

Desenvolvimento de uma Ferramenta de Apoio ao Ensino de Desenho Técnico Básico

Nuno Alexandre Macedo de Castro

Mestrado em Multimédia da Universidade do Porto

Orientador: João Manuel Ribeiro da Silva Tavares (Professor Doutor)

Junho de 2016

Nuno Alexandre Macedo de Castro, 2016

Desenvolvimento de uma Ferramenta de Apoio ao Ensino de Desenho Técnico Básico

Nuno Alexandre Macedo de Castro

Mestrado em Multimédia da Universidade do Porto

Aprovado em provas públicas pelo Júri:

Presidente: Carla Sofia Lopes Morais (Professora Doutora)

Arguente: Brígida Mónica Teixeira de Faria (Professora Doutora)

Vogal: João Manuel Ribeiro da Silva Tavares (Professor Doutor)

Nas suas histórias há um exemplo para os sensatos.

O Alcorão, 12:111

Resumo

Esta dissertação apresenta uma proposta de uma ferramenta de realidade aumentada de apoio ao ensino de Desenho Técnico básico, i.e., todos os temas, práticas e conceitos que estão na base desta vasta disciplina de expressão gráfica em Engenharia.

É feito um enquadramento teórico no Desenho Técnico, recorrendo a três obras de referência no Ensino Superior para estabelecer uma estrutura de progressão na aprendizagem. É ainda feito um enquadramento breve da Multimédia no Ensino, com enfoque especial para as affordances da Realidade Aumentada e das Tecnologias Ubíquas. Dá-se particular destaque nesta revisão de literatura a estudos que tenham implementado, com sucesso, ferramentas multimédia de apoio ao Ensino de Desenho Técnico e ao incremento das capacidades de visualização e raciocínio espacial do aluno.

Este documento serve, portanto, de acompanhamento ao protótipo, que está descrito no capítulo final desta dissertação e deverá ser um ponto de partida para estudos posteriores em que se possa melhorar e implementar a solução aqui desenvolvida.

Abstract

This dissertation presents an augmented reality system to aid in the teaching and learning of basic engineering drawing, i.e., the themes, practices and concepts related to the basics of this vast discipline, with a special focus on the reading of objects in represented in pictorial axonometric projection.

The document provides a theoretical framework of Engineering Drawing through the analysis of three major reference works of the portuguese Higher Education system, which in turn forms the foundation of the progression in this discipline.

We also provide a framework and a brief historical overview of Multimedia in Education, with a highlight on the affordances of Augmented Reality and Ubiquitous Technologies. The literature survey will also be looking closely at examples of development and implementation of other tools which have been proven successful as a learning aid and as a tool to enhance the spatial thinking and visualization skills of sutdents.

This dissertation is, therefore, a companion to the prototype which it describes and should be used a starting point and reference for future studies that can implement and improve it.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer meu orientador, o Professor Doutor João Manuel Ribeiro da Silva Tavares, de quem partiu a ideia original de desenvolver um trabalho neste âmbito. Agradeço-lhe a disponibilidade, a prontidão nas respostas e a calma que me inspirou desde o início deste processo. Agradeço também a todo o corpo docente do Mestrado em Multimédia, um grupo sempre encorajador e atento.

Não posso deixar de mencionar o Tozé, professor no centro de estudos ExplicaGeometria, pelo seu interesse no meu trabalho e pela forma cuidada, interessada e absolutamente generosa com que me recebeu e me ensinou as bases do Desenho Técnico, acerca das quais nada sabia até me dirigir a ele. A crença risonha que este saudoso Mestre depositou em mim foi o braço vencedor que me empurrou, transportando-me até ao final desta importante etapa académica.

Deixo também uma palavra de apreço ao meu amigo Wilson Vasconcelos, que me disponibilizou uma vasta coleção de exercícios e materiais de apoio de Desenho Técnico.

Aos meus pais, que tornaram esta contenda possível, agradeço-lhes a confiança e tranquilizante paciência com que acompanharam mais um ciclo. É justo e necessário dizer que, sem este precioso e constante apoio, não teria sido possível iniciar o ciclo de estudos que agora se aproxima do final. Por esse motivo lhes dedico, simbolicamente, este documento.

A minha gratidão ao fabuloso Apollo, luminoso felino, fiel protector dos meus documentos, do meu computador e das minhas fotocópias, que adornou com brilhantes pêlos tricolores.

Por ultimo, a minha gratidão à Maria, por ser a minha guarda e uma lembrança constante do dever que assumi. Agradeço-lhe, sobretudo, por ter sido realmente aquela pessoa que nunca, em qualquer circunstância, duvidou que eu conseguisse terminar esta etapa com sucesso - mesmo quando eu próprio duvidei. Pela sua lealdade e pelos seus desenhos *impromptu* nos meus documentos e folhas espalhadas pela casa - de onde retirei e mantive presente a alegria de tudo - a minha profunda gratidão.

<Autor>

Índice

1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Problema, Hipótese e Objetivos de Investigação.....	3
1.3 Metodologia de Investigação	4
1.4 Estrutura da Dissertação	5
2. Ensino de Desenho Técnico Básico	7
2.1 Contextualização.....	7
2.2 “Bases” do Desenho Técnico: a Geometria e o racíonio e visualização espacial	10
2.3 Progressão da aprendizagem em Desenho Técnico Básico	17
2.3.1 Exemplos de estruturação dos conteúdos	18
2.3.2 Perfil da progressão na aprendizagem de base em Desenho Técnico.....	27
2.4 Resumo	30
3. Multimédia no Ensino e Tecnologias Utilizadas	31
3.1 Introdução	31
3.1.1 Panorama actual.....	35
3.2 As tecnologias ubíquas e a aprendizagem móvel	37
3.3 Realidade Aumentada	39
3.4 Resumo	42
4. Análise de Ferramentas de Apoio ao Ensino de Desenho Técnico Básico.....	45
4.1 Introdução	45
4.2 Ferramentas de apoio ao desenvolvimento do racíonio espacial e aquisição de conhecimentos básicos.....	47
4.2.1 Desenvolvimento de competência através de ferramentas com sólidos tangíveis...49	
4.2.2 Desenvolvimento de aptidões espaciais e aquisição de conhecimentos de Desenho Técnico em ferramentas Web	51
4.2.3 Desenvolvimento de aptidões espaciais e aquisição de conhecimentos básicos em ferramentas móveis	55
4.3 Ferramentas de apoio ao ensino de Desenho Técnico	57
4.3.1 Ferramentas de apoio ao ensino de Desenho Técnico em dispositivos móveis.....	58

4.3.2 Ferramentas Web.....	59
4.3.3 Ferramentas que utilizam a Realidade Aumentada.....	62
4.4 Resumo	64
5. Desenvolvimento do Protótipo	68
5.1 Introdução	68
5.2 O projecto SpatialThinker.....	69
5.3 Estudo de implementação em tecnologia móvel.....	73
5.3.1 Descrição do plano de desenvolvimento e funcionamento.....	74
5.3.2 Fases de desenvolvimento de uma aplicação de Realidade Aumentada.....	75
5.3.3 Dificuldades encontradas.....	77
5.4 Resumo	78
6. Conclusões e Trabalho Futuro	79
6.1 Conclusões do Estudo	79
6.2 Trabalho Futuro	82
Referências.....	84

Lista de Tabelas

Tabela 1: Resumo e caracterização das ferramentas analisadas

67

Lista de Figuras

Figura 1.1: Exemplo de um desenho de catálogo (http://goo.gl/0ZkGrK)	1
Figura 2.1: Exemplo em FreeCAD (https://goo.gl/Si07tK)	9
Figura 2.2: Exemplo de perguntas dos testes DAT:SR e MRT (extraído de Martín-Gutiérrez et al. 2013)	11
Figura 2.3: Exemplo de exercício (Pedrosa, Barbero, & Miguel 2014)	14
Figura 2.4: projecção ortográfica	19
Figura 2.5: Planificação das faces (3º diedro)	20
Figura 2.6: Comparação dos vários tipos de representação (SharkD - Own work, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8497328)	21
Figura 2.7: Exemplos de cotagem com linhas de cota, linhas auxiliares, medidas numéricas e setas que indicam os limites da medida.	22
Figura 2.8: Desenho de cortes e vista lateral	25
Figura 2.9: Exemplo de projecção oblíqua	28
Figura 2.10: Exemplo de Axonometria Cavaleira	29
Figura 3.1: Modelo TPACK (Mishra & Koehler 2006)	36
Figura 3.2: Protótipo em dispositivo móvel - <i>tablet</i> (de la Torre et. al. 2013)	38
Figura 3.3: Exemplo de modelo projectado (RA) - Thornton, Ernst, & Clark (2012)	40
Figura 3.4: Aplicações de ensino com RA (Nee et al. 2012)	41
Figura 4.1: Exercício do "Visual Assessment and Training Program"	48
Figura 4.2: Exercício do Multiview Drawing (Connolly e Maicher, 2005)	49
Figura 4.3: Modelos CAD desenvolvidos a partir de modelos tangíveis (Martín-Dorta, Saorín, & Contero 2008)	50
Figura 4.4: Exercício da plataforma CalcUBU (Pedrosa, Barbero, and Miguel 2014)	52
Figura 4.5: Exercício de ponto de observação (Morán et al. 2008)	53
Figura 4.6: Exercício dos tetraedros (Morán et al. 2008)	54
Figura 4.7: Plataforma desenvolvida por (Martín-Dorta, Saorin & Contero 2011)	55
Figura 4.8: Plataforma implementada em (Martín-Dorta et al. 2013)	56
Figura 4.9: Vista do livro multitoque de Saorín, Torre, et al. (2013)	58
Figura 4.10: Exercício no AIMEC-DT (Morales et al. 2009)	60
Figura 4.11: CADFLASH (Pando Cerra et al. 2013)	61

Figura 4.12: Livro de exercícios com RA (Martín-Gutiérrez et al. 2010)	63
Figura 4.13: Exemplo do livro de Dorribo-Camba & Contero (2013)	64
Figura 4.14: Excerto do livro criado por Dorribo-Camba & Contero (2013) com marcadores de RA incluídos	66
Figura 5.1: vista da interface de programação em Blender com o exemplo descrito	70
Figura 5.2: Diagrama de funcionamento do SpatialThinker	71
Figura 5.3: Operação do exemplo simpleLite.pde com o modelo obtido através dos ficheiros .faces e .vertices	72
Figura 5.4: Menu inicial da aplicação DT:RA.	73
Figura 5.5: esquema de desenvolvimento nativo no ARToolKit	74
Figura 5.6: Camadas de uma aplicação de Realidade Aumentada	75
Figura 5.7: camadas da visualização de elementos de RA no ecrã (https://artoolkit.org/documentation/doku.php?id=4_Android:android_developing)	77

Abreviaturas e Símbolos

API	Application Programming Interface
DT	Desenho Técnico
GD	Geometria Descritiva
MRT	Teste de Rotação Mental
CAD	Desenho Assistido por Computador
CAM	Manufatura Assistida por Computador
DAT:SR	Teste de Aptidão Diferencial
JNI	Java Native Interface
nyar4psg	NyARToolkit for Processing
PSVT:R	Teste de Visualização Espacial de Purdue
STEM	Science Technology Engineering and Mathematics
WWW	World Wide Web

1. Introdução

Neste primeiro capítulo, apresenta-se um enquadramento do estudo, i.e, em que disciplina se insere, quais são as motivações para o mesmo, quais os objectivos, as principais questões levantadas e como se procede à procura de respostas para as mesmas. Veremos, pela primeira vez, alguns dos termos e algumas das ideias que sustentam esta dissertação. Também se faz uma classificação do estudo e apresenta-se, de forma breve, a forma como está organizado.

1.1 Enquadramento

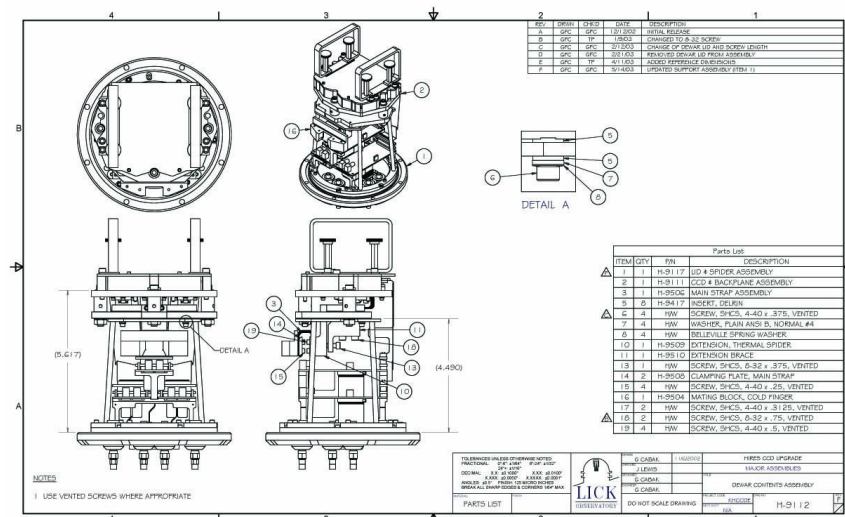


Figura 1.1: Exemplo de um desenho de catálogo (<http://goo.gl/0ZkGrK>)

O Desenho Técnico é uma disciplina essencial para as actividades da Engenharia e da Arquitectura, sendo que os princípios de desenho de construção e de rigor também podem estar presentes no Design – especificamente no seu ramo Industrial. A disciplina está completamente integrada no sistema formal de ensino, sendo lecionada em todas as instituições públicas de

Ensino Superior em Portugal Continental e Regiões Autónomas, sendo que se conseguem registar 56 instâncias em que o Desenho Técnico é ministrado e em que existe documentação acerca da organização das Unidades Curriculares. O Desenho Técnico constitui, defendem os autores Silva, Tavares & Ribeiro (2004) uma linguagem específica. Tal como qualquer linguagem, o seu processo de aprendizagem é moroso, requerendo grande dedicação por parte dos alunos. A progressão na aprendizagem nesta disciplina desencadeia-se de forma progressiva, num percurso que se inicia com os tópicos dos sistemas de representação mais básicos até às representações detalhadas de objectos ou conjuntos de objectos complexos, estando esta temática mais próxima da realidade industrial (Figura 1.1). Os exemplos iniciais estão normalmente ilustrados com o auxílio de peças simples. Já os exemplos mais avançados recorrem a peças compostas, ou conjuntos de peças, com geometrias variáveis. O processo de execução e leitura de um desenho requer, como veremos, grande rigor e o processo de aprendizagem das técnicas nem sempre é suave. Os alunos revelam, aliás, uma grande dificuldade na leitura de desenhos, principalmente na leitura e execução de exercícios que envolvam a realização da representação perspéctica (“tridimensional”) de uma peça a partir das representações ortográficas (bidimensionais) das suas vistas. Esta dificuldade pode ter consequências desagradáveis para os alunos quer a nível académico, quer a nível profissional. Embora esteja fora do âmbito deste estudo, uma das razões que podem estar na raiz destas dificuldades é a falta de preparação prévia dos alunos. Efectivamente, para além de estar a ser deixada de parte como disciplina específica de exame para acesso ao ensino superior em alguns cursos, a Geometria Descritiva (que é a disciplina que define os sistemas de representação do Desenho Técnico) começa também a ser apenas ministrada a alunos que escolhem o perfil de Artes Visuais no Ensino Secundário, uma vez que muitos alunos do perfil de Ciências e Tecnologias preferem outras disciplinas em detrimento daquela. A falta de prática nestas idades pode contribuir para um desenvolvimento pouco sustentado das capacidades de raciocínio e visualização espacial, o que pode ser prejudicial para o sucesso geral do aluno. Principalmente considerando que estas faculdades são essenciais nas STEM em geral (Sorby, 1999).

O trabalho continuado e a dedicação do aluno podem ser suficientes para suprimir estas lacunas, mas é, apesar disso, conveniente adereçá-las da forma mais eficiente possível. As tecnologias multimédia podem ser utilizadas de forma muito vantajosa nestes casos. No domínio específico dos conteúdos introdutórios da disciplina de Desenho Técnico, existem vários exemplos de implementação e validação de ferramentas específicas para o apoio à aquisição de rotinas mentais que auxiliam e desenvolvem as capacidades de leitura e compreensão dos desenhos (Martín-Gutiérrez et al. 2010; de la Torre et al. 2013; Camba, Contero, & Salvador-Hernandez 2014).

1.2 Problema, Hipótese e Objetivos de Investigação

O objectivo deste estudo é o de levantar exemplos práticos de desenvolvimento e implementação de ferramentas de apoio ao ensino de conceitos básicos de Desenho Técnico, bem como descrever o processo de desenvolvimento de uma ferramenta deste tipo. Procurar-se-á satisfazer estes objectivos realizando uma revisão de literatura que nos aponte um conjunto de estratégias e exemplos para o desenvolvimento de ferramentas pedagógicas e didáticas que possam efectivamente melhorar o desempenho do aluno na disciplina de Desenho Técnico.

Um estudo que inspirou esta dissertação foi o de de la Torre, Saorin, Contero & Dorribo-Camba (2013), em que exploração a criação de um protótipo para esboço de desenhos técnicos numa plataforma multitoque. Este estudo apresenta um caso concreto em que se recorre às plataformas ubíquas para a implementação de uma ferramenta didática. Procurar-se-á desenvolver um protótipo numa plataforma desse tipo

Esse processo tem um conjunto de implicações, que são aqui colocados como problemas:

- Qual é a progressão dos conteúdos nesta disciplina?
- Quais são as maiores dificuldades dos alunos de nível introdutório na disciplina de Desenho Técnico?
- Qual é a forma mais eficiente de as suprimir?
- Como podem as ferramentas multimédia auxiliar na tarefa de tornar o processo de ensino-aprendizagem mais eficiente?
- Como podem as ferramentas multimédia contribuir para o incremento das capacidades dos alunos e que exemplos existem?

Estas questões são as mais essenciais neste estudo. Verificamos que nenhuma destas questões se prende directamente com a escolha e adequação da abordagem pedagógica em cada momento lectivo. Essa temática está fora do âmbito deste documento.

Consigo identificar três grandes questões orientadoras para esta dissertação.

- Que ferramentas foram desenvolvidas até hoje para tornar mais eficiente o ensino de Desenho Técnico?

- Quais são as tecnologias disponíveis hoje que trariam benefícios reais a esse processo de ensino?

- Como desenvolver uma ferramenta que possa ser utilizada como auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de Desenho Técnico?

Dá-se um foco especial aos exemplos de trabalhos anteriores que tenham aplicado eficazmente as tecnologias multimédia mais recentes. Vai procurar-se, através da análise de vários exemplos, trazer a solução para o problema de investigação de como utilizar as ferramentas multimédia (concretamente a Realidade Aumentada e as Tecnologias Móveis) para

criar uma ferramenta de apoio ao ensino de Desenho Técnico que traga benefícios aos alunos de nível introdutório. Procura-se capitalizar as oportunidades que estas tecnologias trazem e contribuir para o mapeamento das suas *affordances*, no sentido de responder ao problema central desta investigação, que é uma consequência lógica da matriz que traçamos até aqui: como desenvolver uma ferramenta baseada nas tecnologias ubíquas e em realidade aumentada que possa trazer benefícios aos alunos de nível introdutório em Desenho Técnico?

1.3 Metodologia de Investigação

Este estudo é um processo de investigação e desenvolvimento, que pode ser dividido em duas fases metodológicas. A primeira fase consiste numa revisão de literatura, que procurou, em primeiro lugar, estabelecer qual o discurso que caracteriza e enquadra a disciplina do nosso interesse (o Desenho Técnico). Em segundo lugar, procurou-se definir e enquadrar a Multimédia na Educação, através da organização cronológica dos avanços tecnológicos e científicos ocorridos nos últimos vinte anos. Também se procurou estabelecer qual ou quais as práticas vigentes e tecnologias disponíveis no que toca à Realidade Aumentada e às Tecnologias Móveis. Por fim, foram levantados exemplos de implementação de ferramentas de apoio ao ensino de desenho técnico e\ou outras áreas da expressão gráfica em engenharia, por forma a adquirir informação acerca do tipo de ferramentas que foram desenvolvidas, quais os contextos lectivos ideais para a sua implementação, quais as suas *affordances* e se a sua implementação contribuiu efectivamente para o sucesso e incremento da capacidade dos alunos. Este processo concluiria a fase de revisão de literatura, a primeira fase metodológica deste estudo.

