Os professores compreendem a importância da motivação para a aprendizagem e procuram novos processos para aumentar a motivação dos alunos.

Inúmeros estudos têm abordado a utilização da RA em contextos educacionais tendo-se constatado que contribui para a motivação dos alunos (Zorzal, Buccioli, and Kirner 2005; Yuen,

Yaoyuneyong, and Johnson 2011; Lee 2012). Contudo, apesar de significativos níveis de aceitação da tecnologia (El Sayed, Zayed, and Sharawy 2011), a RA não está isenta de limitações relacionadas com fatores humanos (Van Krevelen and Poelman 2010), permanecendo a necessidade de um trabalho continuado entre educadores e pesquisadores no sentido de descobrir como as características da RA podem ser melhor aproveitadas em ambientes educacionais (Billinghurst 2002). Adicionalmente, a escassa investigação na área da aumento de manuais escolares (Velooso 2011; Kesim and Ozarslan 2012; Gomes 2015), justifica o aprofundamento da pesquisa nesta área.

Neste artigo, apresenta-se o processo de desenvolvimento de protótipos de recursos educativos audiovisuais e a sua implementação num manual escolar de ET recorrendo à tecnologia de RA. Através de um estudo dividido em três partes, pretende-se (i) estudar a usabilidade dos protótipos (estudo preliminar), (ii) explorar o impacto da tecnologia de RA na motivação, e (iii) os efeitos na aprendizagem de alunos do 2.º Ciclo do ensino básico.

O artigo está organizado do seguinte modo: A seção II introduz os recursos educativos audiovisuais; a seção III introduz a tecnologia de RA; a seção IV sintetiza a aprendizagem motivada. A seção V introduz a TCAM. Na seção VI sintetiza-se o desenvolvimento e implementação dos recursos educativos audiovisuais. Na seção VII apresenta-se a metodologia utilizada na primeira parte do estudo, a *Development Research* e os resultados do estudo de usabilidade (estudo preliminar) conduzido junto de alunos do 2.º

Ciclo do ensino básico. Finalmente, na seção VIII apresentam-se as conclusões e possibilidades de trabalho futuro.

## **II Recursos educativos audiovisuais**

### **2.1 Recursos educativos**

Ao longo da história do ensino os processos de ensino-aprendizagem têm contado com o contributo de materiais de apoio, também conhecidos como recursos didáticos, pedagógicos ou educativos. No atual panorama educativo em Portugal, o principal recurso de aprendizagem para os alunos no ensino básico é o manual escolar/livro didático (ME). O ME, em função do seu objetivo de instrução, inclui tradicionalmente um conjunto significativo de imagens e ilustrações que procuram complementar a informação textual, facilitando a sua compreensão. As editoras, cientes da importância de promover materiais educativos de qualidade, procuram desenvolver e facultar recursos multimédia complementares aos ME. No caso do ME “Essencial – Educação Tecnológica 2.º Ciclo”, da editora Santillana, está organizado por unidades claramente identificáveis, apresentando textos em linguagem acessível apoiados por um conjunto profuso de fotografias e ilustrações. Os conteúdos multimédia disponibilizados são, respetivamente:

- Animações interativas;
- Realidade aumentada;
- Guias de exploração de ferramentas digitais;

- Híper-páginas;
- Atividades interativas;
- Galerias de imagens;
- Páginas de internet com ligação a ferramentas digitais e a outras de interesse para o desenvolvimento curricular da disciplina.

A componente multimédia do manual encontra-se disponível *online*, para alunos e professores mediante registo prévio. Em ambientes formais, os recursos digitais são utilizados sobretudo pelos professores para exemplificar ou explicar conceitos. Neste contexto, a interação dos alunos com os recursos multimédia é predominantemente passiva.

## **2.2 A experiência audiovisual**

De acordo com a literatura, a experiência audiovisual proporciona uma aproximação eficaz à realidade, tornando mais próximo ou familiar o que inicialmente pode parecer distante ou incompreensível, estabelecendo pontes com o mundo real e o mundo imaginário ou representado. O potencial da comunicação pela imagem é particularmente motivador para os alunos e um objetivo pedagógico a considerar (Moreira and Nejmeddine 2015).

De facto, “a experiência audiovisual exerce uma função informativa alternativa, tornando a realidade mais próxima à medida que permite exemplificar conceitos abstratos, ampliar conceções e pontos de vista, simplificar a compreensão da realidade e estimular a reflexão sobre factos/acontecimentos a partir do contacto com imagens” (Carvalho 1998, 3 *apud* Moreira and Nejmeddine 2015, 12), uma

*affordance* de particular relevo na área da ET, onde é frequentemente necessária a visualização do movimento de mecanismos e estruturas, por exemplo, na área dos operadores mecânicos e processos de transmissão e transformação do movimento.

De acordo com Moreira e Nejmeddine (2015), existem duas tipologias de videogramas que podem ser utilizadas em ambiente escolar: Os vídeos didático-pedagógicos, materiais audiovisuais não narrativos, agrupando vídeos científicos, técnicos e documentários, entre outros, com uma clara intenção de instruir, e os vídeos educativos, que se caracterizam pelo seu potencial pedagógico, apesar de no seu desenvolvimento não ter existido uma intenção necessariamente educativa.

No ensino básico, na grande maioria das áreas disciplinares curriculares, mas muito em particular na área específica de Educação Tecnológica (ET), muitos dos conceitos e teorias requerem explicações práticas, apoiadas por esquemas ou sequências audiovisuais (Gomes 2015), pelo que a utilização de recursos audiovisuais em contexto se apresenta como uma estratégia potencial para a promoção de melhores aprendizagens.

## **III Tecnologia de Realidade Aumentada**

A RA tem sido representada á décadas nos filmes de ficção científica, mas, na atualidade, com a emergência e ubiquidade de dispositivos de computação móveis e aplicações acessíveis como a plataforma Aurasma ([www.aurasma.com](http://www.aurasma.com)), a RA está finalmente ao

alcance do consumidor comum (Roche 2011). Essencialmente, a RA permite que objetos virtuais gerados por computador se sobreponham a objetos do mundo real, em tempo real. A RA visa suplementar o mundo real, em vez de o substituir por completo (Azuma 1997). Uma aplicação de RA pode conter várias funções, sejam dedicadas a interações ou à exibição de conteúdos. Milgram et al. (1995) sugerem que a RA é um ambiente de realidade mista, Figura 1, em que uma parte pertence ao mundo real e outra é virtual. Contudo, o ambiente real é preponderante em relação ao ambiente digital.