Iniciando a segunda fase, procedeu-se ao desenvolvimento de um protótipo funcional. São descritas as bibliotecas e software utilizado e o esquema de funcionamento do protótipo. Um processo de desenvolvimento de software deve incluir uma fase curta de implementação, para recolha de dados preliminares. Esta fase permitiria tirar as primeiras conclusões acerca da ferramenta desenvolvida. No entanto, neste estudo optou-se por não proceder desse modo. Embora esta decisão constitua um risco, as contingências temporais deste estudo fariam com que esse processo fosse pouco vantajoso. Com efeito, o desenvolvimento só atingiria a fase funcional no final do ano lectivo e uma ferramenta deste tipo tem a sua fase de aplicabilidade durante a fase introdutória dos estudos de Desenho Técnico. A revisão de literatura atestará, como veremos, a esse mesmo facto. Um dos objectivos da implementação deste tipo de ferramenta é o incremento e\ou a normalização dos níveis de aptidão espacial (raciocínio e visualização). Esse processo é apenas aplicável aquando da chegada dos novos alunos a ciclos de estudos que incluam a disciplina de Desenho Técnico.

1.4 Estrutura da Dissertação

O primeiro capítulo desta dissertação é esta Introdução. O segundo capítulo é acerca do Desenho Técnico enquanto disciplina, i.e., quais são os seus conteúdos temáticos, qual é a progressão na disciplina, quais são os sistemas de representação utilizados e qual é o vocabulário principal. Também se exploram as bases da disciplina, i.e., a Geometria Descritiva e os processos cognitivos que estão mais directamente ligados a estas disciplinas. O terceiro capítulo ocupar-se-á do tema da multimédia no ensino, com um foco especial para as tecnologias ubíquas e a realidade aumentada. O capítulo seguinte segue o encaixe dos capítulos anteriores, reenquadrando a dissertação nas ferramentas de apoio ao ensino de Desenho Técnico. São também analisadas algumas ferramentas de apoio ao ensino da Geometria Descritiva, uma vez que algumas das práticas desta disciplina são utilizadas no Desenho Técnico, pelo que uma análise das escolhas de metodologia e da pedagogia desta disciplina tem muito a oferecer ao corpo crítico desta tese.

O quinto capítulo descereverá o processo de desenvolvimento do protótipo e quais as suas características fundamentais. Descreve as decisões tomadas durante esse processo e quais os resultados esperados na sua implementação, comparando as suas funcionalidades com outros protótipos analisados. O sexto capítulo deixa-nos as conclusões tiradas deste processo de trabalho e aponta os caminhos a seguir no futuro, deixando também uma proposta de implementação. São depois apresentadas as referências bibliográficas que inspiram, sustentam e alimentam este estudo.

2. Ensino de Desenho Técnico Básico

Neste capítulo, explora-se a disciplina do Desenho Técnico. Versa-se brevemente sobre a natureza desta disciplina, a sua evolução e as suas aplicações. Também se apontam caminhos e referências que nos indiquem um corpo de ideias e sistemas que possam ser considerados como uma pedagogia desta disciplina. Com isto, pretende-se definir qual é a progressão da aprendizagem neste contexto específico e como torná-la mais eficiente.

Veremos o tipo de exercícios propostos nos volumes que servem de base bibliográfica à maioria dos cursos desta disciplina. Veremos qual a progressão pedagógica contida nessas referências. Veremos ainda alguns exemplos de CAD.

2.1 Contextualização

O Desenho Técnico é essencialmente destinado à representação das formas geométricas e das dimensões dos objectos, as quais devem ser correctamente definidas de acordo com a finalidade do desenho.

Que consequências poderão advir da leitura errónea ou expressão inadequada de um desenho no âmbito da Arquitectura ou da Engenharia? Como podemos garantir que tal não acontece? Essa garantia só nos pode ser dada se existir um sistema de representação normalizado e com mínima sujeição à interpretação. Nas palavras de Silva, Tavares Ribeiro, Dias & Sousa (2004), na introdução ao seu profuso manual:

“A imagem como que substitui o objecto a que se refere, e o seu impacto ultrapassa qualquer tentativa de definição verbal ou escrita. Se, associado à sua representação, lhe for conferido o carácter dimensional e de rigor de exequibilidade em termos do seu fabrico ou da sua construção, a imagem assume um carácter operativo e passa a ser ‘lida’ pela representação de propriedades e características

particulares, especialmente métricas, para esse efeito.” (Silva, Tavares Ribeiro, Dias & Sousa, 2004)

A esta “imagem” que pode ser lida universalmente com um fim concreto de operacionalização, dá-se o nome de Desenho Técnico. É sobre o processo de ensino-aprendizagem dessa “língua” que vamos pensar ao longo da leitura deste documento. Todas as questões que possam ter sido despertadas neste quadro inicial (a questão ontológica dos sistemas linguísticos, eventuais questões acerca dos seus limites, questões acerca da Imagem e da representação e muitíssimas outras) estão fora do âmbito deste documento.

O Desenho Técnico é essencial para a concepção e a comunicação em praticamente todos os sectores da actividade industrial. Esta disciplina, cuja técnica gráfica é a descrição e definição rigorosa dos elementos e conjuntos concebidos e fabricados pela indústria, tem um papel assinalável no desenvolvimento tecnológico. O progresso material da vida moderna está relacionado com o desenvolvimento dos sectores industriais, cuja actividade está intimamente ligada ao Desenho Técnico. Para construir um automóvel, por exemplo, é necessário não só desenhar todas as peças que o constituem como também é necessário desenhar as máquinas em que essas peças vão construídas e montadas. Desenhos análogos serão necessários para construir os inúmeros dispositivos – eléctricos, electrónicos e não só - que utilizamos diariamente e que tomamos como dados adquiridos, pré-existent.

O engenheiro, qualquer que seja o seu campo de acção, deve possuir sólidos conhecimentos de Desenho Técnico, pois se é certo que nem todas as especialidades de Engenharia têm necessidade de lidar regularmente com o desenho, todas elas desenvolvem actividades, interligadas com outros campos de acção da Engenharia, que exigem o recurso ao desenho como veículo de comunicação técnica.

Na elaboração de um desenho deste tipo, há a considerar a concepção e a execução que são, por assim dizer, a redação e a caligrafia desta linguagem que é o Desenho Técnico. A concepção é um problema que se pode enunciar nestes termos: são fixados um objectivo, um local a ocupar, os esforços que devem suportar-se e o material a utilizar; pretende-se determinar a forma e as dimensões de uma peça ou de uma estrutura, bem como as respectivas condições de fabricação, por forma a que se satisfaçam às condições dadas e o seu custo seja mínimo.

O domínio desta disciplina é fundamental para todos os profissionais cuja actividade esteja ligada à produção (construção ou reparação de peças e de sistemas mecânicos), à manutenção ou à gestão da qualidade. Os princípios de representação gráfica de objectos constituem uma matriz mental de referência para os engenheiros que estudam os produtos e os seus requisitos e para todos aqueles que necessitam de dispor de um sistema de troca de informações, claro e compreensível, a nível internacional, aplicável a várias funções técnicas.

No meio industrial de hoje, a pratica do Desenho Técnico é feita quase exclusivamente através de Sistemas de Concepção (Desenho) e Fabrico Assistidos por Computador (CAD/CAM), o que contribuí para aumentar a importância de obter conhecimentos sólidos desta disciplina. Só um bom conhecimento das técnicas de Representação Gráfica e

Normalização permite tirar máximo partido das enormes potencialidades oferecidas pelos sistemas CAD.

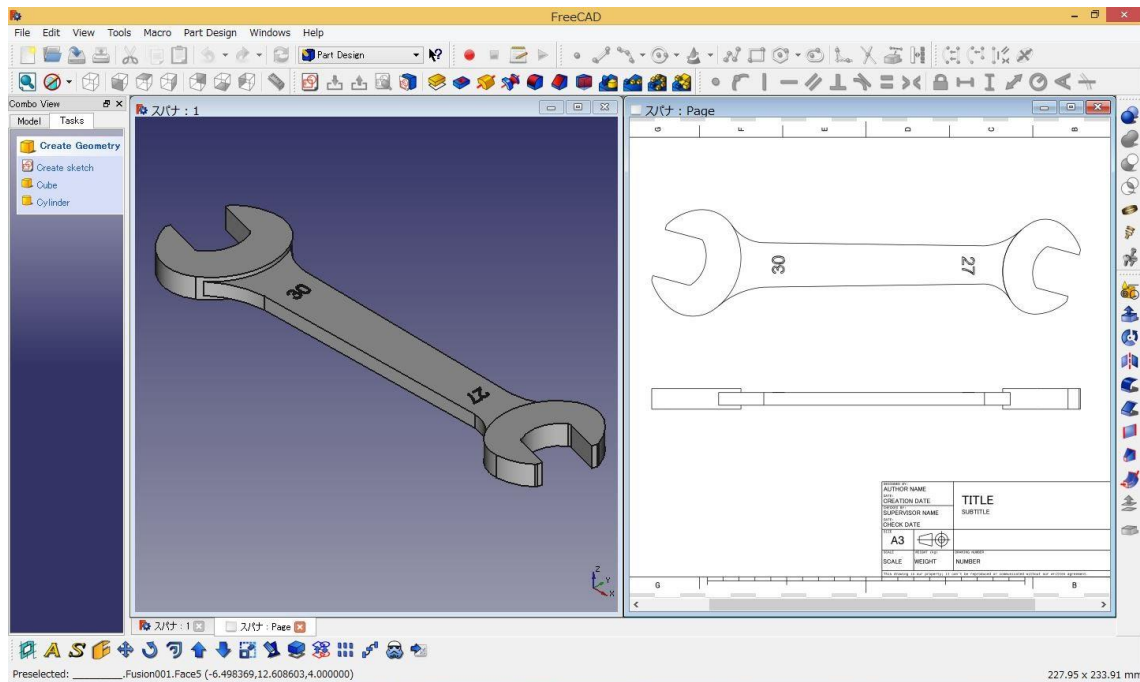


Figura 2.1: Exemplo em FreeCAD (<https://goo.gl/Si07tK>)

O CAD é uma ferramenta informática que permite, rapidamente e com precisão, a realização de desenhos técnicos e não técnicos em computador. Na realidade, com o CAD, o utilizador pode facilmente realizar desenhos muito elaborados. Acresce que os desenhos em CAD apresentam diversas vantagens sobre os desenhos tradicionais. Permitem uma excelente apresentação, podem ser facilmente modificados e podem ser impressos em diversos formatos.

No entanto, para se conseguir uma utilização profícua e eficaz deste tipo de aplicações, o utilizador deve possuir bons conhecimentos de construções geométricas no espaço bidimensional e de cotação nominal, e de ter adquirido a capacidade para estruturar toda a modelação e, dentro do possível, para relacionar as sucessivas operações a executar com as anteriormente realizadas, de modo a permitir que uma qualquer alteração possa ter o efeito pretendido sobre a totalidade do objecto e/ou sistema em causa.

O desenho como objecto de comunicação não é apenas uma interpretação ou uma explicação de determinado objecto. Considera-se o desenhador/emissor da representação gráfica como o responsável relativamente ao código a aplicar em função da mensagem a transmitir. Os sistemas de representação utilizados no Desenho Técnico – p.e. a dupla projecção ortogonal e a axonometria – estão vocacionados para descrever os objectos, tendo em consideração as três

dimensões dos mesmos. A informação transmitida deixa pouca margem para interpretações paralelas, a mensagem tem uma função de carácter denotativo e as características específicas do estilo e da forma estão submetidos a normas que os tornem universalmente legíveis.

Por esta razão, a importância de incluir no currículo das unidades curriculares uma componente sobre a construção geométrica de base, o aperfeiçoamento das capacidades de visualização e abstração espacial e as normas de base do Desenho Técnico é de extrema importância.

2.2 “Bases” do Desenho Técnico: a Geometria e o racícionio e visualização espacial

Deverá ainda fazer-se menção dos trabalhos existentes noutros âmbitos relacionados com a disciplina: concretamente estudos sobre a multimédia no ensino de Geometria Descritiva e, mais ainda, estudos sobre as aptidões de raciocínio e visualização espacial. Isto porque estas últimas são de extrema importância para qualquer actividade que se desenvolva nesta área e, como indicam vários autores (Katsioloudis & Jovanovic 2014; Martin-Dorta, Saorin & Contero 2011; Pedrosa, Barbero, & Miguel 2014; Chang, Sung, & Lin 2007; Pando Cerra et al. 2013), são essenciais no domínio das STEM. No que toca à Geometria Descritiva, pela grande semelhança entre o processo lectivo de ambas, seria de esperar que uma didáctica da Geometria e a implementação correcta de uma estratégia de ensino de natureza experimental teriam as mesmas estruturas de base que uma didáctica do Desenho Técnico e a implementação de novas estratégias de ensino nessa disciplina.

Seria imprudente não tirar proveito da grande quantidade de problematizações que foram sendo feitas ao longo dos anos no âmbito do ensino da Geometria, ao nível da didáctica (entendida aqui como instrumento pedagógico que pretende encontrar metodologias e técnicas de ensino) e, especificamente, ao nível da correcta utilização de recursos didácticos. Lendo Palaré (2013):

“(…) deve haver um compromisso entre os recursos didácticos seleccionados e o rigor científico, fundamentalmente pelo tempo requerido para a construção de materiais didácticos com uma base tecnológica superior.”

Esta premissa deverá ser válida para qualquer momento de ensino. Ressalve-se ainda que a execução de Desenho Técnico não é possível sem um entendimento sólido dos princípios da Geometria. Field (2004) (op. cit em (McLaren 2008)) argumenta que o Desenho Técnico beneficia o desenvolvimento do raciocínio espacial tridimensional e da comunicação desse raciocínio num plano bidimensional. Sugere ainda que os alunos necessitam de conhecimentos prévios de geometria de sólidos através de desenho e de aprendizagens ao nível da geometria de planos, para suprimirem determinadas dificuldades relacionadas com a visualização espacial.

Como já referimos, é largamente reconhecido que as capacidades de racínio e visualização espacial são de extrema importância no domínio das engenharias (Deno 1995; S. A. Sorby 1999; Liarakapis et al. 2004) e que também são importantes para o sucesso nas actividades relacionadas com as STEM. Especificamente no campo da engenharia, a visualização de problemas – que aqui se entende como sendo a capacidade de criar uma estrutura mental gráfica do problema - é uma componente crítica no sucesso em engenharia e em várias disciplinas no domínio da tecnologia (Strong & Smith, 2001).

Do mesmo modo, considera-se, em Koch & Sanders (2011) que “a capacidade de visualização espacial é um componente importante no processo de resolução de problemas e de concepção”. A capacidade de visualização foi correlacionada com a resolução de problemas em Mack (1992). O indivíduo deve ser capaz de visualizar – ou conceber – uma imagem mental das soluções para um determinado problema. Esta aptidão estará presente em muitas áreas de actividade científica, tecnológica e artística. Sorby & Bartmaans (2000) concluem que a capacidade de visualização é fundamental para o sucesso na Engenharia e a sua medição tem sido utilizada como uma forma de prever o desempenho dos indivíduos. Além do mais, como referem Morán et al. (2008), bastará observar as aplicações informáticas comumente utilizadas para a concepção de modelos gráficos ou para simular aspectos mecânicos de determinados conjuntos de objectos para compreender a razão pela qual é necessário desenvolver estas aptidões.

Um sistema de classificação deste tipo de capacidades foi avançado por Linn & Petersen (1985, op. cit. in Martin-Dorta, Saorín, & Contero 2008)):

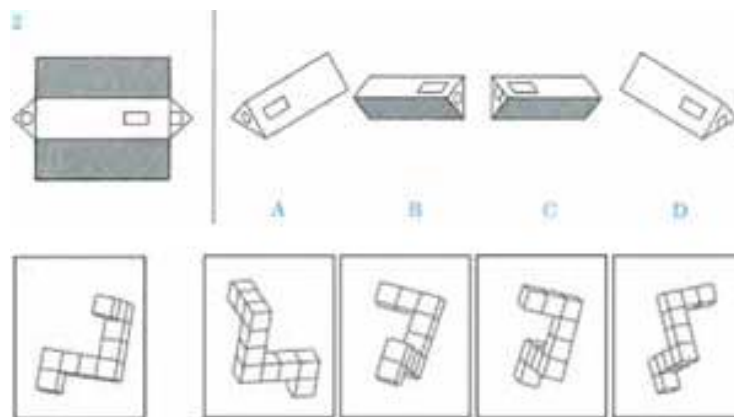


Figura 2.2: Exemplo de perguntas dos testes DAT:SR e MRT (extraído de Martin-Gutiérrez et al. 2013)

“Percepção espacial: a capacidade de determinar relações espaciais com respeito à orientação do corpo do observador, sem influência de informações que possam distrair

Visualização espacial: a capacidade de manipular informação espacial complexa quando é necessária a passagem por vários estádios até obter a solução correcta

Rotação mental: a capacidade de rodar, mentalmente, objectos bi e tridimensionais de forma rápida e precisa”

Os mesmos autores também citam outros investigadores (McGee, 1977; Burnet & Lane, 1980; Olkun, 2003) que simplificam a classificação anterior, dividindo-a em duas categorias:

“*Relações espaciais*: a capacidade de imaginar rotações de objectos bi- ou tridimensionais como um todo (o que inclui rotação mental e percepção espacial;

Visualização espacial: a capacidade de imaginar rotações de objectos ou de partes de objectos num espaço tridimensional através de desdobragem.”

Neste documento, segue-se a classificação assumida por Sorby (1999), que distingue aptidões de raciocínio e visualização espacial.

Os métodos de medição mais utilizados para averiguar o estado de desenvolvimento dos indivíduos são os testes DAT:SR (Bennet, Seashore & Wesman, 2002), PSVT:R (Guay, 1977) e MRT (Albert & Aubert, 1996).

Estas aptidões não são determinadas geneticamente (embora Sorby (2009) apresente diferenças de género), são, ao invés disso, adquiridas através de um longo processo de aprendizagem que se inicia no momento do nascimento. Foi demonstrado, em vários estudos, que uma intervenção que decorra num período de algumas semanas ou no período de um semestre universitário, pode ter resultados positivos, resultando no incremento das capacidades em alunos que apresentem níveis baixos (Martin-Dorta, Saorín & Contero 2008; Katsioloudis & Jovanovic, 2014; Sorby & Baartmans, 2000) Nesta dissertação, no capítulo 4, encontram-se análises de ferramentas multimédia que tenham sido desenvolvidas e/ou implementadas como apoio a estes momentos de intervenção.

Merece-nos referir ainda um outro investigador histórico: Jean Piaget. Este autor criou um conjunto de obras que avançou contributos importantes no sentido de compreendermos de que forma se desenvolvem estas capacidades, assim como à concepção da geometria na criança. Através destes trabalhos, foi possível resumir fundamentalmente em quatro pressupostos: que o espaço fica definido pelas ações; que a noção de espaço se desenvolve ao longo de quatro estádios; que o conhecimento do espaço depende de uma inteligência espacial definida pelo conhecimento topológico, pelo conhecimento dos conteúdos do espaço projectivo e euclidiano; e que o simbolismo ou a imaginação surgem como ingredientes fundamentais para a representação espacial (Piaget et al., 1981).

No que toca aos vários estádios de desenvolvimento da noção de espaço, fica definido que, no primeiro, a criança adquire aptidões de visualização espacial topológicas através da

capacidade de discernir relações topológicas entre objectos. Durante o segundo estágio, desenvolve-se a representação projectiva, passando a criança a ser capaz de conceber o aspecto de um determinado objecto em perspectivas diferentes. No terceiro estágio, o indivíduo aprende a combinar as capacidades projectivas com os conceitos de medição.

Mais tarde, em Eisenberg (1999), vemos que a percepção espacial comprime: 1) o reconhecimento de um objecto tridimensional através de vários ângulos; 2) a percepção da estrutura interna de uma dada configuração espacial e 3) a determinação de relações espaciais entre o meio e o indivíduo. Daqui se depreende que a percepção espacial seria a capacidade de criar as representações necessárias através de qualquer ponto de vista.

Voltando ao texto de Palaré (2013), podemos retirar novas conclusões acerca do espaço perceptivo e representativo:

“A transição do espaço perceptivo para o espaço representativo apresenta-se em duas vertentes no âmbito da percepção: a recreativa, que resulta da centração da mão sobre os objectos; e aquele que permite deslocamentos das centrações, consubstanciando o papel protagonizado pelo movimento, como resultado de um conjunto de percepções, mas também das suas interligações e manutenção das mesmas. No domínio mais específico da construção do pensamento representativo baseado no desenho geométrico foram referidos um conjunto de aspectos fundamentais para a sua compreensão e posterior formalização, tal como o desenvolvimento do raciocínio formal (hipotético dedutivo), a capacidade de realizar operações de combinação, de permuta e de organização no espaço e ainda a capacidade de realizar combinações preposicionais”.