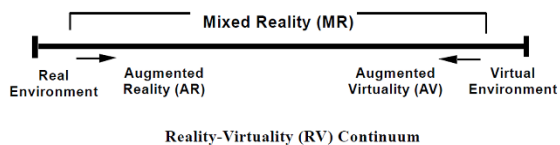


Figura 1 - Continuum Realidade-Virtualidade. Fonte: Milgram et al. (1995, 283)

Com o objetivo de classificar as inúmeras aplicações de RA, Azuma (1997) enuncia três características recorrentes nas aplicações de RA:

- Combinam o mundo real e virtual;
- Permitem interação em tempo real;
- Permitem visualizar objetos em três dimensões.

Madden (2011) contribui para o aprofundamento das características da RA, propondo que é uma tecnologia que permite:

- Combinar o mundo real com gráficos gerados por computador;
- Proporcionar interação em tempo real;
- Seguir/acompanhar objetos em tempo real;

- Proporcionar a identificação/reconhecimento de imagens ou objetos;
- Providenciar contextos ou dados em tempo real.

A tecnologia de RA oferece um conjunto de vantagens e atrativos. Grande parte dos conteúdos estão alojados na nuvem, os algoritmos para reconhecimento de imagem correm no dispositivo móvel estabelecendo a ponte entre dados, informação contextual e outros conteúdos dinâmicos centralizados na nuvem, onde os conteúdos pode ser atualizados com um mínimo de esforço (Roche 2011).

A RA tem sido utilizada em diversas áreas, nomeadamente a visualização médica, serviços de manutenção e reparação, anotação, planificação de percursos para robots, entretenimento e aplicações militares de navegação e tiro (Azuma 1997), turismo e educação (Chen 2014), comércio e publicidade (Roche 2011). Em contextos educativos, a RA foi utilizada em diferentes abordagens, transformando imagens impressas e livros de texto em fontes dinâmicas de informação, interativas e facilmente atualizáveis (Kesim and Ozarslan 2012), contribuindo como suporte de aprendizagens ubíquas (Harrison Hao and Steve Chi-Yin 2012) ou para o desenvolvimento de aplicações específicas em áreas como o ensino da matemática, geometria e visualização de modelos tridimensionais (Redondo et al. 2013).

No contexto educacional, a RA oferece aos alunos a possibilidade de visualizarem um objeto virtual mantendo o sentido de presença no mundo real, uma característica que contribui para um comportamento colaborativo muito

próximo das interações face-a-face (Billinghurst 2002), pode contribuir para melhoria das competências na área da percepção espacial (Kaufmann and Schmalstieg 2003), pode contribuir para tornar a aprendizagem atrativa e eficiente, permitindo uma imersão natural e motivadora do utilizador, aumentando a sua percepção dos conteúdos e garantindo uma melhor aprendizagem (Zorzal, Buccioli, and Kirner 2005), pode melhorar a experiência de leitura de crianças (Tomi and Rambli 2013) e contribuir para maior motivação e empenho (Ibanez et al. 2015; Lu and Liu 2014; Wojciechowski and Cellary 2013), enquanto alternativa a metodologias de ensino tradicionais estabelecendo um novo paradigma de suporte a aprendizagens continuadas bem como suportar processos de autoaprendizagem (Redondo et al. 2013),

#### IV – Aprendizagem motivada

A motivação está intimamente associada às aprendizagens. A motivação e a aprendizagem afetam-se mutuamente. A motivação dos alunos pode influenciar o quê e como aprendem. Por outro lado, à medida que os alunos aprendem e percebem que sabem mais, ficam mais motivados para continuarem a aprender. Em suma, a motivação envolve os alunos em atividades que facilitam as aprendizagens. Os professores compreendem a importância da motivação para a aprendizagem e procuram novos métodos e processos para promover e aumentar a motivação dos alunos para as aprendizagens (Schunk 2012).

O Quadro 1 apresenta o modelo de aprendizagem motivada, em três fases, respetivamente: Antes da tarefa, durante a tarefa e após a tarefa.

Antes da tarefa	Durante a tarefa	Após a tarefa
Objetivos	Variáveis de ensino	Atribuições
Expectativas	Professor	Objetivos
Autoeficácia	Retorno	Expectativas
Resultados	Materiais	Afetos
Valores	Equipamento	Valores
Afetos	Variáveis de contexto	Necessidades
Necessidades	Pares	Apoio social
Apoio social	Ambiente	
	Variáveis pessoais	
	Construção de conhecimento	
	Aquisição de competências	
	Autorregulação	
	Escolha de atividades	
	Esforço	
	Persistência	

Quadro 1 - Modelo da aprendizagem motivada. Fonte Schunk (2012, 357)

A motivação para a aprendizagem em contextos educativos é um conceito central representando processos fisiológicos e psicológicos e também um processo dinâmico que envolve persistência em determinados comportamentos ou atitudes. Quando a motivação está presente e o aluno mostra vontade em participar ativamente nas aulas e de se aplicar nos trabalhos escolares estão construídas as condições para um maior sucesso e eficácia nas aprendizagens

realizadas (Karsenti 1997). No que concerne aos processos de aprendizagem, a motivação deriva de fatores externos ao aluno (motivação extrínseca) e internos (motivação intrínseca). A motivação intrínseca envolve percepções de controlo e competência. O objetivo de obter boas notas ou o retorno e incentivo de um professor funcionam como motivadores extrínsecos que ajudam a desenvolver a motivação intrínseca à medida que o aluno sente confiança e orgulho nas aprendizagens realizadas (Schunk 2012).