O desenho através de normas de representação tem sido considerado como sendo um dos alicerces do processo de desenho em engenharia e actividades importantes para o desenvolvimento de aptidões e inteligência espacial. Não obstante, existem várias ferramentas digitais que, não permitindo a prática de desenho tal como no papel, propõem outro tipo de exercícios que também devem ser considerados úteis. Como veremos, surgirá aquilo que pode ser descrito como uma dicotomia entre os dois métodos (tradicional e tecnológico). É exactamente neste ponto que reside o núcleo duro do debate da real aplicabilidade das ferramentas modernas.

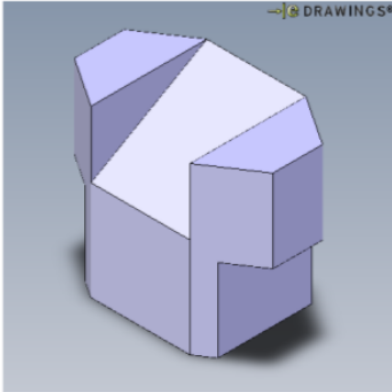
A investigação aponta para que as aptidões de base saem bastante beneficiadas pelas tecnologias actuais, até mesmo em contextos em que esse não é o objectivo principal. Muitas aplicações informáticas (ferramentas CAD ou de desenho) e jogos de computador requerem processos espaciais, tais como rotações mentais e visualização espacial. Baartmans & Sorby (2000) também acreditam que a experiência em jogos de computador é benéfica ao desenvolvimento destas aptidões de base. O célebre Tetris, que requer rápida rotação e colocação de sete peças diferentes para construir linhas, e o jogo Blockout, que requer a rotação

mental de figuras geométricas, melhoram a performance em testes de medição das aptidões mencionadas (Okagaki & Frensch, 1994; De Lisi & Cammarano, 1996; op. cit. in Terlecki and Newcombe 2005).

Os jogos de computador são, aliás, um importante campo de estudo para esta área que esta relacionada com o pensamento e a inteligência espacial.

No que toca às várias ferramentas tecnológicas de apoio ao ensino de Desenho Técnico, podem encontrar-se soluções que vão desde serviços web interactivos até livros com módulos de realidade aumentada (Martin-Dorta et al, 2011). Dos trabalhos que são levantados, deve fazer-se notar que as preocupações não são exclusivamente pedagógicas. Isto é, para além do levantamento de necessidades ao nível do incremento da qualidade em geral dos processos de ensino aprendizagem, existe uma preocupação real em levantar soluções que favoreçam um incremento qualitativo do raciocínio espacial dos indivíduos a quem é dirigido o exercício lectivo (Martin-Dorta, Saorín, Contero, 2008), sendo que os resultados visam quantificar esse mesmo incremento, constatando que “(...) as aptidões espaciais têm tido um reconhecimento mais amplo e, ainda que não tenham tanta proponderância quanto as habilidades verbais ou numéricas, a investigação acentua a sua importância nos ramos tradicionais da engenharia, tecnologia e arte, assim como em qualquer outro aspecto da vida”.

Level 3c:
Exercise type: A



DRAWINGS*

[See Theory and examples](#)

Problem: Given a volume perspective that includes three axes, x, y, z, around which the volume can rotate; and given a fixed view corresponding to the same perspective

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

	X	Y	Z
90°	1	2	3
180°	4	5	6
270°	7	8	9



Instructions: Determine which front views correspond to the part when it has been rotated 90°, 180° and 270° around the 3 axes. NB. Remember that it is a fixed view, at all times in the direction of the front view X.

Answers

2

3

4

5

6

7

8

9

See Results

Figura 2.3: Exemplo de exercício (Pedrosa, Barbero, & Miguel 2014)

Esta dimensão desenvolvimentalista está também patente na maioria dos trabalhos que se posicionam a favor da implementação de soluções tecnológicas no ensino, parecendo revelar que o paradigma actual parece favorecer a estimulação contínua das valências naturais do indivíduo, na procura de aumentar as suas forças criativas e, consequentemente, o seu nível de desempenho para além do momento de avaliação lectiva. A implementação da tecnologia parece figurar-se como a solução de excelência para a concretização desse objectivo, obtendo-se até dados muito positivos no que toca ao estado anímico dos alunos Citando Cerra et al. (2013): “alguns estudos mostram que mudar o ensino tradicional (manual) por um mais interactivo (CAD) é exequível e tem impacto positivo na motivação dos alunos (Cerra et al., 2011). Neste sentido, Konukseven (2010) constata que “os estudantes estão mais interessados em aprender o software CAD do que em conceitos de básicos de desenho técnico.”. Chen e Chou (2010, in Cerra, 2013) constataam que a indústria dá mais importância à proficiência em CAD do que às capacidades de desenho manual. O que seria razão quase suficiente para dar menos espaço a métodos tradicionais de expressão.”.

Considerando outro ramo de opiniões, vemos que ainda existe algum cepticismo relativamente a esta tendência de abandono de práticas tradicionais. Citando McLaren (2008):

“Alguns professores de áreas tecnológicas sentem que estão envolvidos no ensino de uma matéria redundante. Acreditam que, num mundo de CAD, não há espaço para quadros de desenho e esquadros. Outros mantêm-se firmes na posição de que os alunos precisam de saber as ‘noções básicas’ do desenho técnico antes de começarem a trabalhar num ambiente CAD. Este é um debate que não se restringe à educação escocesa [origem da autora]. Por exemplo, Wiebe e Clark (1997) e Bussey, Dormody e VanLeenwen (2000) também discutem a crítica relativa à relevância da do ensino de uma linguagem gráfica altamente especializada de aptidões de desenho manual à grande população de alunos em parte dos EUA.”.

O corpo dos discursos parece sugerir que nos encontramos num ponto de viragem – ou no exacto intervalo – que está entre a realidade lectiva tida como tradicional e uma realidade em que estão plenamente integradas as tecnologias. Uma dissertação não muito recente (Pessoa 2006) chega mesmo a apontar um “hiato”. Neste documento, o autor conclui que “a aprendizagem do desenho técnico fica limitada quando o ensino se restringe exclusivamente ao CAD. Também se percebe que o ensino o desenho técnico utilizando o TRAD [métodos tradicionais] facilita a aprendizagem independente do uso do CAD.”. McLaren (2008) constata que “existem membros da comunidade do ensino superior e da indústria que estão preocupados com a fraca qualidade dos desenhos CAD executados por alunos de engenharia e design e pelos seus colaboradores. Alguma da literatura (...) sugere que o empobrecimento da qualidade se

deve ao facto de existir uma falha de compreensão de conceitos básicos de geometria e das convenções de desenho técnico que sustentam o CAD.”.

Note-se que as críticas estão construídas à volta dos contextos em que CAD (ou outra ferramenta tecnológica) figura como meio exclusivo de ensino-aprendizagem. Nenhum destes levantamentos parece, contudo, responder a uma questão maior, que é a do desenvolvimento contínuo da eficiência e pertinência dos momentos lectivos. Quando aplicadas num contexto em que se figuram apenas como um meio e não como um fim em si, as tecnologias surgem como um valioso elemento de apoio. Gorska e Sorby (2001, in McLaren, 2008) observam que os “utilizadores de CAD cujas aptidões de resolução de problemas são baseadas em princípios de Geometria Descritiva aprendidos através da utilização de modelos tridimensionais físicos possuem capacidades espaciais melhoradas”. Os investigadores argumentam que essa experiência “tem um impacto positivo na compreensão do sistema CAD e que lhes confere uma vantagem sobre indivíduos que aprendem CAD apenas”. Sugerem ainda que “a natureza física do desenho manual desenvolve uma compreensão mais profunda do significado das linhas e da e símbolos numa página e ajuda a desenvolver a capacidade de executar conversões mentais para realidades tridimensionais. A interpretação necessária entre bi e tridimensionalidade e vice-versa envolve mais do que a habilidade de seguir técnicas e procedimentos para ‘resolver o problema’. O desenho manual encoraja este pensamento e visualização espacial crítica”.

Em Ferguson (1992), os esboços são considerados como sendo um poderoso instrumento de concepção das peças, podendo catalisar a criatividade. Em contexto educativo, o esboço é geralmente praticado através de exercícios em papel e com materiais físicos. Os manuais de Desenho Técnico incluem, geralmente, exercícios que devem ser resolvidos com recurso a técnicas de traçado manual que explorem os princípios gerais de representação. Procura-se desenvolver as capacidades de visualização espacial e de comunicação técnica e a capacidade de resolução de problemas.

Existe, portanto, uma contribuição considerável das técnicas de execução do desenho manual e da geometria descritiva para o melhoramento da execução de desenho técnico e da compreensão das suas convenções comunicativas. Também é notório que o raciocínio espacial obtém incrementos através da prática da geometria e de desenho manual. Notemos, para além destas conclusões, que estes estudos se focam na “execução” propriamente dita e na performance do indivíduo no contexto profissional e lectivo. Muito embora a análise dessa dimensão seja fundamental para que a formação de profissionais qualificados seja o mais eficiente possível, devemos focar-nos novamente no incremento da qualidade dos momentos lectivos e na qualidade da aprendizagem propriamente dita. Se é verdade que as metodologias tradicionais merecem uma atenção cuidada, há determinadas dificuldades de aprendizagem que as tecnologias têm grande sucesso em suprimir. Utilizando uma constatação de Martín-Gutiérrez, Gil, Contero et al. (2013) – relativamente ao ensino de Geometria Descritiva - a dificuldade com que os alunos se deparam aquando dos momentos de estudo é o facto de

encontrarem representações gráficas estáticas, em papel ou noutro suporte digital, que não oferecem possibilidade de seguir a sequência de resolução dos exercícios de forma dinâmica e em três dimensões. A dimensão de interactividade é bastante valorizada por vários investigadores (Pando Cerra, Suárez González, Busto Parra et al., 2013; Martín-Gutiérrez, Gil, Contero et al., 2013; Pedrosa, Barbero e Miguel, 2014; Martín-Dorta, Saorín, Contero, 2013; Rubio García, Quirós, Santos et al., 2007; De La Torre, Saorín, Contero, Dorribo-Camba, 2013). A explicação de base para este fenómeno dever-se-á ao que é avançado por Rubio García, Quirós, Santos et al. (2007):

“Foi demonstrado que a capacidade de retenção das pessoas depende dos sentidos utilizados para apreender a informação, portanto, somos capazes de lembrar 15% do que ouvimos e 25% do que vemos: mas somos capazes de reter 60% da informação quando interagimos com a mesma (Wolfgram, 1994, caps. 5-8). (...) A interacção entre um indivíduo e o meio activa áreas do cérebro que estão relacionadas com a experiência: isto envolve o armazenamento dessas mesmas experiências nas áreas para a memória de longo prazo.”

Dos trabalhos que se ocupam da integração das tecnologias da informação e comunicação (TIC) e da multimédia no ensino de Desenho Técnico, podemos auferir determinados aspectos que, no seu conjunto, constituiriam – hipoteticamente - uma norma (ou algo que se assemelhasse) para a) uma didáctica do ensino de desenho técnico e b) a criação e integração de ferramentas de apoio. Nesses trabalhos, é possível encontrar uma vasta gama de implementações e estratégias didácticas das ferramentas em causa. Alguns trabalhos, porém, fazem apenas um mero levantamento das ferramentas existentes, indicando as suas particularidades e funcionalidades mais evidentes. É necessário constatar que, na maioria dos casos, a nova tecnologia é apresentada como obtendo sucessos a nível do incremento das capacidades do aluno e da sua satisfação com o decorrer do processo. Note-se, contudo, que em estudos mais longitudinais, a aplicação exclusiva de ferramentas tecnológicas não parece repercutir um incremento maior do que quando são utilizadas ferramentas tradicionais.

No fundo, procuramos uma forma de aplicação das ferramentas multimédia que constitua, idealmente, o esboço de uma didáctica aplicável ao ensino de Desenho Técnico. Merece-nos menção que, em benefício desse exercício, será sempre necessário considerar algumas teorias acerca do mesmo.

2.3 Progressão da aprendizagem em Desenho Técnico Básico

Na larga maioria dos cursos de engenharia com componente de expressão gráfica manual e/ou assistida por computador administrados nas instituições de ensino superior público em Portugal, vemos que existem três obras de referência que, quer pela sua abordagem pedagógica,

quer pela sua longevidade de publicação (mais de vinte edições à data de escrita deste documento), constituem o guia *de facto* para professores e alunos. São obras bastante distintas entre si e que costumam ser utilizadas em conjunto, complementando-se, sendo muitas vezes utilizadas como obras de referência, mesmo em contexto profissional.

Nesta secção vamos explorar resumidamente os conteúdos de cada uma destas obras. Isto permitir-nos-á traçar uma estrutura de base para a definição de uma pedagogia do Desenho Técnico, permitindo traçar não só a ordem de progressão nas temáticas, como também definir que temas e métodos são fundamentais para dotar o indivíduo de competências para realizar tarefas neste domínio. Esta estrutura de base será a nossa matriz para o desenvolvimento de ferramentas que apoiem o ensino desta disciplina. Veremos que estas obras, para além de serem instrumentos de aprendizagem de introdução aos termos e práticas do Desenho Técnico, são também obras de referência, em que estão disponibilizados muitos conteúdos que se ligam mais à componente industrial das engenharias. Este domínio, embora sendo fundamental para a execução de desenhos completos, está fora do âmbito desta dissertação, uma vez este estudo lida com a aprendizagem dos conceitos básicos, com a aquisição de conhecimentos mínimos para a execução satisfatória de desenhos técnicos e, sobretudo, com a criação de uma ferramenta que suprima a grande dificuldade muitas vezes verificada no que toca à leitura de peças, i.e., a passagem do domínio bidimensional ou de representação ortográfica para o domínio tridimensional ou da representação axonométrica.

2.3.1 Exemplos de estruturação dos conteúdos

A primeira referência de onde se extrai uma estrutura de conteúdos e um corpo de definições de termos é o volume redigido por Simões Morais (2011), com mais de cem mil exemplares, permite fácil iniciação ao Desenho Técnico e também permite estabelecer uma definição, já próxima do nível industrial, de peças e maquinismos com toleranciamentos dimensionais e geométricos.

O livro está organizado em duas partes. A primeira diz respeito ao Desenho Técnico e “trata o desenho necessário para toda a actividade em que se pretende criar ou descrever objectos” e os temas abordados são a normalização actualizada, representações ortográficas, dimensões nominais, leituras de desenhos técnicos e representações axonométricas. A segunda parte, “Mecânica”, “trata o desenho necessário à construção de máquinas na indústria apresentando os actuais toleranciamentos dimensionais e geométricos - gerais e individuais, superfícies e arestas”. Os tópicos abordados são as representações em desenho de definição e em desenho de conjunto (ortográfico e em vista explodida), órgãos de máquinas.

O primeiro capítulo, “Desenho e Normalização” está dividido em três partes - normalização geral, equipamento para desenho e elementos do Desenho Técnico – e introduz os preceitos teóricos elementares do desenho técnico (a necessidade de normalizar informações

gráficas para permitir a transmissão rigorosa da informação, os métodos de representação que permitiram resolver com rigor os problemas do espaço tridimensional (concretamente o método diédrico de Monge e as convenções utilizadas em Desenho Técnico). Introduz o conceito de norma, os tipos de desenho técnicos existentes, os métodos de representação utilizados. Também introduz os elementos base do desenho técnico (traços e linhas, escrita e etc.).

O segundo capítulo, “ projecção e Vista”, aborda o tema das representações gráficas de um objecto, como as suas projecções num plano ou as suas vistas numa superfície plana. Faz-se a distinção entre projecção e perspectiva e apresentam-se os métodos de projecção paralela. Introduz-se o método axonométrico e o método diédrico. A quarta secção do capítulo apresenta as bases do desenho técnico. Introduzindo o conceito de vista, passando depois a explorar a temática da representação ortográfica.

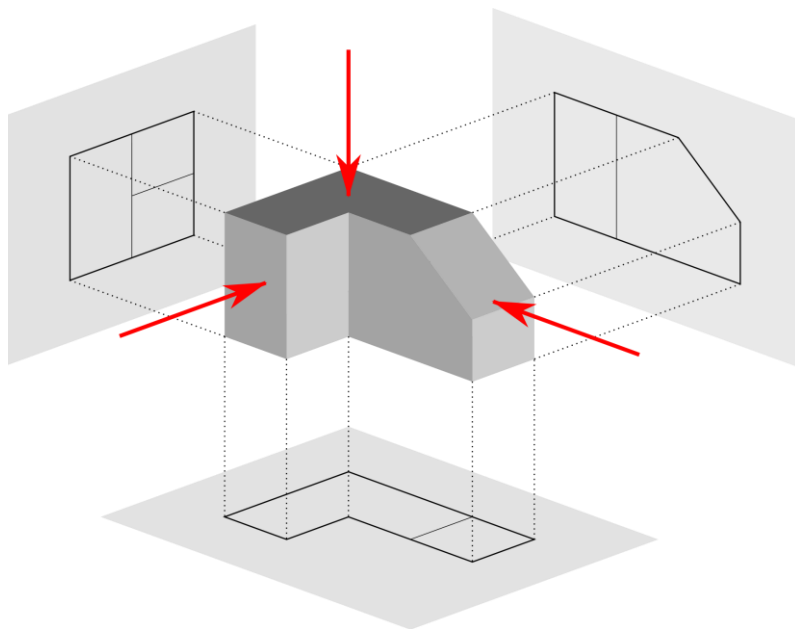


Figura 2.4: Projecção ortográfica

Nesta secção, apresenta-se uma das mais importantes ferramentas do Desenho Técnico, “usada para definir a forma geométrica nominal de objectos, é constituída por uma ou mais vistas em que o objecto é colocado com as suas faces principais perpendiculares e paralelas aos raios visuais do desenhador, considerado a uma distância infinita do objecto” (ver Figura 2.4). Na representação ortográfica, as vistas, que acompanham a vista principal, “são identificadas por letras maiúsculas que também são inscritas por cima ou à direita de setas de referência, que apontam para a vista principal indicando as direcções e sentidos de observação do objecto a representar”. Apresenta-se o método de representação ortográfica com as vistas dispostas segundo o método de projecção do primeiro diedro, em que se considera que o objecto a representar é “anterior ao plano de projecção e que está colocado dentro de um cubo, nas faces

do qual se fazem as projecções ortogonais do objecto”. A planificação destas faces resulta na distribuição das “seis projecções do objecto, às quais correspondem vistas em seis posições do desenhador ao observar o objecto perpendicularmente às faces do cubo”. Apresentam-se as formas de dispor estas vistas, as relações entre elas e a sua representação ortográfica. Seguidamente, temos a apresentação destas mesmas regras segundo o método do terceiro diedro. Estes dois métodos correspondem à norma europeia (1º diedro) e americana (3º diedro,

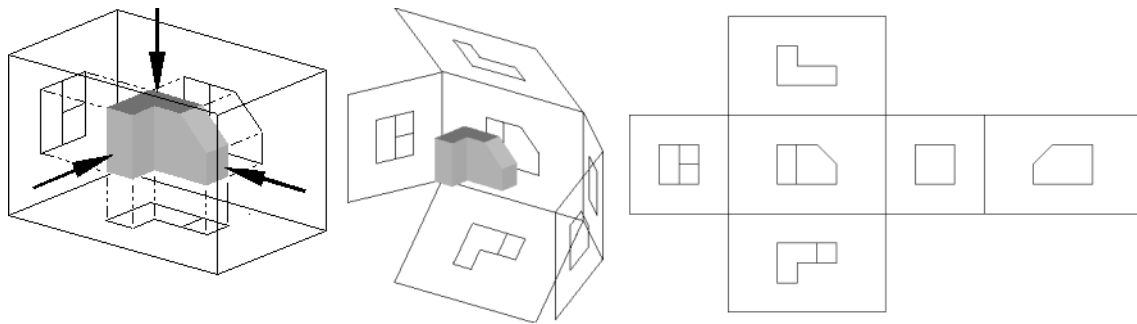


Figura 2.5: Planificação das faces (3º diedro)

Figura 2.5).