No contexto do 2.º Ciclo do ensino básico em Portugal, é particularmente importante desenvolver nos alunos motivadores intrínsecos visando sustentar aprendizagens continuadas de sucesso. Diferentes abordagens educacionais suportadas por recursos educativos e práticas pedagógicas inovadoras podem contribuir para maior motivação e melhores resultados nas aprendizagens. A introdução de recursos audiovisuais disponibilizados através da tecnologia de RA pode contribuir para suscitar maior motivação para as aprendizagens, e é nesse sentido que o presente projeto alicerça as suas fundações.

## **V Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia**

A vasta pesquisa realizada sobre tecnologias educativas, desde o filme aos sistemas tutoriais baseados em computador, documenta uma história de previsões entusiásticas de utilização em larga escala com sucessos e fracassos na implementação efetiva das mesmas.

Cuban (1986, 9–17) cita a afirmação do famoso inventor Thomas Edison, em 1922, na qual afirma que “o filme cinematográfico está destinado a revolucionar o nosso sistema educativo” e “no espaço de alguns anos irá suplantará a utilização de livros de texto”. Contudo, de acordo com Cuban (1986), a investigação demonstrou que o filme cinematográfico tem sido raramente utilizado em sala de aula. Nos anos de 1970, o Ensino Assistido por Computador (EAC) foi apresentado como o futuro da educação, mas a investigação não encontrou evidências relevantes que a sua eficácia fosse significativamente maior que a do ensino tradicional.

Neste contexto, Mayer and Moreno (1998), no seu trabalho *Cognitive Theory of Multimedia Learning: Implications for Design Principles* abordaram o potencial de ambientes de aprendizagem multimédia. Os autores sugerem que é possível conhecer os potenciais benefícios de novas tecnologias educativas recorrendo a fundamentos teóricos suportados em pesquisa focando o modo como os alunos aprendem. A Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia (TCAM) deriva da Teoria de Codificação Dual de Paivio (Paivio, 1986; Clark & Paivio, 1991), no modelo da memória de trabalho (Baddeley, 1992), na teoria da carga cognitiva de Sweller (Chandler & Sweller, 1991; Sweller, Chandler, Tierney & Cooper, 1990), na teoria gerativista (Wittrock, 1989) e no modelo de aprendizagem significativa (Mayer, 1996). Segundo Mayer e Moreno (1998), na aprendizagem multimédia os alunos envolvem-se em três processos cognitivos fundamentais:

- Seleção: Aplica-se à informação verbal recebida para se obter uma base textual e à informação visual recebida para se obter uma base de imagem.
- Organização: Aplica-se à palavra de base para criar um modelo verbal do sistema a ser explicado e à imagem de base para criar um modelo visual do sistema a ser explicado.
- Integração: Ocorre quando o aluno constrói conexões entre acontecimentos.

Uma série de experiências baseadas nestes processos geraram cinco princípios relativamente ao modo como a multimédia pode ajudar os alunos a compreender uma explicação científica:

1. Princípio de Representação Múltipla (*Multiple Representation Principle*): É melhor apresentar uma explicação em palavras e imagens do que unicamente em palavras, ou seja, é melhor utilizar dois métodos de representação do que apenas um.
2. Princípio da Proximidade Espacial (*Contiguity Principle*): Ao apresentar uma explicação multimédia é melhor apresentar as palavras e as imagens correspondentes juntas (próximas/contíguas) do que separadas. O princípio aplica-se em termos espaciais e temporais.
3. Princípio da Não Divisão (*Split-attention Principle*): Sugere que, ao dar uma explicação multimédia, se devem apresentar as palavras como uma narração audível alternativamente à representação visual das palavras (legendas). O

terceiro princípio refere que as palavras devem ser apresentadas preferencialmente auditivamente do que visualmente.

4. Princípio das Diferenças Individuais (*Individual Differences Principle*): Os princípios seguintes são mais importantes para alunos com baixos conhecimentos do que para alunos com conhecimentos elevados e mais importantes para alunos com elevadas capacidades de perceção espacial do que para alunos com baixas capacidades de perceção espacial.
5. Princípio da Coerência (*Coherence Principle*): O princípio sugere que, ao dar uma explicação multimédia, é preferível utilizar menos palavras e imagens supérfluas. Nesse sentido, o quinto princípio sugere que os alunos aprendem melhor a partir de um resumo coerente, que assinala as palavras e imagens relevantes, do que a partir de versões estendidas (Mayer and Moreno 1998)

Em síntese, a TCAM sugere que:

- Os alunos aprendem melhor com a combinação de palavras e imagens do que apenas palavras;
- Os alunos organizam melhor a informação quando existe proximidade espacial/temporal de texto e imagem;
- A apresentação simultânea de texto e imagem no mesmo ecrã pode dividir a atenção dos alunos e sobrecarregar o sistema de processamento de informação;
- Os alunos aprendem de modo diferente;



- Conteúdos irrelevantes ou desnecessários causam uma sobrecarga cognitiva nos alunos, pelo que devem ser excluídos.

Os recursos audiovisuais foram desenvolvidos de acordo com os princípios enunciados na TCAM.

## VI Desenvolvimento dos protótipos

Os recursos audiovisuais descrevem processos de transmissão e transformação do movimento, concretamente:

- Transmissão do movimento através de rodas dentadas.
- Engrenagens.

Estes recursos foram desenvolvidos com recurso à técnica de animação por *stop-motion* (SM). As animações em SM são frequentemente realizadas utilizando objetos do dia-a-dia, barro, figuras flexíveis (*claymation*) ou o corpo humano (*pixillation*). Uma vez que a animação é obtida *frame a frame*, necessita de uma seleção prévia dos materiais e estruturas (Bonanni and Ishii 2009). No caso concreto do presente projeto, pretendia-se ilustrar:

- Processos de transmissão e transformação do movimento (página 105, ilustração 27 do ME);
- Transformação do movimento utilizando engrenagens (página 107, ilustração 34 do ME) e
- Representação do sentido de movimento de engrenagens baseadas

em rodas dentadas (página 107, ilustração 34 “atividades”, B).

Para a animação foram utilizados um tripé, uma câmara digital e um programa de edição de vídeo livre (MovieMaker). As engrenagens foram adaptadas da publicação “Como Funcionam as Máquinas” da Edicare editora. Os fotogramas foram editados com o programa Movie Maker e exportados no formato MPEG-4/H.264.