A secção seguinte expande as regras de representação ortográfica, apresentando os critérios de selecção de vistas, o uso de sinais, casos sobre vistas parciais, representação de intersecções, representação de arredondados e outras regras. Apresentam-se casos em que se recorre à representação de vistas auxiliares e quais as normas da sua execução. Também são explorados os casos em que existem cortes e secções, que são “representações convencionais” destinadas a clarificar a representação de peças com elementos ocos”. Vemos as normas dos casos em que é necessário executar este tipo de representações, os planos de corte, as representações de elementos encobertos, cortes parciais, cortes por planos paralelos, e secções. Exploram-se, ainda, as representações simplificadas, onde existam intersecções de superfícies geométricas em representação ortográfica, intersecções de superfícies em revolução, arredondados das intersecções fictícias. Daqui se parte para a representação simplificada de intersecções reais e fictícias, que são “as intersecções em arestas vivas ou em arestas fictícias, podem ter as suas representações em que se substituí um traçado rigoroso e, em geral, demorado, por um traçado simples e de rápida execução”.

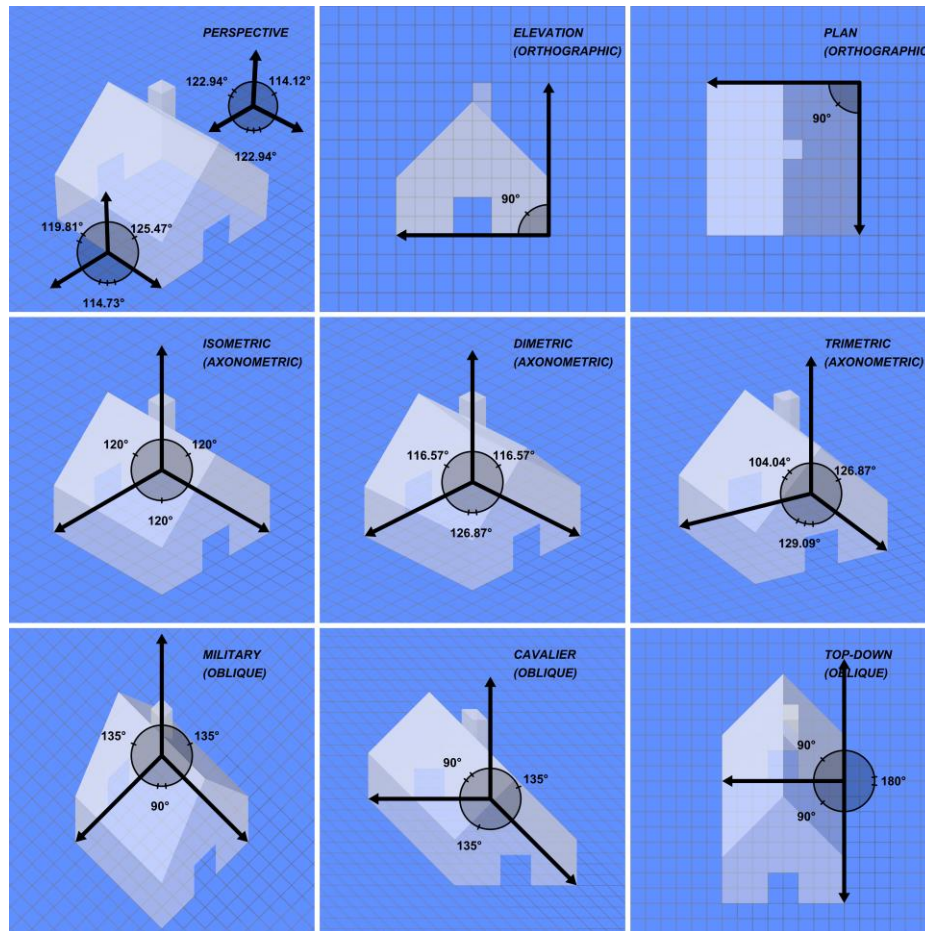


Figura 2.6: Comparação dos vários tipos de representação (SharkD - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8497328>)

A secção dedicada à Representação Axonométrica (Figura 2.6, segundo conjunto). Apresenta-se o conceito de representação perspetiva que, ao contrário da representação ortográfica, é a representação de um objecto “por uma única vista, que, por mostrar três das faces principais de um objecto, dá uma sua imagem tridimensional”, fazendo-se a distinção entre perspectiva e axonometria que é “obtida por projecção paralela, que pode ser em: axonometrias normais [isométrica e dimétrica] obtidas por projecção ortogonal; e em axonometria cavaleira e planométrica, obtidas por projecção oblíqua”. Seguidamente, explora-se a axonometria isométrica, uma das mais frequentemente utilizadas, em que “os três eixos de coordenadas são dispostos com igual inclinação em relação aos raios visuais, pelo que são vistos com iguais reduções”. Como tal, “trata-se de um projecção ortogonal dos eixos igualmente inclinados sobre o plano de projecção”, sendo que o ângulo entre os eixos é de 120° . Apresentam-se as regras geométricas para a sua execução de forma exaustiva através da apresentação de casos de representação de vários tipos de sólidos geométricos, como paralelepípedos, pirâmides, esferas e toros, passado-se depois à análise de representação

isométricas de peças simples, de linhas geométricas e de conjuntos. É depois apresentada a axonometria cavaleira, um tipo de projecção oblíqua, em que “o sistema de coordenadas tem, na folha de desenho, as projecções: Z’ do eixo de Z (na vertical) e é perpendicular ao eixo de X; Y’ do eixo de Y, fazendo 45°”. As regras e métodos de representação são explorados tal como na subsecção anterior, passando-se, então, à subsecção dedicada às regras e técnicas de leitura de desenhos ortográficos que consiste “na visualização de um objecto a partir da observação das vistas que definem a sua geometria”. Com efeito, “ler é essencial a qualquer técnico” sendo que “interpretar a representação ortográfica de um objecto (peça, maquinismo, máquina, instalação, etc.) é uma das maiores dificuldades na aprendizagem do Desenho Técnico”, pelo que se torna necessária a prática destas técnicas. As técnicas são explicitadas através da análise de sólidos geométricos, das suas faces, na direcção de observação e com o auxílio de grelhas isométricas. São dados também exemplos de exercícios resolvidos de leitura de objectos, passando-se depois à secção de exercícios, que termina o capítulo. Os exercícios desta secção abordam os temas explorados, propondo a realização de representações ortográfica e representações isométricas (com e sem cortes).

O capítulo seguinte, “Cotagem”, começa por abordar a cotagem nominal que “indica as dimensões teóricas de um objecto”. Como é indicado, o objecto real não corresponde às medidas exactas verificadas na representação geométrica, aplicando-se um factor de tolerância às dimensões. Este é um dos tópicos abordados nesta secção, que termina a primeira parte do livro, que lida especificamente das regras e métodos do Desenho Técnico nominal. Nesta secção introduz-se o conceito de objecto técnico e distinguem-se os elementos reais (vértice, aresta e face) dos elementos geométricos (ponto, linha, superfície). Também vemos as exigências funcionais dos elementos e introduz-se o termo de cota, que se destina a definir, claramente, os elementos do objecto representado.

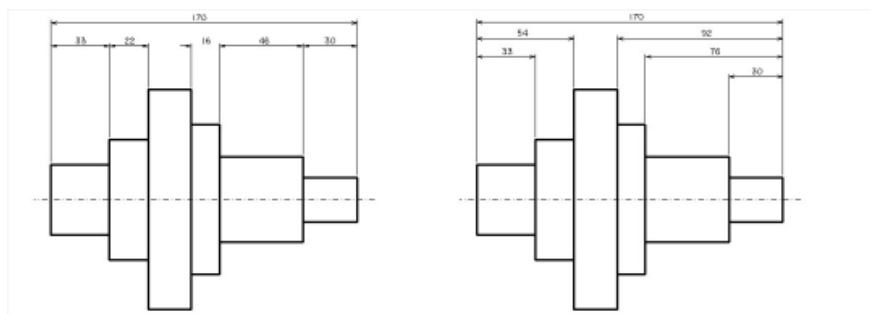


Figura 2.7: Exemplos de cotagem com linhas de cota, linhas auxiliares, medidas numéricas e setas que indicam os limites da medida.

A secção seguinte aborda a inscrição das dimensões no desenho. Exploram-se as regras das linhas da cotagem, letras algarismos e símbolos, casos particulares (Figura 2.7). A secção seguinte explora a execução das cotagens nominais. Aponta-se que o objecto “ideal” fica

definido quando é sistemática e mentalmente decomposto em sólidos geométricos simples, estabelecendo-s “a representação ortográfica define a geometria nominal” e que “a cotagem, que estabelece as dimensões das formas elementares componentes da peça e as localizações e orientações relativas desses elementos”. Detalham-se regras da cotagem das superfícies prismáticas, cilíndricas, planas inclinadas, cónicas, esféricas, toroidais e dos elementos que se repetem. A secção termina com elementos de localização e orientação, sendo que a secção seguinte trata da cotagem nominal de vários tipos de peça. Vemos a cotagem de uma peça simples, a cotagem de peças representadas com cortes, de placas com furos, de perfis, e em representação axonométrica.

Depois da subsecção de exercícios, inicia-se a primeira secção da parte de “Mecânica”, ainda no terceiro capítulo. A partir daqui entramos no domínio que é aplicável aos processos de fabricação. A quantidade de temas tratados é bastante ampla e aproxima-se do nível industrial, sendo disponibilizadas várias secções de referência e de consulta para apoio nesses processos. Não analisaremos com detalhe esta parte do livro, uma vez que os preceitos básicos para atingir um bom nível de compreensão, capacidade de leitura e execução de desenhos técnicos fica definida nos capítulos e secções anteriores. Este domínio básico é, aliás, o domínio desta dissertação.

Seguindo o objectivo de definir uma estrutura para a disciplina, será vantajoso analisar uma outra obra, desta feita a de Veiga da Cunha (2010).

A data da primeira edição deste compêndio data de 1971. Desde então, muito tem sido acrescentado, principalmente as secções que dizem respeito ao Desenho Assistido por Computador. Tal como no exemplo anteriormente analisado, a obra está dividida entre temas que se prendem com o Desenho Técnico (técnicas e materiais de desenho, representações de objectos, cotagem, etc.) e temas que se prendem com os processos da indústria ou da topografia. Por esse motivo, tal como no anterior, vamos limitar-nos a explorar as secções e capítulos que dizem respeito a temáticas introdutórias do desenho.

Os cinco primeiros capítulos ocupam-se de temáticas que, embora sendo de relevância para a criação de desenhos técnicos, não dizem respeito às suas regras elementares e aos seus componentes de base. Estes capítulos, ocupam-se, sobretudo, de contextualizar a importância da disciplina, de explicitar o que são normas, de apresentar e categorizar o modo de funcionamento de vários materiais de apoio ao desenho, demonstrar as normas de escrita e legendagem de desenhos e de explicitar as regras do traçado em desenho técnico. O sexto capítulo, “Construções Geométricas”, prende-se com a exploração de conceitos da Geometria Elementar e da Geometria Analítica. Aqui, vemos vários exemplos acerca da construção e manipulação de formas geométricas elementares.

No sétimo capítulo entramos na temática das projecções ortogonais. O capítulo inicia com uma descrição detalhada do processo mental por trás da projecção cónica e da projecção central.

A projecção ortogonal é descrita a seguir, como sendo uma forma de projecção cilíndrica ou paralela, em que se situa o centro de projecção num ponto infinitamente distante do objecto. Para definir o método europeu de representação de projecções utiliza-se a analogia do cubo em que cada uma das vistas do objecto é projectada nas faces paralelas à superfície projectada (Figura 2.5). O rebatimento das faces resulta na disposição adoptada no método europeu. É também apresentado o método americano e são apresentados casos em que a vista está deslocada da sua posição e como escolher as vistas convenientes para a definição do objecto, como escolher a posição de alçado ou posição frontal, qual o significado das linhas no desenho, o significado das áreas, casos em que se registam vistas parciais, exemplos de linhas de fractura, exemplos de vistas auxiliares, exemplos de linhas ocultas, linhas de eixo, a sua precedência e quais as representações convencionais e em que casos se utilizam representações simbólicas em substituição de determinadas partes do objecto.

A execução do desenho fica definida como sendo um trabalho por etapas de acordo com a seguinte sequência: escolha da posição mais adequada para representação do objecto (posição de serviço); escolha de vistas que melhor definem o objecto; escolha da escala do desenho; traçado das linhas do eixo de simetria do objecto e os contornos das vistas; traçado das restantes linhas visíveis, ocultas e de eixo; desenho completo das configurações do objecto, de acordo com as configurações geométricas essenciais; inscrição de cotas e outras indicações; execução dos tracejados dos cortes e das secções quando aplicável.

O capítulo termina com uma secção dedicada a leitura de projecções ortogonais, o processo fundamental para “ler e escrever fluentemente a linguagem que o Desenho Técnico representa”. A leitura de um objecto, diz o autor, é “uma compreensão progressiva do objecto pelo exame comparado de todas as vistas”. Os métodos auxiliares apresentados são a identificação dos vértices do objecto com números ou letras e a execução de um modelo do objecto com recurso a materiais maleáveis, como a cortiça ou a plasticina, que pode ser realizada através de um processo aditivo ou subtrativo. Também se refere a execução de um esboço em perspectiva do objecto. Este esboço inicia-se geralmente com o esboço do paralelepípedo circunscrito ao objecto, desenhando-se a seguir as configurações definidas respectivamente no alçado lateral e na planta, desenhando-se a seguir os contornos do objecto. O cálculo do volume do objecto, executado através da decomposição do objecto em sólidos simples dos quais se consegue calcular facilmente o volume, é o último método de apoio referido.

O oitavo capítulo diz respeito aos cortes e secções (Figura 2.8), que são processos de representação que consistem em “selecionar o objecto que se pretende representar, por uma superfície convenientemente escolhida e eliminar, em seguida, a parte do objecto que fica entre o observador e a referida superfície, representando-se apenas a projecção da parte restante”. Este é um método que auxilia a legibilidade de determinadas peças, permitindo “ver por dentro” destas. São dadas as regras de execução e referenciação deste tipo de desenho e a distinção em casos em que as regras comuns não se aplicam.

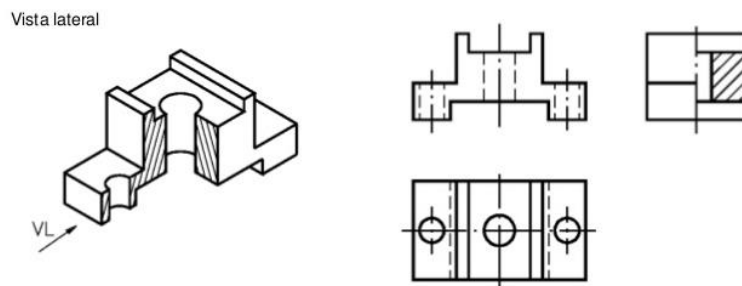


Figura 2.8: Desenho de cortes e vista lateral

O nono capítulo diz respeito às técnicas de perspectiva rápida, assim designadas devido “à sua rapidez de execução” e também designadas por perspectivas paralelas, em virtude de se apoiarem no sistema de projecção paralela ou cilíndrica. São ainda apresentados os conceitos de perspectiva cavaleira e perspectiva axonométrica, que são obtidos, respectivamente, através das projecções oblíquas e através das projecções paralelas. “A perspectiva axonométrica, que na sua forma mais geral pode ser designada por perspectiva axonométrica trimétrica, admite ainda casos particulares, em que se designa por perspectiva axonométrica dimétrica e por perspectiva axonométrica isométrica” (Figura 2.6).

Na perspectiva cavaleira, a face paralela ao plano de projecção vem sempre representada em verdadeira grandeza, qualquer que seja a direcção das projectantes oblíquas consideradas sendo que é aplicado um coeficiente de redução às outras faces. A perspectiva axonométrica trimétrica é caracterizada pelos três ângulos que as três direcções axonométricas (definidas pela projecção) fazem entre si e por três coeficientes de redução que exprimem as relações entre os comprimentos marcados segundo as três direcções axonométricas e a sua dimensão real. As perspectivas que utilizam apenas duas ou uma escala de comprimentos são designadas por dimétrica e isométrica. É apresentado um sistema de classificação das perspectivas e apontam-se quais os casos de utilização de cada uma, sendo comum o emprego da perspectiva isométrica e da perspectiva dimétrica. Também se apresentam os métodos de desenho de perspectivas rápidas, os métodos de escolha da posição da perspectiva, os métodos de construção das mesmas, incluindo casos detalhados da perspectiva da circunferência, os casos de linhas ocultas e linhas de eixo em perspectiva, os casos de cortes em perspectiva, terminando-se com a

perspectiva explodida, um esquema de representação comum em esquemas de montagem e catálogos.

O capítulo seguinte lida com os métodos e regras da perspectiva rigorosa. Estes métodos e regras expandem os do capítulo anterior e servem para lidar com edifícios e outras construções. No nosso caso, não será necessário explorar detalhadamente os conceitos aqui contidos, uma vez que estamos preocupados com os métodos básicos, que são os mais apropriados para níveis introdutórios. Também se omite o capítulo referente a planificações, que é o capítulo que termina os conteúdos referentes aos métodos de representação de objectos, seguindo-se a temática das cotagens.

Designa-se por cotagem a “inscrição, no desenho, das cotas e de outras indicações auxiliares relacionadas com as cotas”. As cotas são as dimensões dos vários componentes de um objecto e podem ser de natureza linear ou angular. “As cotas representam sempre dimensões reais do objecto e não dependem, portanto, da escala em que o desenho está executado” e interessam, sobretudo, aos processos de “construção, verificação e à própria função do objecto desenhado”. O capítulo prossegue demonstrando quais os métodos de cotagem utilizados, o emprego de linhas de chamada e linhas de cota para linhas rectas e linhas curvas, os casos de emprego de linhas de referência, as regras e métodos de desenho de setas, pontos e traços, as regras de inscrição de cotas (tipos de unidade utilizados, etc.). Também se exploram os símbolos complementares da cotagem, as normas de escolha e localização das cotas, a cotagem das formas geométricas “fundamentais” ou elementares, as regras de cotagem para conjuntos de peças, de desenhos em corte e de desenhos em perspectiva. O capítulo termina com a explicação de um método de apoio à leitura referido anteriormente, o método do cálculo do volume, que depende da cotagem.

Os capítulos seguintes expandem os conceitos de base explorados e, mais uma vez, dizem respeito a temáticas já mais próximas da realidade industrial, algo que está fora do âmbito deste documento.

Valerá ainda uma pequena menção à obra de Silva, Ribeiro, Dias & Sousa (2004), trata detalhadamente as aplicações dos conceitos de projecções geométricas planas – projecções ortogonais e projecções axonométricas e aspectos complementares, nomeadamente, os cortes e secções e a cotagem, quer em termos da sua utilização tradicional, quer em termos da sua geração nos sistemas CAD. Vemos que a estrutura e as definições presentes nesta obra inspiraram-se nas propostas de Simões Morais (2011), sendo que a abordagem das temáticas relacionadas com o Desenho Assistido por Computador são aquilo que este volume acrescenta a este corpo teórico.

2.3.2 Perfil da progressão na aprendizagem de base em Desenho Técnico

A revisão de literatura permitiu-nos discernir que está estabelecida uma progressão na disciplina. Essa progressão está organizada de forma a que o aluno possa aprender progressivamente acerca do Desenho Técnico enquanto forma de comunicação, os seus sistemas e métodos de representação de objectos e a forma como são atribuídas propriedades físicas através de inscrições normalizadas que indicam esses mesmos atributos. Com os dados adquiridos, é possível avançar uma estrutura de progressão pedagógica nesta disciplina:

- Temas introdutórios e de normalização geral: distinção entre linguagem artística e técnica e caracterização da disciplina do Desenho Técnico; apresentação do conceito de norma, apresentação de materiais de desenho; apresentação dos vários tipos de desenho; elementos do desenho (traços, linhas, escrita);
- Projecção e vista: introdução do conceito de projecção; conceito de perspectiva; apresentação dos métodos de projecção paralela (axonométrico, diédrico); apresentação das bases do desenho técnico (geometria descritiva, normalização); vistas;
- Representação ortográfica: métodos de representação ortográfica; definição da geometria de objectos; métodos de projecção (primeiro e terceiro diedro); escolha das vistas; uso de sinais convencionais; tipos de vista; representação de cortes e secções; representações simplificadas (Figura 2.4).
- Representação axonométrica: desenhos axonométricos técnicos; sistemas axonométricos (isométrico, dimétrico); desenho em projecção isométrica; axonometria cavaleira.
- Leitura de desenhos ortográficos: técnicas de leitura; visualização; análise das formas geométricas; leitura por representação isométrica (com e sem cortes);
- Cotagem nominal: criação de objectos técnicos; geometria e dimensões no desenho; dimensões lineares e angulares; técnicas de inscrição das dimensões no desenho;

Após a temática da cotagem nominal, vemos, em toda a literatura, que se passa para um domínio mais aproximado da realidade industrial do Desenho Técnico, passando a ser introduzida a temática dos toleranciamentos e outros temas ligados às propriedades dos materiais e da fabricação.