No sentido de integrar os recursos audiovisuais no ME através da tecnologia de RA, foram produzidas três auras (experiências de RA) com o recurso da ferramenta Aurasma Studio. A criação de auras requer apenas um processo de inscrição simples e isento de custos na página da plataforma (<https://studio.aurasma.com/login>). O processo de criação da experiência de RA ocorre em três passos simples, mas exige que os conteúdos digitais a disponibilizar tenham sido concebidos previamente:

1. Carregamento da imagem de treino: Independentemente de se pretender utilizar uma imagem ou um objeto real como “imagem de treino”, é necessário carregar um ficheiro de imagem no formato JPEG ou PNG. A imagem de treino pode ser indexada a uma referência de GPS, caso se pretenda que a aura funcione apenas num dado ponto geográfico. A imagem de treino permite que o algoritmo de reconhecimento de imagem disponível na *app* Aurasma “identifique” uma aura e exiba a sobreposição digital.
2. Carregamento da sobreposição digital (*overlay*): A sobreposição é o conteúdo digital que o utilizador irá visualizar

quando apontar o seu dispositivo móvel (*smartphone/tablet*) para uma imagem de treino. Pode ser uma cena ou um modelo tridimensional (3-D), um vídeograma, uma imagem/ilustração/gráfico ou uma hiperligação para páginas na internet.

3. Criação de um canal/aura: Os canais funcionam como pastas e contêm coleções de auras. É possível atribuir um nome, descrição e uma imagem a cada canal. Os canais podem ser públicos (acessíveis a todos os utilizadores da *app* Aurasma) ou privados (partilhados apenas com um conjunto específico de utilizadores). A criação da aura estabelece um evento baseado na associação de uma imagem de treino e de uma sobreposição. É possível adicionar ações ou comandos para obter interatividade. A aura pode ser partilhada através de um *Quick Response Code* (QRCode), de uma hiperligação ou pela pesquisa do nome da aura na *app* Aurasma.

O Aurasma Studio permite realizar estas etapas através de um interface muito simples e intuitivo acessível a utilizadores com conhecimentos básicos de informática. A Figura 2 apresenta o interface da aplicação, destacando os três passos de criação de uma aura, respetivamente: Carregamento da imagem de treino (*upload trigger*), Figura 2-A; criação das sobreposições (*create overlays*), Figura 2-B e finalização da aura (*finalize aura*), Figura 2-C.

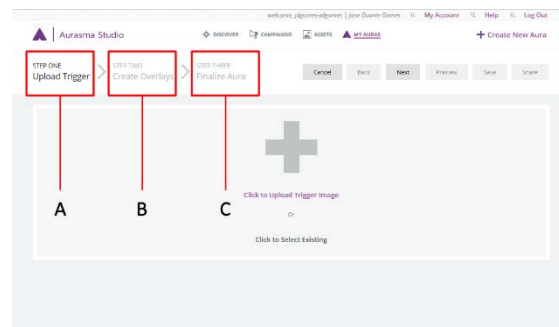


Figura 2 – Aurasma Studio, interface da aplicação *online*.  
Fonte: Autores

As auras elaboradas para o presente estudo foram disponibilizadas em canal público, ficando acessíveis aos utilizadores através da função de pesquisa da *app* Aurasma (disponível para download na Playstore ou App Store). Em síntese, os utilizadores acederam às experiências de RA através da seguinte sequência de procedimentos:

- a) Instalar a *app* Aurasma no *smartphone* ou *tablet*, Figura 3;

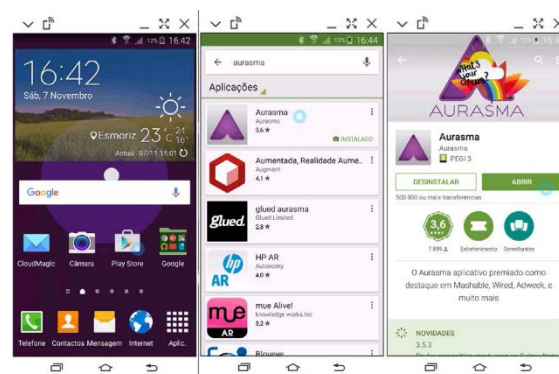


Figura 3 - Etapas para a instalação da *app* Aurasma.  
Fonte: Autores

- b) Abrir a *app* Aurasma e pesquisar o canal JDCG21, selecionando a opção "*follow*", Figura 4;

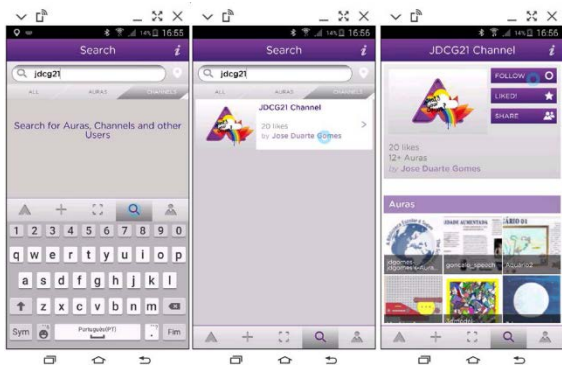


Figura 4 - Pesquisa do canal JDCG21 na *app* Aurasma. Fonte: Autores

c) No modo de visualização, apontar o dispositivo para as páginas do livro intervencionadas, Figura 5, 6 e 7.

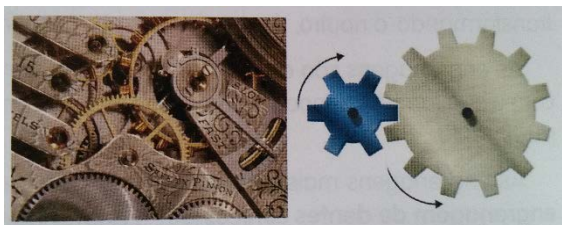


Figura 5 - Visualização da imagem de treino, página 105 do ME "Essencial". Fonte: ME Essencial

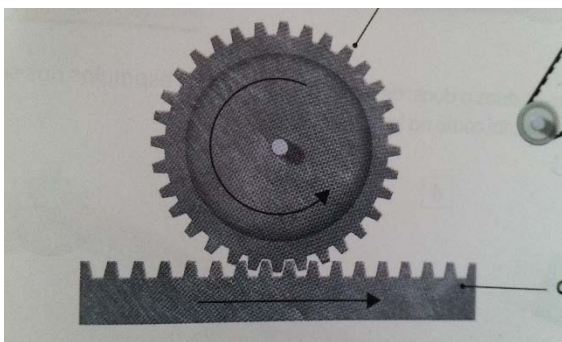


Figura 6 - Visualização da imagem de treino, página 107 do ME Essencial: Fonte: Me essencial

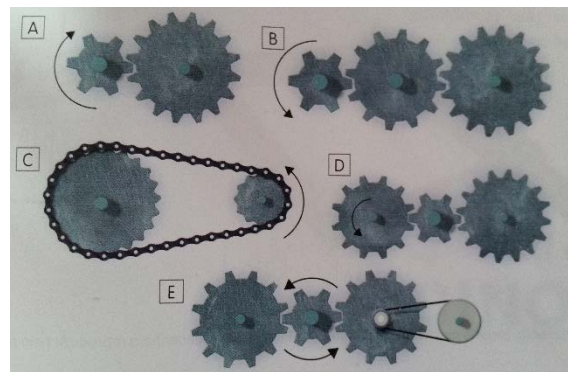


Figura 7 - Visualização da imagem de treino, página 107 do ME "Essencial. Fonte: ME Essencial

As imagens de treino utilizadas e presentes no ME "Essencial" foram incluídas no guião de exploração utilizado no estudo.

## VII Metodologia

O termo *Development Research* (DR) é vulgarmente utilizado para referenciar diversos tipos de pesquisa relacionada com processos de *design* e *desenvolvimento*. Segundo Van den Akker (1999), é comum encontrar designações alternativas para esta metodologia, nomeadamente: *Design Studies*, *Design Experiments*, *Design Research*; *Formative Inquiry*; *Formative Experiments*; *Formative Evaluation*, *Action Research* ou *Engineering Research*. Esta variedade de terminologias, de acordo com o autor, é passível de suscitar uma certa confusão. Termos como "*Action Research*" ou "*Formative Evaluation*" estão associados a tradições tanto na literatura como na prática profissional. Outros dos termos alternativos são mais recentes, contudo, partilham a proliferação de terminologia e uma falta de consenso relativamente às suas definições. Em síntese, enquanto metodologia de investigação, a DR, procura contribuir, quer de um ponto de vista

científico, quer de um ponto de vista prático, para a criação de uma intervenção relativamente a um problema específico. Nesse sentido, a DR, envolve a criação e análise de um determinado processo ou produto. De um ponto de vista pedagógico, a DR enfatiza o processo cíclico, interativo, envolvendo pesquisa e desenvolvimento na qual as ideias teóricas do *designer* contribuem para a criação de produtos testados em contexto escolar, os quais, eventualmente, podem conduzir à criação de recursos com fundamentação empírica, a uma aprendizagem dos criadores e a teorias de aprendizagem em contexto (Van den Akker et al. 2006). No âmbito da DR foi implementado o presente estudo de usabilidade dos protótipos.

### **7.1 Público-alvo**

A investigação apresentada no presente artigo foi realizada num agrupamento de escolas do norte de Portugal, durante o ano letivo de 2015-2016 e incidiu no 2.º Ciclo do ensino básico, envolvendo cinco alunos e cinco professores de Educação Tecnológica (ET).

### **7.2 Objetivos do estudo**

O estudo de usabilidade pretende dar resposta à primeira questão de investigação, nomeadamente, como reagem os alunos aos protótipos no que concerne a parâmetros de usabilidade. O estudo de usabilidade é um teste exploratório centrado no utilizador, e foi concebido para descobrir como os utilizadores respondem às experiências de RA. O estudo

pretende recolher e analisar informação sobre um conjunto de parâmetros de usabilidade, nomeadamente:

- Satisfação.
- Facilidade de utilização.
- Facilidade de aprendizagem.
- Funcionalidade/consistência da interface.
- Confiança.

Com a aplicação do teste pretende-se conhecer aspetos concretos das auras que possam ser redefinidos na elaboração de uma versão intermédia/final dos protótipos, assegurando que estas cumprem com normas de usabilidade/usabilidade pedagógica.

### **7.3 Métodos e técnicas de recolha de dados**

De acordo com Brooke (1996), a usabilidade de qualquer ferramenta ou sistema deve ser analisada no contexto de utilização, e na sua adequação a esse contexto. No caso concreto dos sistemas de informação, esta perspetiva de usabilidade é refletida no padrão ISO 9241-11 e no projeto *Measuring Usability of Systems in Context da Comunidade Europeia*. De acordo com o padrão ISO 9241-11 os parâmetros de usabilidade devem abordar questões relacionadas com:

- Eficácia: A capacidade dos utilizadores terminarem tarefas utilizando o sistema, e a qualidade derivada dessas tarefas.
- Eficiência: O nível de recursos gastos na execução das tarefas.
- Satisfação: As reações subjetivas dos utilizadores ao sistema.

A necessidade de obter respostas a estas questões conduziu ao desenvolvimento do *System Usability Scale* (SUS), uma escala simples baseada em dez itens, que visa proporcionar uma visão global de percepções subjetivas relativas à usabilidade. Cada item usa uma declaração que é avaliada numa escala tipo Likert com cinco ou sete pontos, em que um corresponde a “Discordo completamente” e cinco corresponde a “Concordo completamente”. A escala SUS é geralmente usada imediatamente após o participante ter utilizado o sistema a ser avaliado. Neste instrumento, todos os itens devem ser assinalados. As questões presentes no SUS e os parâmetros de usabilidade avaliados são descritos no Quadro 2.