Podemos constatar que a leitura de objectos finaliza, praticamente, a parte relacionada com a definição e criação de peças, o que parece indicar que é, de facto, uma tarefa que só pode executada após uma familiarização cuidada com os sistemas de representação e as suas técnicas

de execução. Efectivamente, os alunos aprendem a “ler” um objecto depois de tomarem contacto e praticarem a forma de o “escrever”, i.e., a forma de o desenhar.

Veremos que o protótipo, ao providenciar um elemento de realidade aumentada, foi pensado com o intuito de oferecer um instrumento de visualização de objectos complexos no espaço, facilitando o exercício de visualização mental que, mesmo após a execução de vários desenhos segundo os vários sistemas de representação, é um exercício que oferece sempre obstáculos consideráveis. A “tangibilidade” do objecto na realidade aumentada pode suprimir essas barreiras. Mais ainda, aponte-se que a opção de recriar os objectos representados ortograficamente na secção final de exercícios de projecção está em linha com o racínio que estes objectos, pela sua complexidade, oferecem tanto os maiores obstáculos como os maiores proveitos no que toca ao incremento efectivo das capacidades do aluno. Claro que, como se tem referido até aqui, o tipo de exercícios e de apoio pedagógico disponibilizado na ferramenta deverá ser aumentado em desenvolvimentos futuros.

Definições

Terminando esta secção, devemos deixar algumas definições que poderão clarificar termos que surgiram até agora neste capítulo. Ressalte-se que estes termos são os mais importantes para o âmbito do nosso estudo.

Entende-se por **norma** um documento escrito, aprovado por organismos qualificados, que contém prescrições técnicas elaboradas com base em conhecimentos científicos e tecnológicos (Simões Morais, 2011).

O termo **desenho técnico** refere-se à apresentação gráfica estabelecida de acordo com a normalização ISO que o torna universalmente legível. Estes desenhos têm como finalidade a produção de peças. Não deve confundir-se o termo com o nome da disciplina.

Em Geometria Descritiva (e, por conseguinte, em Desenho Técnico), **projectão** refere-se à imagem obtida através da identificação de um ponto no espaço e da sua representação no plano através da linha projectante (Figura 2.9).

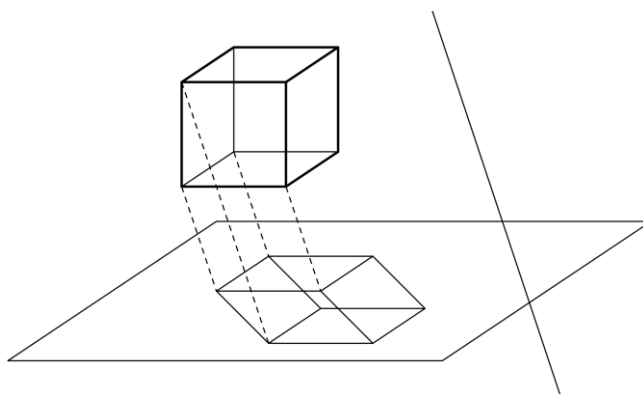


Figura 2.9: Exemplo de projecção oblíqua

A **representação ortográfica** é uma forma de projecção paralela em que todas as linhas são ortogonais ao plano de projecção, em que as faces principais do objecto têm orientação frontal relativamente ao desenhador. É usada para descrever a forma geométrica nominal de um objecto técnico.

A **representação perspética** (axonometria ou perspectiva) é uma forma de representação planar pictórica por uma só vista de um determinado objecto que é colocado, relativamente ao desenhador, “de modo a permitir a sua visão global” (Simões Morais, 2011). “Numa representação em **axonometria isométrica**, os três eixos de coordenadas são dispostos com igual inclinação em relação aos raios visuais. Trata-se de uma projecção ortogonal dos eixos igualmente inclinados sobre o plano de projecção” (idem).

A **axonometria cavaleira** (Figura 2.10) é uma forma de projecção oblíqua em que o sistema de coordenadas tem o eixo de X perpendicular ao eixo de Z e o eixo de Y tem uma inclinação de 45° graus.

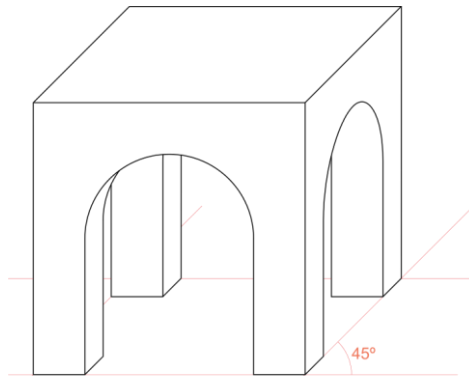


Figura 2.10: Exemplo de Axonometria Cavaleira

A **cota** é “a indicação inscrita no desenho, constituída por um valor numérico, associado a símbolos e a anotações, destinada a definir claramente os elementos do objecto representado”.

2.4 Resumo

Neste capítulo, fizemos um enquadramento teórico da disciplina do Desenho Técnico, quais as suas características fundamentais e o qual a importância que tem para as actividades dentro da Engenharia e não só.

Exploraram-se os conceitos ligados à cognição espacial através do levantamento dos estudos que explicitam a natureza desses processos, que os categorizam e que revelam a sua importância para as áreas ligadas à Engenharia.

Vimos as várias referências bibliográficas que sustentam o ensino de Desenho Técnico no nosso país, e definimos uma estrutura de progressão nesta disciplina. Também avançamos as definições de alguns termos importantes para a disciplina e vimos os aspectos que levantam mais dificuldade nos momentos de ensino-aprendizagem.

No próximo capítulo, avança-se para a Multimédia na Educação e para as tecnologias cujas *affordances* nos podem dar boas oportunidades de incremento da capacidade e aptidão dos alunos.

3. Multimédia no Ensino e Tecnologias Utilizadas

Neste capítulo far-se-á uma pequena introdução ao tema da multimédia na educação para depois a enquadrarmos no domínio específico da Geometria Descritiva (cujas ferramentas apresentam soluções que podem ser adaptadas às necessidades dos processos de ensino-aprendizagem da disciplina do nosso interesse) e do Desenho Técnico.

Discutem-se também alguns aspectos de tecnologias que foram introduzidas nos contextos educativos e que são importantes para várias ferramentas de apoio ao ensino de Desenho Técnico desenvolvidas noutros contextos. São, respectivamente, as tecnologias ubíquas e a realidade aumentada.

3.1 Introdução

O modo como a educação é pensada sofreu variadas mutações ao longo do tempo, motivadas por mudanças nos meios económicos, físicos, morais, entre outros, de cada época e de cada local. As principais teorias de aprendizagem não estão, portanto, desligadas do pensamento de cada tempo e espaço e, como tal, constatamos que estão ligadas com o passado histórico da filosofia e da psicologia.

Tanto no processo de teorização como no processo de aplicação da teoria, o contexto científico, económico e político foi sempre uma influência. Muito embora existam importantes contributos para as ideias acerca da Educação – tanto na vertente teórica como na *praxis* – ao longo da História, vamos focar-nos essencialmente nos avanços do século passado e do presente.

Estes períodos são marcantes, pois apresentam a mais rápida evolução e integração das tecnologias da informação e comunicação que, nos ambientes lectivos formais e não formais, veio trazer uma quantidade considerável de desafios e possibilidades para os processos que

consistem as actividades lectivas. Deve ter-se em atenção, como notam Rubio García, Quirós, Santos et al. (2007).

“(…) em geral, quando nos deparamos com novas tecnologias todos tendemos a pensar de acordo com o quadro de referências com o qual estamos mais familiarizados. Noutras palavras, a tecnologia é integrada sem qualquer consideração crítica anterior e são esperadas mudanças mágicas pela mera existência da mesma. É, de facto, verdade que as tecnologias desempenham um papel psicológico (Sanz, 1999): quando as pessoas aprendem através de experiências novas, todos os sentidos ficam alerta na tentativa de compreender o que se passou (Medeiros, 1998). É precisamente essa procura que activa a atenção de formas que experiências mais previsíveis não atingem.”

Daqui se retira que a integração deve ser cuidada e que não se deve cair no erro (aparentemente comum) de deixar que o entusiasmo da novidade nos faça crer que estamos perante a solução final para as dificuldades de um processo altamente complexo. Citando Orozco (2000).

“Contudo, não são as TIC que modificam os processos de ensino e aprendizagem, mas a forma como são utilizadas as metodologias com as quais são implementadas. Nessa medida, deve ser feito um esforço para promover novos métodos com as TIC, novas formas de comunicação e ensino para evitar a reprodução de métodos antigos (explicação, notas, estudo e examinação).”

A teoria do comportamentalismo surge por volta de 1900, no seguimento de algumas propostas no campo das ciências: como, por exemplo, no caso do russo Ivan Pavlov e o cão que havia sido condicionado a salivar sempre que soava uma campainha. Este e outros casos inspiraram alguns autores a versar sobre o treino e o condicionamento operante como métodos educativos, no sentido de atingir metas que fossem pré-estabelecidas. Estávamos numa era de forte industrialização e esta forma de pensar a educação ajustava-se a essa realidade. No comportamentalismo nota-se que a principal preocupação é estudar os resultados observáveis depois da estimulação. A forma como estes eram processados internamente não podia, segundo os defensores desta teoria, ser observada. Os processos cognitivos eram, portanto, deliberadamente ignorados. Os exercícios a dominar podiam ser divididos em pequenas parcelas que iam conduzindo, de forma incremental, a novos conhecimentos.

Esta decisão de ignorar os processos internos da mente não foi bem aceite por teóricos posteriores. Durante a segunda metade do século XX surgiu o cognitivismo, cujo principal contributo para a educação foi a conclusão que o conhecimento se faz através de mapas mentais, ou representações. Embora aceitem a aplicação de reforços e repetição possa auxiliar a aprendizagem, consideram que as estruturas cognitivas são o factor fundamental.

O modo como estas estruturas se organizam é, contudo, um assunto em que vários teóricos divergem. Um exemplo é a divergência entre as ideias de Jean Piaget e de Henri Wallon – o primeiro que considera que a maturação dos processos cognitivos se dá em estreita relação com o meio envolvente, que é o espaço onde se assimilam e acomodam novos elementos, enquanto o segundo considera que a cultura é o meio de actualização do ser humano, e que as estruturas cognitivas não se ampliam, mas, antes, reformulam-se.

O período mais marcante do percurso investigativo destes autores corresponde à fase em que surgiu o construtivismo. Enquanto o cognitivismo e o comportamentalismo partilham alguns métodos de actuação, o construtivismo partilha com o cognitivismo o conceito, mas é bastante diferente em termos práticos. Esta teoria da educação prevê a construção de conhecimentos pelo indivíduo, que, de acordo com as suas estruturas mentais, avança e recua conforme lhe é significativo.

Mais recentemente, vimos surgir as teorias de Howard Gardner. Segundo este autor, o ser humano processa informação de diversas formas, que estão, em cada indivíduo, em concordância e equilíbrio com o seu tipo específico de inteligência. O autor descreve vários estilos de aprendizagem, que recorrem a dados que estão de acordo com as aptidões naturais de cada indivíduo. Existem, por exemplo, estilos de aprendizagem que se ajustam a dados visuais/espaciais, verbais/linguísticos, lógico-matemáticos, entre outros.

A discussão alongada acerca da forma como se aplicam estas teorias na sala de aula está fora do âmbito desta dissertação, mas é útil termos presentes estes avanços teóricos para compreendermos melhor os vários tipos de materiais didáticos disponíveis, principalmente aqueles que são ferramentas multimédia. Deve apontar-se que a história do desenvolvimento das teorias da educação e dos meios informáticos como auxiliares da aprendizagem funde-se em vários pontos. Desta última, encontramos afinidades com o desenvolvimento e a história recente da educação à distância.

A educação à distância está, no entanto, longe de ser um fenómeno recente. Um dos primeiros exemplos modernos de educação à distância foi implementado por Isaac Pitman, que ensinava o seu método de estenografia a alunos no Reino Unido e a qualquer pessoa que tivesse acesso aos serviços postais do Império Britânico. Os interessados tinham apenas de enviar-lhe uma carta e passavam a receber lições periódicas de estenografia, que consistiam na transcrição de versos bíblicos.

Foi apenas nos anos 90 do século passado que os computadores começaram a ser realmente considerados como uma ferramenta vantajosa para o ensino à distância, com o aparecimento da World Wide Web. Existiram também várias aplicações e implementações informáticas para o apoio ao ensino antes disso.

Um dos primeiros instrumentos mecânicos de apoio ao ensino – que de certa forma precede o computador moderno de uma forma mais óbvia que um abaco – é a máquina de ensinar. As primeiras foram inventadas em meados dos anos 20 por Sidney L. Pressey, um psicólogo cognitivista. A máquina administrava perguntas de escolha múltipla e o seu

dispositivo mecânico só avançava se o utilizador respondesse correctamente. Skinner, outro psicólogo americano, foi responsável por um tipo de máquina diferente, assente nas ideias de aprendizagem através de reforço positivo. O potencial desta máquina dava-se pelo facto de se tratar de um equipamento que providenciava reforços automáticos, imediatos e regulares sem recorrer a controlo aversivo e o ritmo de aprendizagem podia ser adaptado ao utilizador. Esta máquina é um exemplo de ensino programado, como também eram aplicações computacionais posteriores.

Uma destas aplicações, que alcançou sucesso posteriormente, foi o PLATO (programmed logic for automated teaching operations), desenvolvido em 1963 na Universidade do Illinois. Era um sistema concebido para programar os utilizadores, um pouco como os tutoriais de hoje, providenciando exposição textuais dos assuntos a explorar, seguidas de exercícios de memorização e aplicação do conhecimento. A linguagem de programação proprietária chamada TUTOR foi desenvolvida especificamente para a criação de software educativo para esta plataforma. Foram desenvolvidas mais de 15000 horas de material educativo para esta plataforma e, nos anos setenta, foram introduzidas novas funcionalidades, como um *chat*.

A utilização de máquinas de ensino programado entrou em declínio e caíram em desuso assim que surgiu o computador pessoal. Uma ferramenta didáctica célebre desenvolvida para a nova máquina são as várias implementações da linguagem de programação LOGO, que permitia aos utilizadores desenhar figuras geométricas no ecrã. O cursor de desenho é uma tartaruga, que passou mesmo a ser a mascote desta linguagem e das aplicações didácticas. Algumas destas implementações têm até uma tartaruga mecânica, programável à distância, que permite aos utilizadores desenhar em papel.

O progresso nas tecnologias multimédia, com a integração e rápido desenvolvimento de processos como a captura, análise e distribuição de conteúdos dinâmicos e a rápida e já comum adopção de ligações de Internet de alta fidelidade e desempenho, possibilitaram que surgissem sistemas multimédia – em que estão incluídas as aplicações educativas – que melhoraram efectivamente a forma como comunicamos. Os processos educativos foram igualmente afectados pelo forte desenvolvimento tecnológico dos últimos 50 anos. Deve mencionar-se que, apesar de existirem já imensas experiências de integração da multimédia computacional em contexto lectivo, ainda se fazem esforços no sentido de responder à questão de como devem eles ser integrados neste contexto e como se podem retirar os maiores proveitos dessa integração.

Os sistemas de educação multimédia prometem tornar o processo mais eficiente. Os defensores da integração destes sistemas defendem que a multimédia oferece grandes vantagens: torna a aprendizagem mais fácil, mais conveniente e oferecem estímulos mais significativos aos alunos que, supostamente, ficam mais motivados.

Se é verdade que estas tecnologias estão disponíveis há tempo suficiente para se retirarem conclusões acerca dos seus benefícios reais, também se deve considerar que os últimos 20 anos trouxeram um interesse renovado a este assunto, ao ponto de se tornar um *hype*, muito por culpa das grandes campanhas de *marketing* por trás dos novos produtos que integravam as tecnologias

web. Nos anos 90 e no início do novo milénio, era usual adicionar o prefixo “e” ou “cyber” a novos produtos.

De facto, com o advento da World Wide Web nos anos 90, previam-se - pela possibilidade de integração desta tecnologia e pelas *affordances* que muitos lhe notavam e/ou tentavam prever de uma forma mais ou menos rigorosa - enormes revoluções no ensino; chegando-se mesmo a prever o “fim” da educação tradicional.

Apesar de toda a “história” da multimédia na educação e das muitas experiências levadas a cabo nesta época de enorme entusiasmo, ainda estamos longe de conseguir responder concretamente à questão de como podem estas ferramentas tornar a aprendizagem mais exploratória, autónoma e proveitosa. Estas questões ainda têm grande importância.

3.1.1 Panorama actual

Actualmente, as aplicações informáticas de apoio ao ensino assumem formas variadíssimas, se bem que a grande maioria herda os preceitos teóricos e práticos dos antecessores descritos até aqui.

Nesta secção não vamos listar a grande parafernália de soluções existentes a este nível – que vão desde aplicações offline de escolha múltipla até quadros multitoque interactivos (imaginem-se quantas opções e elementos estão entre estes dois pontos opostos de um espectro de complexidade da própria aplicação e do tipo de aprendizagem que é suportado).

Apesar disso, grande parte da multimédia está disponível na Web, que nos últimos anos também sofreu alterações radicais não a nível de lógica (os protocolos de comunicação são os mesmos desde o início), mas a nível de usabilidade e tipos de conteúdo disponibilizado. A usabilidade sofreu tais alterações que é frequente vermos a Web dividida em dois períodos – análogos a fases de desenvolvimento tecnológico: a Web1.0 – caracterizada pelo consumo passivo, espectral – e a Web2.0 – caracterizada por uma postura do utilizador mais activa e crítica. Mudou efectivamente o papel do utilizador, que podem hoje, facilmente, criar, manipular e partilhar conteúdos usando ferramentas da Web 2.0 (García-Martín & García-Sánchez 2013). É interessante pensar, no entanto, que, no que toca a literacia digital, os utilizadores de hoje estão menos preparados que os utilizadores de há 15 anos atrás, uma vez que têm ao seu dispor ferramentas que escondem as camadas de funcionamento da tecnologia informática (DiSessa, 2006).

Como sempre, todos estes elementos têm características próprias: são aplicáveis a momentos muito distintos e as suas vantagens e desvantagens dependem de cada situação e enquadramento teórico. Tornam-se, então, necessárias algumas considerações em torno da utilização de novas tecnologias no ensino.

De facto, como já foi referido, o aparecimento do computador trouxe mudanças não só tecnológicas como estratégicas: mudou, essencialmente, o modo como reflectimos acerca do

ensino, da aprendizagem e, num nível mais profundo, da forma como construímos e criamos conhecimento.

Existe um referencial teórico, proposto pelos autores Mishra & Koehler (2006), para o uso das tecnologias em contexto educativo. É o modelo TPACK (Technological Pedagogical Content, Figura 3.1). Para além de focar cada componente (conhecimento tecnológico, conhecimento do conteúdo e conhecimento pedagógico), sublinha a interação dinâmica entre pares (conhecimento pedagógico do conteúdo, conhecimento tecnológico do conteúdo, conhecimento tecnológico-pedagógico) colocando depois os três em contacto na zona de intersecção do modelo: O TPACK. Note-se que este modelo pressupõe grande flexibilidade por parte do docente, para que consiga adaptar da melhor forma a realidade lectiva às soluções disponíveis e às necessidades.

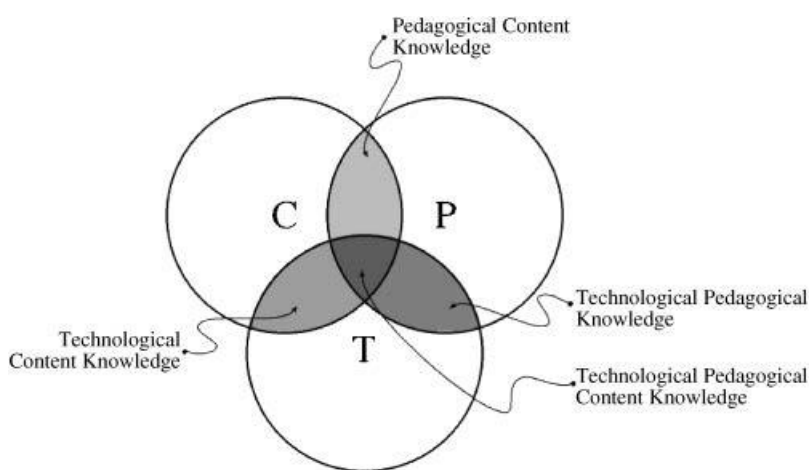


Figura 3.1: Modelo TPACK (Mishra & Koehler 2006)

Para além da grande evolução dos conteúdos na Web, vimos ser introduzidas novas ferramentas: os smartphones, os tablets e outros dispositivos pessoais portáteis de pequenas dimensões (muitas vezes denominados de tecnologias ubíquas) que oferecem ainda mais um conjunto de possibilidades e soluções para o domínio da educação. De facto, existe já um conjunto de estudos no mundo ocidental sobre fenómenos de Bring Your Own Device (em que os alunos são efectivamente encorajados a trazer consigo os seus dispositivos móveis para sessões lectivas em que a administração dos conteúdos e a assimilação dos conhecimentos passa por estratégias que implementam a utilização desses dispositivos).