Parâmetros	Questão
Satisfação	1
Facilidade de utilização	2, 4, 8
Facilidade de aprendizagem	3, 7, 10
Funcionalidade/consistência do interface	5, 6
Confiança	9

Quadro 2 - *System Usability Scale*, parâmetros avaliados e questões

O SUS devolve um número simples representando uma medida composta da usabilidade geral do sistema a ser estudado. As pontuações de cada item não têm significado por si próprios. Para calcular a pontuação do SUS é necessário somar os valores de cada item. A contribuição de cada item varia entre 0 e 4. Para os itens 1, 3, 5, 7, e 9 a contribuição para a pontuação é a posição da escala menos 1. Para os itens 2, 4, 6 e 8 a contribuição é 5 menos a posição assinalada na escala. Finalmente, deve multiplicar-se a

soma das pontuações por 2,5 para obter a pontuação do SUS (Brooke 1996).

Apesar da ampla utilização do SUS existe pouca orientação sobre o processo de interpretar as pontuações. De acordo com Bangor, Kortum, e Miller (2009), o conceito de aplicar uma graduação em letras à usabilidade de um sistema apresenta um ponto de referência fácil de compreender. De acordo com este sistema de classificação, as pontuações ordenam-se da seguinte maneira:

- A – Pontuações acima de 90: Produto/sistema excepcional.
- B – Pontuações entre 80 e 90: Produto/sistema bom.
- C – Pontuações entre 70 e 80: Produto/sistema aceitável.
- Pontuações abaixo de 70: Produto/sistema com problemas de usabilidade.

#### 7.4 Participantes

Os participantes foram selecionados entre os alunos das turmas do 6.º ano a frequentar a disciplina de ET, e os professores de ET do agrupamento. A seleção dos participantes obedeceu a um conjunto de critérios, nomeadamente: Os alunos foram selecionados aleatoriamente entre o universo de alunos do 6.º ano. Os professores, foram convidados a participar no estudo e selecionados entre docentes com uma atitude recetiva à integração das TIC nos processos de ensino-aprendizagem. No total, foram envolvidos seis alunos e três professores. (um número reduzido de participantes é considerado

suficiente para identificar problemas de usabilidade nos protótipos (Koyani, Bailey, and Nall 2004)).

### 7.5 Equipamento e material necessário

- Manual escolar de ET “Essencial” da editora Santillana.
- *Smartphone/tablet* com acesso à internet.
- Guião de exploração.
- Questionário (SUS).
- Sala equipada com mesas e cadeiras.

### 7.6 Procedimentos

No seguimento do processo de seleção aleatório, os alunos e professores foram contactados e convidados a participar no estudo. Todos aceitaram participar. Foi agendada uma data e hora para a realização do teste e foi solicitado aos alunos e professores para trazerem o seu dispositivo móvel (*smartphone* ou *tablet*). O estudo foi realizado numa sala de aula de aula, em duas sessões, uma para alunos e uma para professores, com a duração de cerca de 20 minutos.

### 7.7 Resultados/discussão

#### 7.7.1 – Satisfação

A satisfação dos utilizadores pode ser percecionada através das respostas à questão um, “Penso que gostaria de utilizar este tipo de recurso educativo frequentemente”. Os resultados revelam, relativamente aos alunos, que 83.3% concorda completamente e 16.7% concorda, Figura 8-A. No que respeita aos professores de ET, 66.7% concorda completamente e 33.3% concorda, Figura 8-B.



Figura 8 - System Usability Scale - Declaração 1, alunos e professores. Fonte: Autores

#### 7.7.2 - Facilidade de utilização

A facilidade de utilização pode ser percecionada através das respostas às declarações dois - “Acho o recurso educativo desnecessariamente complexo”, quatro - “Acho que preciso de apoio de um especialista para utilizar este recurso educativo” e oito - “Acho o recurso educativo muito lento e pesado”.

Os resultados relativos à declaração dois revelam: No que respeita aos alunos, 100% dos alunos concorda completamente, Figura 7-A. No que respeita aos professores de ET, 66.7% discorda completamente e 33.3% discorda, Figura 7-B.



Figura 9 - System Usability Scale, declaração 2, alunos e professores. Fonte: Autores

Os resultados relativos à declaração quatro revelam: No que respeita aos alunos, 83.3% dos alunos discorda completamente e 16.7% discorda, Figura 8-A. No que respeita aos professores de ET, 33.3% discorda completamente e 66.7% discorda, Figura 8-B.

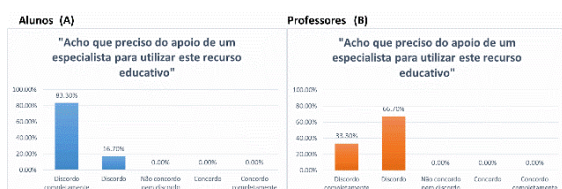


Figura 10 - System Usability Scale, declaração 4, alunos e professores. Fonte: Autores

Os resultados relativos à declaração oito revelam: No que respeita aos alunos e professores as respostas centram-se num único nível, em que 100% dos participantes discorda completamente, Figura 9-A e Figura 9-B.



Figura 11 - System Usability Scale, declaração 8, alunos e professores. Fonte: Autores

### 7.7.3 - Facilidade de aprendizagem na utilização do recurso

A facilidade de aprendizagem pode ser percecionada através das respostas às declarações três - “Acho que o recurso educativo foi muito fácil de utilizar”, sete - “Acho que a maior parte das pessoas aprenderiam a utilizar este recurso educativo com facilidade” e

dez - “Tive que aprender muitas coisas antes de poder usar este recurso educativo”.

Os resultados relativos à declaração três revelam: No que respeita aos alunos, 100% concorda completamente, Figura 10-A. No que respeita aos professores, 66.7% concorda completamente e 33.3% concorda, Figura 10-B.



Figura 12 - System Usability Scale, declaração 3, alunos e professores. Fonte: Autores

Os resultados relativos à declaração sete revelam: No que respeita aos alunos e professores, 100% dos participantes concorda completamente, Figura 11-A e Figura 11-B.

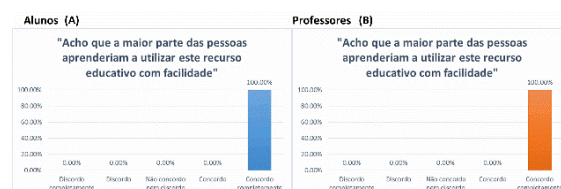


Figura 13 - System Usability Scale, declaração sete, alunos e professores. Fonte: Autores

Os resultados relativos à declaração dez revelam: No que respeita aos alunos, 66.7% concorda completamente e 33.3% concorda, Figura 12-A. No que respeita aos professores, 100% concorda completamente, Figura 12-B.



Figura 14 - System Usability Scale, declaração 10, alunos e professores. Fonte: Autores

### 7.7.4 -Funcionalidade/consistência

A funcionalidade/consistência da interface pode ser percebida através das respostas às declarações cinco - “Acho que as várias funcionalidades do recurso educativo estão bem integradas” e seis - “Acho que este recurso educativo tem muitas inconsistências”.

Os resultados relativos à declaração cinco revelam: No que respeita aos alunos, 33.3% concorda completamente e 66.7% concorda, Figura 13-A. No que respeita aos professores, 100% concorda completamente, Figura 13-B.



Figura 15 - System Usability Scale, declaração 5, alunos e professores. Fonte: Autores

Os resultados relativos à declaração seis revelam: No que respeita aos alunos 33% dos participantes discorda completamente, discorda e não discorda nem concorda, Figura 14-A. No que respeita aos professores, 100% discorda completamente, Figura 14-B.

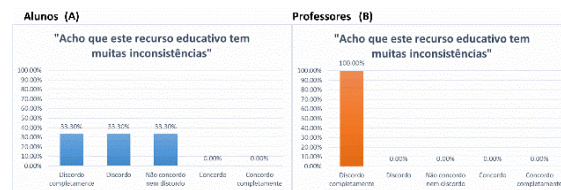


Figura 16 - System Usability Scale, declaração 6, alunos e professores. Fonte: Autores

### 7.7.5 – Confiança

A confiança dos utilizadores pode ser percebida através da resposta à declaração nove - “Senti-me muito confiante a explorar este recurso educativo”.

Os resultados relativos à declaração nove revelam: No que respeita aos alunos 83.3% dos alunos concorda completamente e 16.7% concorda, Figura 15-A. No que respeita aos professores, 100% concorda completamente, Figura 15-B.



Figura 17 - System Usability Scale, declaração 9, alunos e professores. Fonte: Alunos

A pontuação obtida no (SUS) relativamente aos alunos e professores é 93,8 e 90,8, respetivamente. Este resultado permite classificar os protótipos como sistemas de classe A – Produto/sistema excepcional em termos de usabilidade (Bangor, Kortum, and Miller 2009).

Uma análise aprofundada a cada item do SUS permite refletir nas percepções dos alunos e professores em parâmetros como satisfação,



facilidade de utilização, facilidade de aprendizagem, funcionalidade/consistência da interface e confiança. Esta análise revela percepções muito positivas dos utilizadores em relação a todos estes parâmetros. A comparação dos resultados entre as percepções de professores e alunos permite constatar que ambos os grupos têm percepções muito semelhantes relativamente aos parâmetros de usabilidade dos protótipos.

## VIII Conclusões

O presente artigo tinha como objetivo global conhecer como recursos educativos audiovisuais implementados num manual escolar de ET com recurso à tecnologia de Realidade Aumentada (RA) são percebidos pelos utilizadores em termos de usabilidade, como influenciam a motivação e que efeitos produzem nos resultados de aprendizagem junto de alunos do 2.º Ciclo do ensino básico. Este artigo apresentou a primeira parte do estudo: (i) Como os alunos reagem aos protótipos em termos de usabilidade. No contexto do estudo, os protótipos foram implementados em contexto educativo numa escola do ensino básico no norte de Portugal, envolvendo alunos e professores, tendo contado com o apoio e colaboração da direção do agrupamento de escolas.

O estudo de usabilidade procurava conhecer as reações dos alunos aos protótipos de RA, focando parâmetros de satisfação, facilidade de utilização, facilidade de aprendizagem, funcionalidade/consistência da interface e

confiança. As pontuações obtidas no *System Usability Scale* (SUS) foram de 93.8, junto do grupo-amostra de alunos e 90.8 junto do grupo amostra de professores, o que permite definir os protótipos como sistemas de Classe A (Bangor, Kortum, and Miller 2009) em termos de usabilidade, satisfazendo os requisitos de usabilidade pedagógica dos protótipos, nomeadamente a facilidade de utilização e de aprendizagem.

As percepções em relação a estes parâmetros foram extremamente positivas em ambos os grupos. Comparativamente, constatou-se que as pontuações do SUS foram ligeiramente inferiores no grupo de professores.

Em síntese, os resultados da primeira parte do estudo sugerem que a combinação de recursos audiovisuais, manuais escolares e realidade aumentada, é uma abordagem didática viável em termos de usabilidade, sendo este tipo de recursos encarados como fáceis de utilizar/aprender e que os utilizadores gostariam de voltar a utilizar no futuro.

A segunda e terceira do presente estudo permitirão conhecer os efeitos da implementação destes recursos na motivação e nas aprendizagens, constituindo a abordagem do trabalho futuro a desenvolver.