Estas tecnologias recebem a designação de ubíquas devido ao facto de que se proliferaram mais do que nenhuma outra nos últimos anos. Em 2014, o número de subscrições de serviços de comunicação para telemóveis ultrapassava os 6 milhares de milhão (ITU, 2014). Os dispositivos móveis são considerados como sendo ferramentas culturais que estão a transformar as práticas sócio-culturais em todas as esferas da vida (Pachler, Bachmair & Cook, 2009). Esta transformação é até considerada relevante do ponto de vista evolutivo, porque permite que o ser

humano participe em interacções que estão completamente livres de vários constrangimentos, como a proximidade física ou a impossibilidade de deslocação (Geser, 2004).

Estes efeitos também são sentidos na educação. Com efeito, uma das mais categóricas evidências desse caso é o surgimento do termo *m-learning*, que se define como “sendo a aprendizagem através de múltiplos contextos, através de interacções com o conteúdo propriamente dito e interacções sociais, utilizando dispositivos electrónicos pessoais” (Crompton 2013).

Mobile learning, ou *m-learning*, é a designação que se dá a momentos de ensino-aprendizagem que ocorrem através de dispositivos móveis, como smartphones, PDAs ou tablets (Figura 3.2). Este termo é um tanto ou quanto equiparável ao e-learning, que se refere a momentos de ensino-aprendizagem possibilitados pela utilização de tecnologias web e é frequentemente associado com os fenómenos de ensino à distância. Por esse motivo, o m-learning é entendido como uma extensão do e-learning (Oller, 2012), não sendo o termo mais apropriado para designar genericamente qualquer utilização deste tipo de dispositivos em contexto educativo formal, não-formal ou informal, sendo que estes fenómenos são normalmente designados como sendo fenómenos de aprendizagem ubíqua.

É certo que as novas tecnologias móveis (ou, como preferimos, tecnologias ubíquas) tiveram um papel importante na evolução da forma como as pessoas recebem e acedem à informação.

Para compreender as oportunidades que trazem estes dispositivos, é imperativo compreender a essência dos fenómenos que possibilitam e, de mesmo modo, ver que tipo de implementações existem para que possamos definir exemplos de boas práticas.

3.2 As tecnologias ubíquas e a aprendizagem móvel

A utilização em contexto educativo de tecnologias ubíquas ou móveis está no cerne de uma importante corrente de investigação, que atribui aos fenómenos de aprendizagem mediada por estas tecnologias a designação de aprendizagem ubíqua ou móvel, conceitos que, como podemos constatar pela leitura, são utilizados alternadamente (Hwang, Lai, and Wang 2015). Outros autores consideram que a aprendizagem ubíqua é a “próxima fase” da aprendizagem móvel (Park, 2011). Neste documento, opta-se por utilizar os termos alternadamente. Sharples, Taylor & Vavoula (2007) definem a aprendizagem móvel como sendo “o processo de obtenção de conhecimento através de conversações por entre múltiplos contextos e tecnologias de interacção pessoal.” Do mesmo modo, considera-se que as tecnologias móveis são ferramentas que permitem aos seus utilizadores aceder à informação independentemente da sua localização e contexto físico (Chen, Chang & Wang 2008).

No que toca aos contextos de ensino-aprendizagem propriamente ditos, podemos referir-nos às variadíssimas contribuições que a comunidade científica tem providenciado, no sentido

de mapearmos e compreendermos a superfície da forma como estas tecnologias têm sido utilizadas.

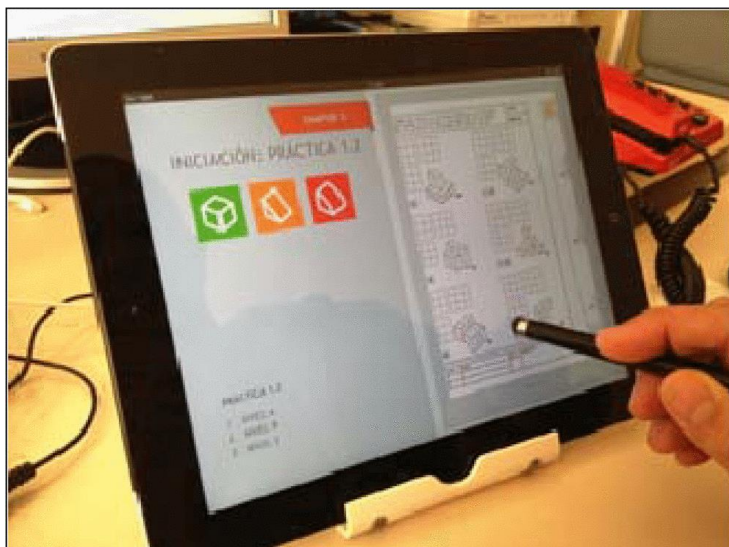


Figura 3.2: Protótipo em dispositivo móvel - *tablet* (de la Torre et. al. 2013)

Como primeiro exemplo, verificamos que os dispositivos móveis podem ser utilizados como ferramentas de apoio à implementação de várias estratégias pedagógicas. Por exemplo, no sentido instrucionista, os dispositivos móveis podem ser utilizados para testar vocabulário (Brett 2011) ou, numa abordagem construtivista, podem ser utilizados para que os alunos criem vídeos relativos aos conteúdos que devem aprender (Zahn et al. 2013). Ainda que ambos os casos possam ser designados com o termo “aprendizagem móvel”, as actividades e teorias subjacentes são diversas, sendo que estamos perante um caso em que se podem obter várias formas de envolvimento e efeitos nos resultados do processo educativo. Uma das primeiras revisões que diferenciou a aprendizagem móvel com base nas várias vertentes teóricas foi redigida por Naismith et al. (2004). Neste artigo, os autores distinguiram práticas que poderiam ser designadas com as categorias “comportamentalista”, “construtivista”, “situada”, “colaborativa”, “informal” e “aprendizagem ao longo da vida”. Esta revisão era, no entanto, baseada em exemplos e, como tal, não se tratava de uma revisão sistemática. Outra análise de literatura foi realizada por Frohberg, Göth & Schwabe (2009). Foram analisados mais de 100 projectos de acordo com as categorias “contexto”, “ferramentas”, “controlo”, “comunicação”, “tema” e “objectivo”. Os investigadores observaram que, embora os telemóveis fossem primariamente dispositivos de comunicação e interacção social, estas vertentes desempenhavam um papel pequeno em projectos de aprendizagem móvel. Esta revisão não se ocupou dos projectos que dizem respeito à aplicação destas tecnologias no ensino superior e estava centrada na distribuição de conteúdo e não nas interacções entre professor e\ou alunos através dos dispositivos móveis.

No que toca ao papel desta tecnologia no contexto do ensino superior, tem-se dado destaque ao potencial da tecnologia, principalmente nos casos em que se fundem aprendizagens on-line com aulas presenciais. Garrison & Kanuka (2004) argumentam que estes formatos começaram a pôr em causa o “domínio da aula expositiva em favor de actividades e tarefas de aprendizagem mais activas e significativas”. Para lá do contexto dos resultados de intervenções específicas, os investigadores que tomam em consideração os “panoramas gerais” do ensino superior são mais críticos do que outros que têm apontado resultados positivos em momentos de intervenção com estas ferramentas (Cook, Pachler & Bradley 2008). De um modo geral, costuma-se apontar que, apesar da abundância de tecnologias digitais, a utilização destas é “reduzida, esporádica e rígida” (Selwyn, 2007), concentrada na reprodução de padrões educativos comportamentalistas (Blin & Munro, 2008). Esta situação fica bem patente no estudo de Cuban, Kirkpatrick, & Peck (2001), em que os autores constataam que o acesso à tecnologia digital não levou à proliferação da sua utilização; e que, quando essa utilização ocorre, os meios digitais apenas “sustêm” e não mudam as práticas educativas. Esta tendência é justificada com a falta de treino específico dos docentes (idem). Os alunos também são afectados por constrangimentos na utilização de recursos online no ensino superior no que toca, por exemplo, à falta de “um sentido de comunidade” nos ambientes online, dificuldades na compreensão dos objectivos da aprendizagem e problemas técnicos. Os autores ligam a adaptação modesta das tecnologias digitais à ideia de que a revolução é “lenta”. Isto significa que os indivíduos e as instituições demoram décadas para compreender e utilizar estas novas tecnologias até ao limite do seu potencial. Embora estas observações tenham sido feitas no contexto do ensino secundário, os argumentos que se referem à lentidão das mudanças também se encontram no contexto do ensino superior, onde vemos a tecnologia a ser adoptada, ao longo das décadas, de formas que melhoram a qualidade do ensino, mas não o mudam radicalmente (Kirkup & Kirkwood, 2005). A verdade é que, desde a data de publicação destes estudos, têm sido publicados muitos outros que se referem à adopção de tecnologias online e tecnologias móveis (veremos vários exemplos no Capítulo 4) e o padrão revelado é que estas tecnologias, revelando potencial para incrementar os níveis de performance, não têm conduzido à adopção de novas práticas. Reforçam, antes, os métodos vigentes antes da sua integração.

Concluindo esta secção, deve acrescentar-se que, ao fim de duas décadas de investigação, ainda há relativamente pouco conhecimento sistemático disponível, especialmente no que toca à utilização das tecnologias móveis dentro de diferentes estratégias pedagógicas no contexto do ensino superior.

3.3 Realidade Aumentada

Uma tecnologia que têm causado impactos positivos na área da educação é a Realidade Aumentada. A RA consegue cativar, sendo ao mesmo tempo altamente apropriada a vários tipos

de contextos lectivos. Azuma (1997), define-a como sendo uma tecnologia que “permite ao utilizador ver o mundo real com objectos sobrepostos ou com objectos que se fundem com o mundo real”. O propósito da AR é permitir novas interações com o meio físico. Isto é alcançado através da sobreposição de uma imagem tridimensional (3D) virtual sobre um objecto (geralmente designado por marcador) ou ambiente.

A importância desta tecnologia reside no facto que os dispositivos RA podem sobrepor uma camada virtual de dados e experiências, “aumentando” as possibilidades de interacção com o meio físico. Estes dados podem ser vistos e/ou manipulados com o auxílio de câmaras ou monitores.

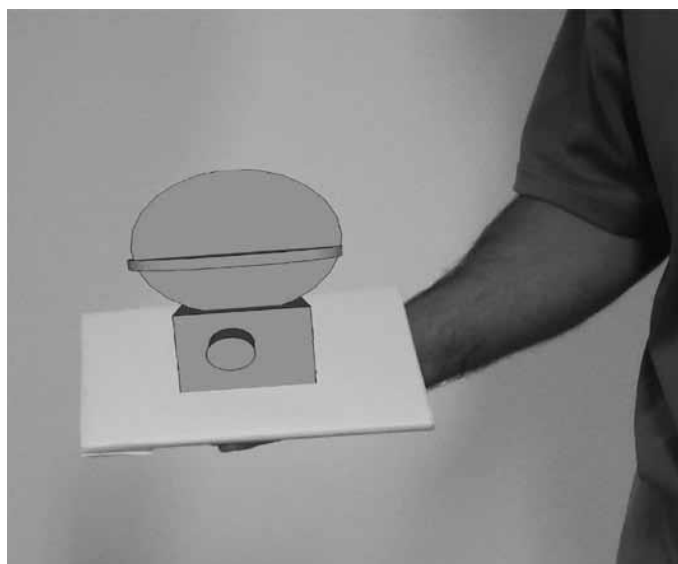


Figura 3.3: Exemplo de modelo projectado (RA)
- Thornton, Ernst, & Clark (2012)

Com o aparecimento de aplicações robustas de RA, como o ARToolkit, o AR Tag ou o Layar, os utilizadores familiarizaram-se com esta tecnologia. O processo base da RA consiste em registar e seguir o movimento (*tracking*) de um marcador fiducial. Este é o esquema de funcionamento da biblioteca ARToolkit, uma das mais amplamente utilizadas. Depois de estar registado o marcador fiducial, é necessário determinar que conteúdos, i.e., que objectos, devem ser projectados. Este esquema de base tem sofrido alterações ao longo dos anos e evoluiu para outras formas em que o marcar deixa de ser necessário, como no caso do D’Fusion ou Metaio. Também se desenvolveram aplicações móveis sensíveis ao contexto e localização de utilização (p.e., Layar ou Wikitube), popularmente utilizadas para navegação “aumentada” em cidades (note-se a invocação do conceito “aumentado”, que geralmente está associado à invocação da designação desta tecnologia).

A AR também pode ser incorporada em outros dispositivos, como dispositivos móveis, permitindo um vasto leque de possibilidades tanto aos utilizadores como aos desenvolvedores. Permite também o desenvolvimento de interfaces naturais. Este tipo de interfaces são

mecanismos de controlo intuitivos que seguem gestos e comportamentos humanos (Chi, Kang, & Wang 2013). Podem ser utilizados para comunicar sem a utilização indirecta de dispositivos de input. Este tem sido um tema bastante explorado, e têm sido desenvolvidas várias aplicações que exploram o gesto (White, 2007) e o controlo através do movimento (H.L. Chi, Hung, & Kang 2007). No contexto educativo, também são é um assunto bastante explorado, sendo que existem vários trabalhos que utilizam a Kinect, como é o caso de aplicação desenvolvida por Martin-González, Chi-Poot e Uc-Cetina (2015), que utiliza esta câmara como base de interacção de um sistema dedicado ao ensino de temáticas relacionadas com vectores euclidianos na matemática e na física.

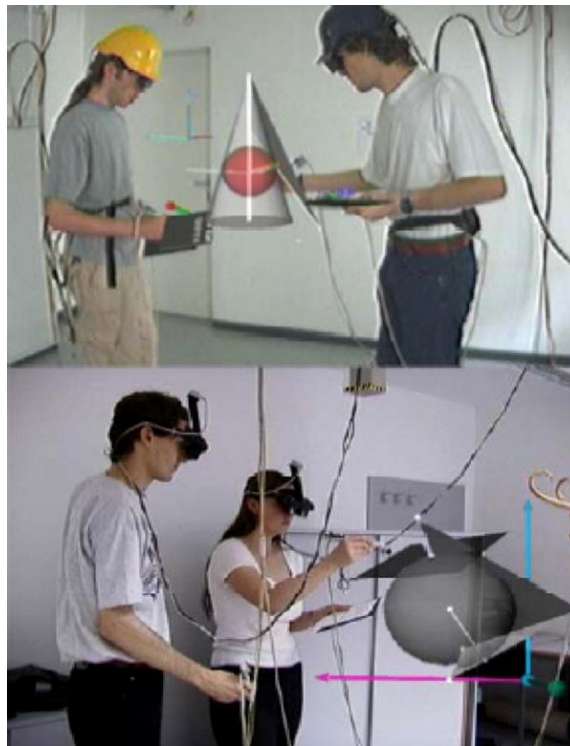


Figura 3.4: Aplicações de ensino com RA
(Nee et al. 2012)

A Realidade Aumentada também tem sido utilizada no domínio das aplicações móveis e tecnologias ubíquas. Já existe um grande número de aplicações para smartphones.

No contexto da educação de engenharias e tecnologias, a RA pode providenciar uma visão contextual rica, que seria utilizada como um recurso para a modelação e manipulação de objectos e peças relevantes aos conteúdos lectivos. A possibilidade de criar imagens tridimensionais com a RA pode tornar-se essencial nas áreas em que seja necessário conceber /ou analisar peças ou conjuntos de peças complexos, como no caso da Engenharia Mecânica. Na matemática, a RA pode ser utilizada para incrementar os conhecimentos dos alunos acerca de geometria tridimensional (Kaufmann & Schmalstieg 2003). Esta mesma técnica pode ser usada nos domínios do Desenho Técnico e do Desenho de Produto. Para além de permitir uma análise

detalhada de cada objecto, a tecnologia pode servir para estabelecer e inferir acerca da relação espacial dos objectos virtuais sobrepostos ao ambiente com outros objectos (virtuais ou não). A RA permite demonstrar e executar experiências repetidamente sem que ocorra qualquer tipo de desgaste de objectos físicos. Esta tecnologia também facilita o processo de aprendizagem, pois consegue manter os utilizadores cativados (Thornton, Ernst & Clark 2012). Para propósitos educativos, podem criar-se modelos de raiz a partir de qualquer software de modelação recente ou através de bibliotecas de objectos disponíveis na Internet. Como podemos constatar, as possibilidades desta tecnologia são inúmeras. Para manter a brevidade, focar-nos-emos nas implementações que visem o incremento quantificável das aptidões de visualização espacial dos alunos.

Samsudin, Rafi & Hanif (2011), identificaram que o desenvolvimento da visualização espacial, da rotação mental e das relações espaciais pode dar-se através da experiência ou através do contacto com o meio envolvente, sugerindo que a utilização de aplicações multissensoriais pode ter uma influência nesse desenvolvimento e pode ser benéfico ao mesmo. Para além disto, Sorby (1999) identificou que a utilização de modelos manipuláveis através do contacto com as mãos é útil no desenvolvimento de aptidões espaciais de natureza visual e abstracta. Modelos que os alunos podem ver e tocar aumentam a aquisição de informação que seria obtida através de um meio apenas visual. Ainda que de forma simulada, a AR providencia estas duas vertentes, permitindo uma melhor compreensão dos objectos.

Aliás, existem plataformas de CAD de Realidade Aumentada, o que permite modelação interactiva de peças complexas. Um destes ambientes é o ARCADE, que foi concebido para facilitar as tarefas de design e modelação. Esta ferramenta permite que os objectos sejam modificados num ambiente tangível e permitem a realização destas tarefas num ambiente colaborativo (Nee et al. 2012).

Existe, portanto, a possibilidade de tornar o ensino de tecnologias numa experiência mais holística. Os alunos não terão de ter contacto com as ideias e os conceitos num conjunto isolado de factos ou procedimentos (Nincarean et al. 2013). Ao invés disso, poderão determinar relações espaciais e visuais (Squire & Klopfer 2007).

Como vemos, uma das grandes vantagens desta tecnologia é a de, simplesmente, se tratar de um auxiliar que permite visualizar e analisar modelos virtuais complexos, e deve ser considerada como uma ferramenta importante para o ensino das STEM e de outras disciplinas que tenham uma forte componente visual. A AR pode auxiliar a criação de objectos interactivos, que acompanhem a introdução de conceitos complexos acerca dos mesmos.

3.4 Resumo

Neste capítulo, foi feito um breve enquadramento histórico acerca da multimédia na educação. Através dessa tomada de posição no tempo e nas tradições desta área, fez-se uma

curta revisão da actualidade, no sentido de nos direccionarmos às tecnologias que são do nosso interesse, para então conseguirmos tomar conclusões acerca da sua implementação em contexto lectivo. Fizemos uma incursão pelo tema das tecnologias ubíquas, vimos a sua breve tradição e concluímos que são benéficas para tornar a aprendizagem mais autónoma e acessível independentemente de constrangimentos temporais ou espaciais. Também versamos acerca da Realidade Aumentada, uma importante tecnologia emergente e que tem sido muito desenvolvida para contextos de dispositivos móveis. Vimos que traz benefícios a contextos de educação da Engenharia, uma vez que permite a criação e posterior análise de objectos virtuais complexos através da sua sobreposição no ambiente físico.

4. Análise de Ferramentas de Apoio ao Ensino de Desenho Técnico Básico

Há um conjunto de ferramentas de apoio ao ensino da disciplina do nosso interesse. Seria virtualmente impossível incluir aqui todas. Assim sendo, o capítulo que aqui se inicia tem um número de exemplos limitado, mas que oferecem uma gama de soluções e abordagens suficiente para a construção de uma base teórica para a execução de um protótipo funcional de uma destas ferramentas.

São apresentadas várias ferramentas de apoio ao ensino de desenho técnico. São divididas em categorias de acordo com o seu método de funcionamento e objectivo de implementação. Como veremos, algumas aplicações são pensadas não como auxiliares no desenho, mas como ferramentas de diagnóstico e melhoramento imediato de capacidades ligadas ao desenho técnico, como o raciocínio e a visualização espacial.