## Bibliografia

- Azuma, Ronald T. 1997. "A Survey of Augmented Reality." *Teleoperators and Virtual Environments* 6 (4): 355–85.
- Bangor, Aaron, Philip Kortum, and James Miller. 2009. "Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale." *JUS Journal of Usability Studies* 4 (3): 114–23.
- Billinghurst, Mark. 2002. "Augmented Reality in Education." *New Horizons for Learning* 12.
- Bonanni, Leonardo, and Hiroshi Ishii. 2009. "Stop-Motion Prototyping for Tangible Interfaces." In *Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction*, 315–16. ACM.
- Brooke, John. 1996. "SUS: A Quick and Dirty Usability Scale." In *Usability Evaluation In Industry*, edited by Patrick W Jordan, B Thomas, Ian Lyall McClelland, and Bernard Weerdmeester. London: CRC Press.
- Chen, Weiqin. 2014. "Historical Oslo on a Handheld Device – A Mobile Augmented Reality Application." *Procedia Computer Science* 35 (0): 979–85.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2014.08.180>.
- Cuban, Larry. 1986. *Teachers and Machines: The Classroom Use of Technology since 1920*. Teachers College Press.
- El Sayed, Neven A M, Hala H Zayed, and Mohamed I Sharawy. 2011. "ARSC: Augmented Reality Student Card." *Computers & Education* 56 (4): 1045–61.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.019>.
- Gomes, José Duarte Cardoso. 2015. "Realidade Aumentada Em Manuais Escolares de Educação Visual No 2.º Ciclo Do Ensino Básico." Universidade de Aveiro.
- Harrison Hao, Yang, and Yuen Steve Chi-Yin. 2012. "Handbook of Research on Practices and Outcomes in Virtual Worlds and Environments." Hershey, PA, USA: IGI Global. doi:[10.4018/978-1-60960-762-3](https://doi.org/10.4018/978-1-60960-762-3).
- Ibanez, M B, A Di-Serio, D Villaran-Molina, and C Delgado-Kloos. 2015. "Augmented Reality-Based Simulators as Discovery Learning Tools: An Empirical Study." *Education, IEEE Transactions on* 58 (3): 208–13.  
doi:[10.1109/TE.2014.2379712](https://doi.org/10.1109/TE.2014.2379712).
- Karsenti, Thierry. 1997. "Comment Le Recours Aux TIC En Pédagogie Universitaire Peut Favoriser La Motivation Des étudiants: Le Cas D'un Cours Médiatisé Sur Le Web." *Nouveaux C@ Hiers de La Recherche En éducation* 4 (3): 455–84.
- Kaufmann, Hannes, and Dieter Schmalstieg. 2003. "Mathematics and Geometry Education with Collaborative Augmented Reality." *Computers & Graphics* 27 (3): 339–45.
- Keller, John M. 1987. "Development and Use of the ARCS Model of Instructional Design." *Journal of Instructional Development* 10 (3): 2–10.
- . 2009. *Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach*. Springer Science & Business Media.
- Kesim, Mehmet, and Yasin Ozarslan. 2012. "Augmented Reality in Education: Current Technologies and the Potential for Education." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 47 (0): 297–302.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.654>.
- Koyani, Sanjay J., Robert W. Bailey, and Janice R. Nall. 2004. *Research-Based Web Design & Usability Guidelines*. Computer Psychology.
- Kumar, Ranjit. 2011. *Research Methodology a Step-by-Step Guide for Beginners*. 3rd ed. London: SAGE Publications Lda.

- Lee, Kangdon. 2012. "The Future of Learning and Training in Augmented Reality." *InSight: A Journal of Schorlaly Teaching* 7: 31–42.
- Lu, Su-Ju, and Ying-Chieh Liu. 2014. "Integrating Augmented Reality Technology to Enhance Children's Learning in Marine Education." *Environmental Education Research* 21 (4). Routledge: 525–41. doi:10.1080/13504622.2014.911247.
- Madden, Lester. 2011. *Professional Augmented Reality Browsers for Smartphones: Programming for Junaio, Layar, and Wikitude*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- Mayer, Richard E, and Roxana Moreno. 1998. "A Cognitive Theory of Multimedia Learning: Implications for Design Principles." *Journal of Educational Psychology* 91 (2): 358–68.
- Means, Barbara. 1993. *Using Technology to Support Education Reform*. ERIC.
- Milgram, Paul, Haruo Takemura, Akira Utsumi, and Fumio Kishino. 1995. "Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum." In *Photonics for Industrial Applications*, 282–92. International Society for Optics and Photonics.
- Moreira, J. António, and Fouad Nejmeddine. 2015. *O Vídeo Como Dispositivo Pedagógico E Possibilidade de Utilização Didática*. Santo Tirso: Whitebooks.
- Morley, Deborah, and Charles S. Parker. 2014. *Understanding Computers: Today and Tomorrow*. 15th Editi. Stamford: Course Technology.
- Prensky, Marc. 2001. "Digital Natives, Digital Immigrants Part 1." *On the Horizon*.
- Redondo, Ernest, David Fonseca, Albert Sánchez, and Isidro Navarro. 2013. "New Strategies Using Handheld Augmented Reality and Mobile Learning-Teaching Methodologies, in Architecture and Building Engineering Degrees." *Procedia Computer Science* 25 (0): 52–61. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.007.
- Roche, Kyle. 2011. *Pro IOS 5 Augmented Reality*. New York: Apress.
- Schunk, Dale H. 2012. *Learning Theories*. 6th ed. Boston, MA: Pearson.
- Shirley, Melissa L, and Karen E Irving. 2015. "Connected Classroom Technology Facilitates Multiple Components of Formative Assessment Practice." *Journal of Science Education and Technology* 24 (1): 56–68.
- Tomi, Azfar Bin, and Dayang Rohaya Awang Rambli. 2013. "An Interactive Mobile Augmented Reality Magical Playbook: Learning Number with the Thirsty Crow." *Procedia Computer Science* 25 (0): 123–30. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.015.
- Van den Akker, Jan. 1999. "Principles and Methods of Development Research." In *Design Approaches and Tools in Education and Training*, 1–14. Springer.
- Van den Akker, Jan, Koeno Gravemeijer, Susan McKenney, and Nienke Nieveen. 2006. *Educational Design Research*. Routledge.
- Van Krevelen, D W F, and R Poelman. 2010. "A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations." *International Journal of Virtual Reality* 9 (2): 1.
- Veloso, Nuno Filipe Oliveira. 2011. "Realidade Aumentada No Ensino: Prototipagem Com Um Manual Escolar." Master's Thesis, Universidade de Aveiro. http://ria.ua.pt/handle/10773/7503.
- Wojciechowski, Rafal, and Wojciech Cellary. 2013. "Evaluation of Learners' Attitude toward Learning in ARIES Augmented Reality

Environments." *Computers and Education - Elsevier*, 570–85.

Yuen, S, Gallayanee Yaoyuneyong, and Erik Johnson. 2011. "Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education." *Journal of Educational Technology Development and Exchange* 4 (1): 119–40.

Zorzal, Ezequiel Roberto, Arthur A Bastos Buccioli, and Claudio Kirner. 2005. "O Uso Da Realidade Aumentada No Aprendizado Musical." In . *Workshop de Aplicações de Realidade Virtual*, Minas Gerais.  
<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/warv/2005/0012.pdf>.