4.1 Introdução

Dos trabalhos que se ocupam da integração das tecnologias da informação e comunicação (TIC) no ensino de Desenho Técnico, podemos auferir determinados aspectos que, no seu conjunto, devem constituir a base para a definição de uma norma para a) uma didática do ensino de desenho técnico e b) a criação e integração de ferramentas de apoio. Nesses trabalhos, é possível encontrar uma vasta gama de implementações e estratégias didáticas das ferramentas em causa. Alguns trabalhos, porém, fazem apenas um mero levantamento das ferramentas existentes, indicando as suas particularidades e funcionalidades mais evidentes. É necessário constatar que, na maioria dos casos, a nova tecnologia é apresentada como obtendo sucessos a nível do incremento das capacidades do aluno e da sua satisfação com o decorrer do processo. Contudo, no contexto de estudos mais longitudinais, a aplicação exclusiva de ferramentas tecnológicas não parece repercutir um incremento maior do que quando são utilizadas

ferramentas tradicionais. Os estudos mais promissores (e também os mais raros) são os que propõem e analisam a conjugação dos métodos tradicionais e tecnológicos.

No fundo, procuramos uma forma de aplicação das ferramentas multimédia que constitua, idealmente, o ponto pivotal de uma estratégia didáctica sólida que vise, acima de tudo, o incremento mensurável das capacidades do indivíduo para a realização de tarefas directamente relacionadas com o Desenho Técnico, tornando-o mais célere e mais rotinado, o que o deixaria mais disponível para tarefas que, não estando relacionadas directamente com a execução de desenhos, são fundamentais para a elaboração e implementação de projectos.

No que toca ao ensino desta disciplina, podem encontrar-se soluções que vão desde serviços web interactivos até livros com módulos de realidade aumentada (Martin-Dorta et al, 2011). Dos trabalhos que são levantados, deve fazer-se notar que as preocupações não são exclusivamente pedagógicas. Isto é, para além do levantamento de necessidades ao nível do incremento da qualidade em geral dos processos de ensino aprendizagem, existe uma preocupação real em levantar soluções que favoreçam um incremento qualitativo do raciocínio espacial dos indivíduos a quem é dirigido o exercício lectivo (Martin-Dorta, Saorín, Contero, 2008), sendo que os resultados visam quantificar esse mesmo incremento, constatando que “(...) as aptidões espaciais têm tido um reconhecimento mais amplo e, ainda que não tenham tanta proponderância quanto as habilidades verbais ou numéricas, a investigação acentua a sua importância nos ramos tradicionais da engenharia, tecnologia e arte, assim como em qualquer outro aspecto da vida”.

No final do capítulo, iremos dispor as ferramentas analisadas numa tabela de resumo, procurando dar resposta ao objectivo de mapear, ainda que levemente, o território de soluções apresentadas e, por outro lado, tentar ilustrar de forma sucinta aquela que é a base teórica para o desenvolvimento do protótipo.

A didáctica do Desenho Técnico é um tema que nos merece atenção, principalmente no que toca ao estudo das ferramentas tecnológicas existentes. Ainda que exista um número considerável de trabalhos no âmbito da introdução de novas tecnologias no processo de ensino desta disciplina e ainda que seja considerada como absolutamente fundamental para o indivíduo no decurso da sua carreira académica e/ou profissional, não existe um corpo de trabalhos suficientemente longitudinais que nos indiquem qual ou quais as melhores estratégias didácticas em geral para a eficiência do processo de ensino-aprendizagem e para um incremento factual das capacidades do aluno.

A análise que se segue fará notório o enfoque especial dado à necessidade de que o aluno adquira conhecimentos e grande capacidade de manipulação das formas básicas de representação do Desenho Técnico. Os módulos iniciais desta disciplina costumam ocupar-se com exposições claras da forma correcta de desenhar os componentes geométricos básicos, para depois apresentar desenhos de construção de peças completas, procurando demonstrar que estas são um conjunto de formas básicas.

Tendo estas informações em conta, será vantajoso analisar algumas ferramentas de apoio ao ensino que figuram como soluções elegantes para o incremento da qualidade do processo de ensino-aprendizagem. Antes disso, recorrendo novamente a conclusões avançadas por estudos na didáctica da Geometria Descritiva – nomeadamente por Palaré (2013) e Ribeiro Lemos (2010) – lembramos que “a visualização espacial é mais elevada quando: [a]o sistema de representação permite a representação das três vistas em simultâneo com ou sem projecção direta; [b]quando se apresentam perante representações tridimensionais com linhas fechadas, independentemente do sistema de representação; [c] quando se utiliza no processo de resolução algo que transmita movimento.” (Palaré, 2013) e que uma aplicação de apoio ao ensino deverá possuir “i) apresentação simultânea e correspondência recíproca total entre visualizações tridimensionais e representação bidimensional em *épura*; ii) manipulação dinâmica do referencial e das entidades espaciais; iii) exibição sequencial das etapas de resolução que permita avanços e retrocessos; iv) visualização animada dos processos de resolução; v) parametrização das apresentações gráficas pelo utilizador.” (Ribeiro Lemos, 2010).

4.2 Ferramentas de apoio ao desenvolvimento do raciocínio espacial e aquisição de conhecimentos básicos

Como já vimos na secção 2.2, o desenvolvimento das capacidades de raciocínio espacial dos alunos de engenharia é uma preocupação de vários investigadores. É com o intuito de incrementar estas capacidades que se desenvolveram alguns dos projectos que vamos analisar. Não sendo exactamente aplicações que possam ser directamente incluídas como peças centrais de uma estratégia pedagógica específica aos vários assuntos de expressão gráfica em engenharia (faltar-lhe-iam, por exemplo, aspectos importantes acerca da execução de desenhos e da temática da normalização), são ferramentas que possuem módulos que, a serem aplicados numa ferramenta de estudo e aprendizagem mais robusta, teriam grandes vantagens. Principalmente porque, como defendem vários autores (...) as capacidades de raciocínio e visualização espacial são uma das básicas necessidades para qualquer treino técnico (Mohler, 2001).

A presente secção mostra-nos alguns exemplos que estão em linha com muitos desenvolvimentos nos últimos anos, que tem incidido principalmente sobre as seguintes áreas: a medição das aptidões espaciais dos alunos que entram no ensino superior, através do estudo de factores educativos prévios que possam ter tido impacto nestes resultados como, por exemplo, o género, idade e experiências anteriores naquele contexto (Sorby, 2001; Martín-Dorta, Saorín, Contero, 2008); o impacto dos temas relacionados com a expressão gráfica em engenharia na comunidade académica (...); o desenvolvimento de ferramentas multimédia para apoio ao ensino dessas mesmas áreas (...); a criação de cursos auxiliares concebidos com o intuito de melhorar e normalizar o nível dos alunos aquando da sua entrada no ensino superior. Estes

curso surgem como resposta aos défices que alguns alunos têm na sua preparação, o que pode originar casos de insucesso.

Alguns autores baseiam o seu trabalho na hipótese de que as aptidões espaciais podem ser melhoradas se as ferramentas correctas forem utilizadas. Concretamente, as ferramentas que facilitem a compreensão de conceitos e as relações entre representações bi e tridimensionais. E, tal como já temos vindo a referir exhaustivamente ao longo destes capítulos, com o aparecimento e rápida evolução de novas tecnologias desde a década de 90, vários grupos de investigação e desenvolvimento têm apresentado cada vez mais soluções.

Devido à amplitude da sua investigação e à sua continuidade, vale a pena salientar o trabalho liderado por Sheryl A. Sorby, na Universidade Tecnológica do Michigan (MTU). Como resultado de dez anos de investigação, esta autora publicou um manual de dez módulos para melhorar a visualização espacial em três dimensões (Sorby, Wysocki, & Baartmans 2003). Isto permite aos alunos trabalhar com exercícios isométricos ao construírem vistas ortogonais estandardizadas, cortes transversais e rotações com blocos. Para além deste manual, esta publicação vem com um CD-ROM que disponibiliza uma aplicação em Flash que a complementa. Esta aplicação oferece efeitos interactivos, criando a uma experiência análoga à de um vídeo jogo para alunos.

Na Universidade da Pensilvânia, Holliday-darr, Blasko & Dwyer (2000) criaram o 'Visual Assessment and Training Program'. Esta ferramenta permite-nos avaliar três componentes de aptidões espaciais: rotações mentais, visualização espacial e percepção espacial. Rafi, Samsudin e Ismail (2006) testaram a eficiência deste material num estudo comparativo, validando a ferramenta. Alguns anos depois, estes autores também desenvolveram e validaram uma nova ferramenta para melhorar a rotação mental (Samsudin, Rafi, & Hanif 2011).

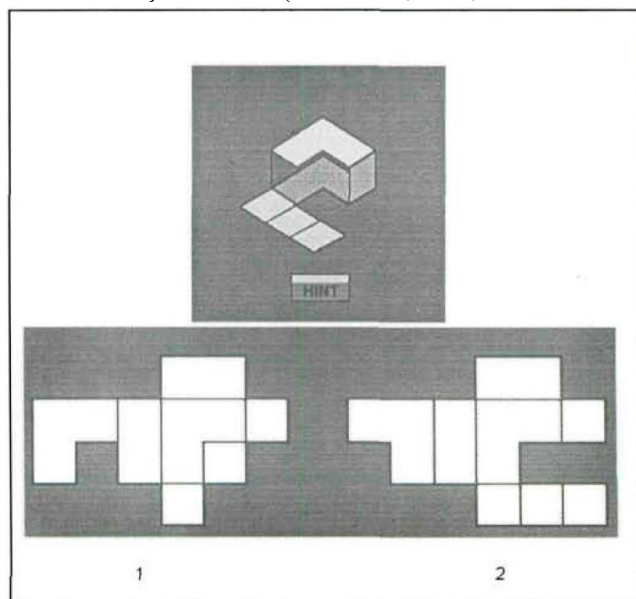


Figura 4.1: Exercício do "Visual Assessment and Training Program"

O Professor Stephen W. Crown, da Universidade Pan Americana do Texas, disponibiliza um sítio multimédia na sua página pessoal da universidade, que é composta por um conjunto de jogos interactivos, vídeos tutoriais e aulas teóricas que reforçam conceitos importantes de Desenho Técnico. Testes e questionários de satisfação demonstram que o impacto da sua ferramenta nos estudantes é positivo (Crown 2001).

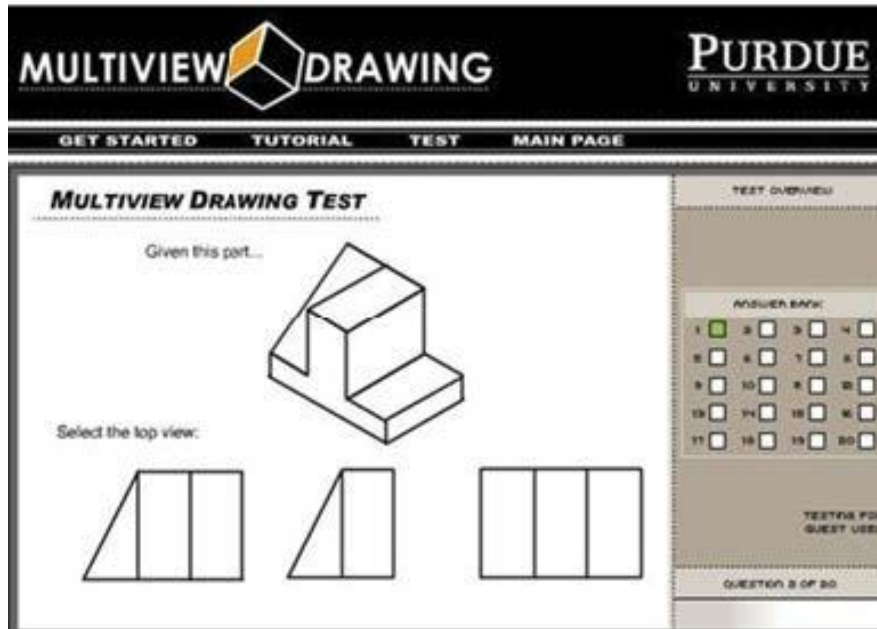


Figura 4.2: Exercício do Multiview Drawing (Connolly e Maicher, 2005)

Connolly & Maicher (2005), da Universidade de Purdue, desenvolveram o “Multiview Drawing”, um tutorial interactivo para iniciantes no mundo do desenho de vistas ortográficas. Dada uma vista isométrica de uma peça, o programa permite aos alunos desenhar uma vista e corrigir automaticamente o resultado final.

Estas ferramentas visam o incremento das capacidades de raciocínio espacial dos alunos, mas a sua base seria facilmente aplicável numa ferramenta de apoio ao ensino de Desenho Técnico.

4.2.1 Desenvolvimento de competência através de ferramentas com sólidos tangíveis

Para além destas ferramentas, em que os sólidos são completamente virtuais, existem outras que utilizam sólidos tangíveis como material didático (Katsioloudis & Jovanovic, 2014; Chen, Chi, Hung & Kang, 2011; Martín-Dorta, Saorín & Contero, 2008).

Katsioloudis & Jovanovic (2014) conduziram um estudo com alunos do ensino superior (total de 58 participantes) em que tentaram averiguar qual seria o impacto da realização de diferentes tipos de exercícios com vários tipos de modelos (3D, sólido ou desenho de representação ortográfica) no incremento das aptidões espaciais dos indivíduos. O estudo decorreu durante o início do primeiro semestre lectivo de 2013, no contexto de uma unidade curricular introdutória ao Desenho Assistido por Computador. Dos participantes, 20 formariam o grupo que realizou exercícios com o apoio de um desenho de representação ortográfica. 16 formariam parte do grupo que realizou exercícios com o apoio de um modelo virtual tridimensional e os restantes realizaram exercícios com o apoio de um sólido obtido através de impressão 3D. O sólido utilizado é semelhante em todos os grupos, assim como o conjunto de exercícios a realizar.

O instrumento de medição utilizado foi o teste de cortes mentais (MCT; Tsunumi, 2004) que requer que os indivíduos criem uma vista separada de um objecto, forçando-o a visualizar mentalmente e escolher qual o corte transversal correcto de entre cinco alternativas. O teste foi aplicado antes e depois do período em que foram realizados os exercícios com as ferramentas mencionadas. Os resultados obtidos neste teste não permitiram identificar grandes diferenças na média de resultados entre cada grupo.

O segundo método de recolha de dados envolvia a criação de um desenho de um corte transversal. Os grupos que realizaram os exercícios com o apoio do sólido virtual e do sólido tangível tiveram as pontuações mais altas neste exercício.

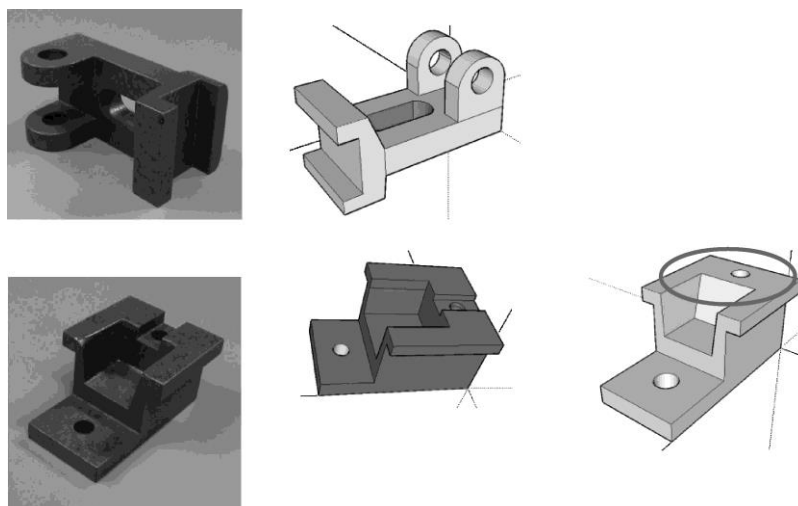


Figura 4.3: Modelos CAD desenvolvidos a partir de modelos tangíveis (Martín-Dorta, Saorín, & Contero 2008)

Através deste estudo, os autores puderam concluir que a utilização de sólidos (virtuais ou tangíveis) era altamente benéfica para a cimentação de conhecimentos básicos relacionados com a expressão gráfica em engenharia, sendo que o modelo tangível apresenta resultados estatisticamente mais altos (ainda que liminarmente). Martín-Dorta, Saorín & Contero (2008),

conceberam um curso com duração de três semanas para conseguir incrementos nas aptidões de visualização espacial. Participaram 40 voluntários, que eram alunos do primeiro ano de cursos de engenharia na Universidade de La Laguna. Foram concebidas peças com dimensões entre os 60 x 55 x 45 mm, que os alunos utilizavam para definir representações ortográficas, cortes e selecção de secções para atingir definição geométrica completa. O programa de instrução consistia, numa primeira instância, em modelar as peças tangíveis num ambiente virtual (Google SketchUp, Figura 4.3). Os alunos recebiam também sessões expositivas acerca de representação ortográfica. Na segunda instância, era esperado que os alunos modelassem virtualmente as peças presentes numa representação axonométrica (em papel). A terceira instância correspondia à modelação de peças virtuais através da sua representação ortográfica. Os participantes foram submetidos aos testes DAT:SR e MRT antes e após a exposição ao processo de instrução. Deste estudo, verificaram-se incrementos de 5 pontos no MRT e de 9 pontos no DAT:SR, o que indica que a ferramenta e o método utilizado são vantajosos.

No estudo realizado por Chen, Chi, Hung & Kang (2011) são desenvolvidos dois materiais de apoio ao ensino: um conjunto de peças tangíveis e um conjunto de modelos virtuais para realidade aumentada. Estes recursos foram desenvolvidos com o intuito de “permitir que os alunos compreendam melhor a relação entre objectos tridimensionais e as suas projecções”. Para desenvolver os modelos, foram tidos em consideração os conteúdos de aprendizagem dos manuais *Fundamentals of Engineering Drawing* (Luzadder & Duff, 1993) e *Technical Drawing* (Giesecke et al., 2003). De acordo com esses manuais, os materiais que devem ser abordados são superfícies normais, superfícies inclinadas, superfícies oblíquas, linhas curvas e superfícies, linhas ocultas, geometrias comuns como rectângulos e outros polígonos, arcos e sólidos como prismas e esferas.

No que toca aos resultados do teste, pôde concluir-se que os modelos tangíveis são úteis como recurso de apoio à compreensão das representações ortogonais e da passagem de informações tridimensionais para o plano bidimensional. Também pôde concluir-se que os modelos virtuais, apesar de revelarem alguma eficiência, não são tão apropriados para apoiar esta tarefa. Uma das razões apontadas é o facto de os modelos virtuais não permitirem o toque.

4.2.2 Desenvolvimento de aptidões espaciais e aquisição de conhecimentos de Desenho Técnico em ferramentas Web

Voltando aos exemplos desenvolvidos na web, podemos focar o trabalho Pedrosa, Barbero & Miguel (2014) que compara uma ferramenta interactiva de aprendizagem, o Calcubu, que disponibiliza um conjunto de testes a que o aluno pode aceder livremente para praticar, com ferramentas de estudo tradicionais, i.e., exercícios em folhas de papel.

A ferramenta digital – Calcubu – serve três tipos de utilizador (aluno, professor e administrador) e tem quatro partes: 1) um sistema de gestão de conteúdos; 2) um sistema de tutoriais inteligente; 3) uma ferramenta web-based para gestão e correcção de exercícios e 4)

uma base de dados. Esta ferramenta, dizem os autores, “está associada com a metodologia proposta por Pérez & Serrano (1998)” e “ajuda os alunos a desenvolver as aptidões de visualização espacial e tem quatro importantes características: 1) um modelo 3D que pode ser manipulado no ecrã, 2) testes preliminares que permitem auferir quais as dificuldades que o utilizador tem, 3) acesso instantâneo a registos de auto-avaliação do aluno; 4) registo automático das aprendizagens para o professor. Os autores realizaram um estudo para testar a eficiência da ferramenta (idem), em que dividiram os participantes (total) em dois grupos. O primeiro grupo teria acesso a aulas expositivas sobre os temas incluídos na ferramenta e completariam três exercícios de desenho. O outro grupo teria acesso, numa sala de informática, à ferramenta desenvolvida. A ferramenta dispunha de três vídeos sobre a matéria a que os participantes do primeiro grupo foram expostos, assim como um conjunto de 52 perguntas. No início de cada módulo, era realizado o teste diferencial de relações espaciais (DAT:SR). Para além disso, foi realizado um teste de rotações mentais (MRT) aos participantes antes e após o período em que decorreu o estudo. Para discernir a extensão dos conhecimentos adquiridos por cada um dos grupos, foram realizados exames que consistiam em duas partes. Uma relativa aos conteúdos relacionados com as aptidões espaciais e outro relacionado com a execução de desenhos. Por último, era realizado um último teste híbrido, composto por uma selecção de 24 questões retiradas de outros testes utilizados como instrumento de medição de aptidões espaciais.

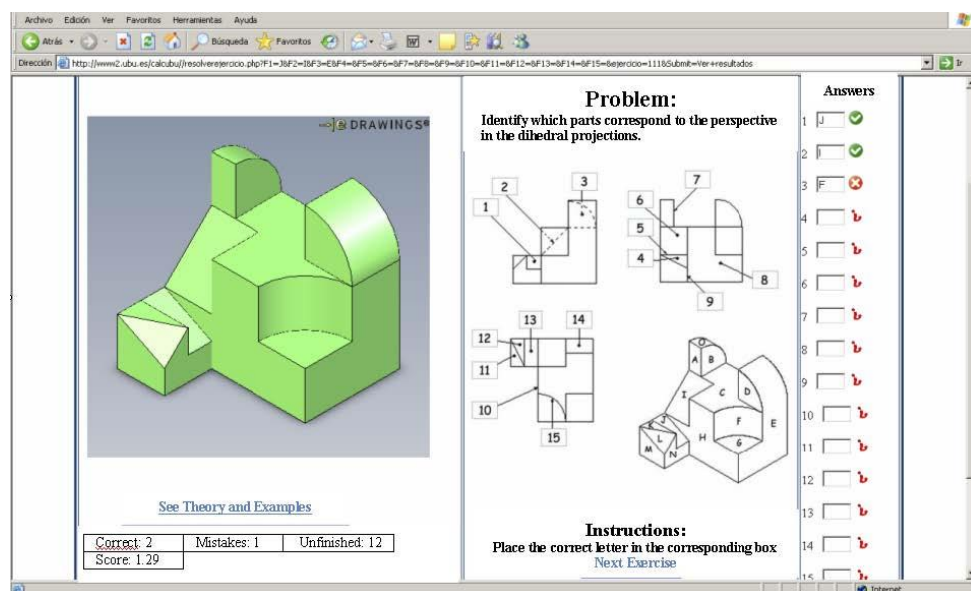


Figura 4.4: Exercício da plataforma CalcUBU (Pedrosa, Barbero, and Miguel 2014)

No final do estudo, os autores puderam concluir que os alunos que os dois métodos de aprendizagem são eficientes no que toca à aquisição de competências e desenvolvimento de

aptidões espaciais. A diferença de pontuação média entre os dois grupos no teste MRT foi de 1.7. Também se demonstrou que a ferramenta era mais adequada para alunos com classificações mais baixas nos testes administrados, pois é esse o principal tema dos exercícios incluídos na ferramenta. Mais ainda, deve acrescentar-se que esta é mais adequada aquando da entrada dos alunos num curso superior de engenharia, uma vez que a ferramenta não cobre aspectos fundamentais da geometria necessárias para a execução do desenho técnico.

O outro exemplo que vamos explorar mais detalhadamente é o conjunto de aplicações Flash desenvolvido por Moran, Rubio, Gallego, Suarez & Martín (2008), concebidos para o apoio ao desenvolvimento de aptidões espaciais, que apresenta algumas ferramentas web bastante simples e que foram desenvolvidas com o intuito específico de incrementar as capacidades de abstracção (raciocínio e visualização) espacial dos alunos do ensino universitário. Estas aplicações têm características bastante simples e são exemplos não muito recentes, mas as aplicações que são desenvolvidas posteriormente retêm os mesmos princípios básicos. As aplicações foram desenvolvidas com o intuito de melhorar os resultados no teste DAT:SR (Bennet, Seashore & Westman, 1975), sendo que os autores são movidos pela concepção de que “a percepção espacial pode ser desenvolvida, melhorada e incrementada através da prática”. As aplicações foram desenvolvidas utilizando a tecnologia Flash, da Macromedia.

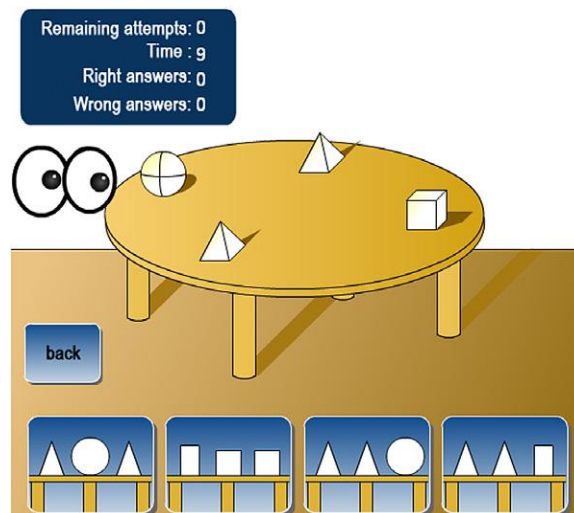


Figura 4.5: Exercício de ponto de observação (Morán et al. 2008)

O primeiro dos três níveis que formam a série de aplicações consiste em compreender como é que objectos localizados em cima de uma mesa são vistos. Chamado “View Table”, é o conjunto de exercícios de nível mais básico. Assim que se inicia o exercício, é criado um cenário em que os objectos e os botões das várias soluções aparecem. Assim que a nova disposição de objectos tenha sido visualizada, o aluno tem de escolher um dos quatro botões no fundo do ecrã, que mostram as possíveis combinações de objectos tal como vistas a partir da posição do ícone do olho (Figura 4.5). Inclui-se um marcador de pontuação e um contador de tempo. Assim que terminam 10 tentativas, o aluno tem acesso à sua pontuação. A conclusão

final da análise das pontuações dos alunos é que as capacidades de visualização básicas estão bem desenvolvidas, uma vez que 50% dos participantes teve pontuação máxima.

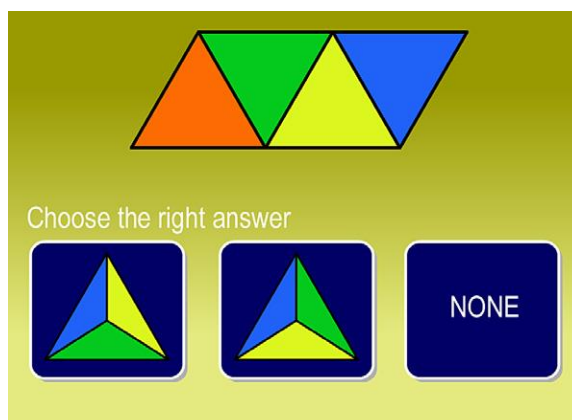


Figura 4.6: Exercício dos tetraedros (Morán et al. 2008)

O segundo conjunto de exercícios neste conjunto de aplicações está relacionado com as vistas de um cubo segundo uma determinada perspectiva. Chama-se “Views of a cube”. Este “segundo nível”, para além de ajudar ao desenvolvimento das capacidades de percepção espacial, permite ao aluno familiarizar-se com a base do sistema europeu de representação ortográfica. O exercício consiste em discernir qual é a vista (plano, alçada e perfil direito) para que os “olhos” estão a olhar. Cada uma das faces do cubo é de uma cor diferente, permitindo ao utilizador perceber qual é a vista representada. Assim que se inicia o exercício, o utilizador tem 10 tentativas para resolver. O objectivo é que o aluno obtenha o maior número de respostas correctas no menor tempo possível. Este exercício é útil para a consolidação dos sistemas de vistas europeu, em que o perfil direito é representado do lado esquerdo e vice-versa. Os resultados permitem concluir que, apesar de os alunos considerarem o exercício mais complexo, o conjunto de resultados é mais positivo.

O terceiro conjunto de exercícios consiste em conceber mentalmente a construção de um tetraedro. Foca-se na capacidade de criar objectos e executar rotações mentais (Figura 4.6). Chama-se “Development of a tetrahedron”. O aluno deve seleccionar qual a vista de cima que corresponde ao conjunto apresentado, tal como indicam as imagens. Este último exercício é o mais complexo. Uma vez que soluções apresentadas no ecrã representam a vista plana do tetraedro, i.e., a utilização de uma face como a base, é fácil determinar que faces estarão visíveis, sabendo qual é a face que deverá ser utilizada como base.

As conclusões dos autores foram tiradas através de comentários deixados pelos alunos nas páginas onde estão disponibilizadas as aplicações e através dos resultados da sua utilização, não sendo, portanto, conclusivos. No entanto, a sua análise inicial parece apontar resultados favoráveis.

4.2.3 Desenvolvimento de aptidões espaciais e aquisição de conhecimentos básicos em ferramentas móveis

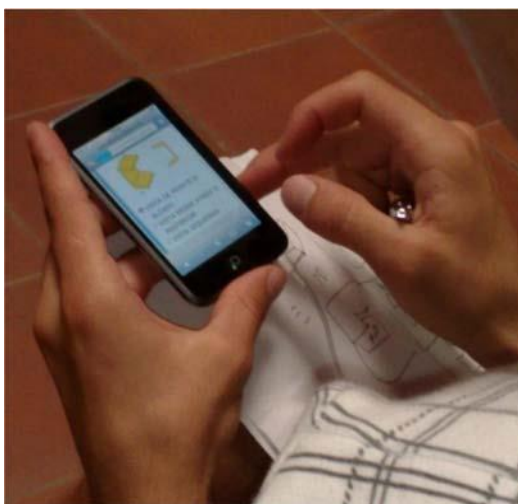


Figura 4.7: Plataforma desenvolvida por (Martin-Dorta, Saorin & Contero 2011)

Depois dos recursos baseados na Web, começaram a ser desenvolvidos recursos para dispositivos móveis. Vimos, aliás, que há várias oportunidades de investigação neste domínio e que algumas entidades já têm vindo a desenvolver trabalhos importantes. Um destes trabalhos, desenvolvido durante a fase em que estas tecnologias se começaram a proliferar, é o estudo de Martin-Dorta, Saorín & Contero (2011), que avalia a experiência e o desenvolvimento das capacidades de raciocínio e visualização espacial de um grupo que foi exposto a uma ferramenta de treino num dispositivo móvel. Como indicam os autores, este estudo, realizado no início do ano lectivo de 2008-2009, “foi concebido para que se obtivesse uma experiência que permitisse a criação posterior de um curso remedial rápido para o incremento das aptidões de visualização espacial dos alunos do primeiro ano de engenharia em que estas aptidões estejam subdesenvolvidas. O objectivo geral é que, pelo final do curso, os participantes possam atingir um nível mínimo satisfatório nas suas aptidões espaciais, o que contribuiria para uma participação de sucesso numa unidade curricular de expressão gráfica em engenharia”. Para isto, foi reunido um conjunto de 68 voluntários de estudantes de primeiro ano dos cursos de engenharia Civil, Electrónica, e Mecânica na Universidade de La Laguna, onde foi realizado o estudo. Os participantes, que não tinham experiências anteriores com dispositivos móveis, foram subdivididos em dois grupos: um grupo experimental e um grupo de controlo. O grupo experimental, constituído por 38 indivíduos, executaria o programa de treino durante a semana em que decorreu o estudo enquanto o grupo de controlo, constituído por 30 indivíduos, não o faria, podendo aceder a materiais didácticos noutras plataformas.

Os materiais didácticos desenvolvidos para este estudo estavam organizados em cinco módulos com vários níveis cada. No primeiro módulo, nível 1, os alunos teriam de identificar o

número de blocos que correspondiam ao desenho. No nível 2, os alunos teriam de identificar o modelo que corresponde a um plano e, no nível 3, distinguir se as figuras poderiam ou não ser construídas no mundo real. O segundo módulo continha exercícios em que os alunos teriam de identificar superfícies e representações ortogonais através de uma determinada projecção axonométrica. O terceiro módulo, consistia em três níveis em que os alunos teriam de tentar relacionar projecções isométricas com a representação ortogonal correcta. O quarto módulo, ocupava-se das rotações mentais através de exercícios em que os alunos teriam de identificar as representações ortogonais ou projecções isométricas de um objecto que tivessem sido rodadas 90, 180 ou 270 graus a partir de um determinado eixo. O quinto e último módulo consistia em exercícios de leitura com cortes em objectos. Cada nível tem um vídeo explicativo que revê os conteúdos que são necessários para resolver os exercícios.

Para auferir a eficiência da ferramenta, foram executados testes MRT (Vanderberg & Kuse, 1978) antes e após a semana de treino. Verificou-se que o grupo experimental tinha um ganho médio de 8.29 pontos na pontuação do MRT, o que é um ganho considerável quando comparado com o grupo de controlo (1.93 pontos). Mais ainda, tendo em conta que a comunidade científica aponta um resultado de 60% (24 pontos em 40) como resultado mínimo para um aluno de primeiro ano de engenharia (Sorby, 2007), convém referir que a classificação média dos participantes neste estudo foi de 26 pontos.

Este é o exemplo de um estudo que ofereceu, à altura da sua execução (2008), novas perspectivas para o desenvolvimento das aptidões de raciocínio e visualização espacial, uma vez que foi pioneiro na integração das tecnologias móveis.

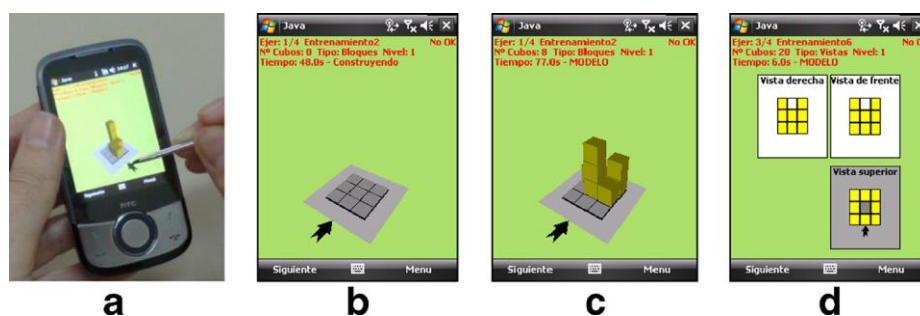


Figura 4.8: Plataforma implementada em (Martin-Dorta et al. 2013)

Outro trabalho, desenvolvido pelo mesmo grupo de investigação (Martin-Dorta et al. 2013), propõe um jogo sério numa plataforma móvel como ferramenta para o apoio ao desenvolvimento das aptidões de raciocínio e visualização espacial. A aplicação desenvolvida, Virtual Blocks, é um jogo em ambiente tridimensional que utiliza sólidos, que têm o cubo como unidade fundamental, para o efeito pretendido. A validação desta ferramenta ocorreu num estudo com 26 alunos do primeiro ano de cursos de engenharia na Universidade de La Laguna. Desse estudo pôde concluir-se que o treino através da plataforma tinha um impacto positivo mensurável nas aptidões espaciais dos participantes. Para além disso, os resultados obtidos num

questionário de satisfação com a experiência também foram positivos. Este trabalho avança a hipótese de que a ligação entre jogos e mobilidade oferecem oportunidades para o desenvolvimento de funções cognitivas, melhorando as condições de aprendizagem dos indivíduos e contribuindo para melhorar as suas capacidades. O método experimental é semelhante ao do estudo anteriormente desenvolvido por este grupo, e os resultados também indicam um incremento de cerca de 8 pontos no teste MRT após a exposição à ferramenta.

4.3 Ferramentas de apoio ao ensino de Desenho Técnico

Como vimos, as soluções que apresentamos anteriormente são exemplos com a finalidade de normalizar a preparação de base dos participantes ou de introduzir a disciplina do Desenho Técnico. Por isso, será conveniente, agora que temos uma boa base, passarmos à exploração de ferramentas que possuam, além de uma maior cobertura de conteúdos, aplicabilidade específica ao domínio do Desenho Técnico ou da Geometria Descritiva. As ferramentas vocacionadas para o auxílio ao ensino de Geometria são aqui incluídas pelas mesmas razões que no capítulo 2: pelas afinidades metodológicas e de processos que partilham com o Desenho Técnico, é favorável referir-nos a esta disciplina na busca de trabalhos e exemplos que ilustrem boas práticas e indicações para a execução de estratégias de ensino-aprendizagem.

Neste âmbito de investigação, Buitrago (2009) desenvolveu um trabalho à volta da utilização da aplicação Cabri 2D – 3D para o ensino de Desenho Técnico no nível secundário. Nesta investigação, parte-se “das dificuldades e problemas detectados na aprendizagem de Desenho Técnico nos alunos do ensino secundário dentro da aula.” O objectivo da sua investigação foi, portanto, o de “tentar melhorar a qualidade do ensino, ajudando os alunos a desenvolver a capacidade espacial e o raciocínio abstracto com uma aprendizagem que não recorre à memorização directa, apresentando uma nova metodologia educativa baseada no emprego de programas informáticos.”. O investigador afirma que, através do seu trabalho “fica demonstrado que: os alunos com exercícios adequados desenvolvem as suas capacidades espaciais através de uma aprendizagem progressiva, interactiva, não recorrendo à memorização directa e criativa; os alunos com maiores dificuldades de aprendizagem melhoram, em geral, os seus resultados; os alunos podem levar diferentes ritmos de trabalho e\ou aprendizagem; aumenta o interesse geral pelo Desenho Técnico; aumenta o interesse daqueles alunos a que estavam desmotivados com os métodos tradicionais; melhoram a exactidão do traçado e reduzem o tempo de trabalho, aproveitando as vantagens das novas tecnologia.

O tipo de aplicações que vamos explorar e estudar como exemplos são semelhantes a este e, é certo, esperar retirar daí alguns reforços a conclusões que tiramos nos capítulos anteriores e, também, exemplos que nos permitam discernir que tipo de módulos são os mais adequados para inclusão em ferramentas específicas

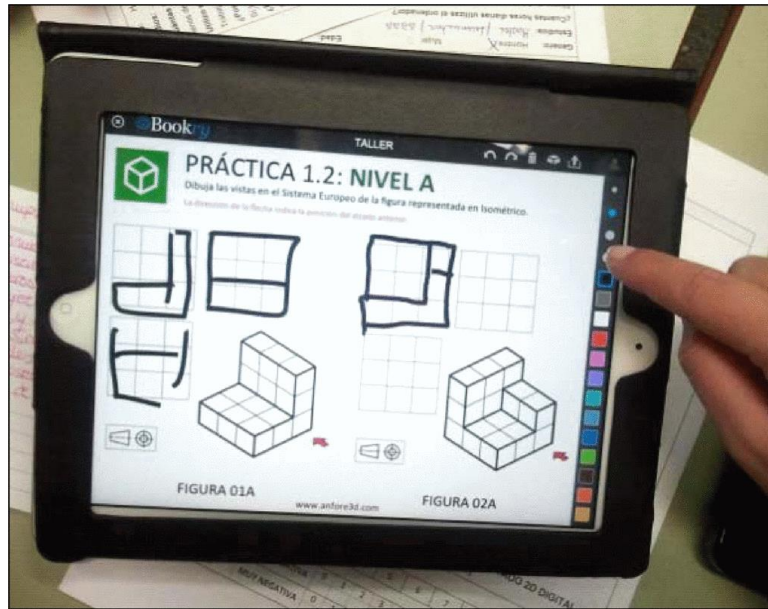


Figura 4.9: Vista do livro multitoque de Saorín, Torre, et al. (2013)

4.3.1 Ferramentas de apoio ao ensino de Desenho Técnico em dispositivos móveis

Saorín, Torre, et al. (2013) desenvolveram um protótipo funcional de um “livro multitoque interativo com funcionalidades de desenho”. O protótipo, afirmam os autores, foi desenvolvido com o intuito de melhorar a compreensão dos temas relacionados com a expressão gráfica em engenharia e melhorar as capacidades de visualização (Figura 4.9).

Este livro multitoque combina “elementos textuais com conteúdos multimédia ricos”, tirando partido destes últimos através das funcionalidades presentes em ferramentas como os e-books e as funcionalidades multitoque de dispositivos como os *tablets*. O resultado é um recurso digital integrado com materiais didácticos interactivos, que os alunos podem completar através do toque com os dedos ou, preferencialmente, com uma caneta.

A possibilidade de visualizar e interagir com os modelos tridimensionais disponibilizados no livro electrónico é uma característica vantajosa, bem como a possibilidade de resolver exercícios habitualmente propostos nas unidades curriculares relacionadas com o Desenho Técnico. Como tal, os autores optaram por “escolher exercícios de representação ortogonal e de projecção isométrica”. A tecnologia escolhida para este protótipo foi iBooks, da Apple, uma ferramenta de criação de livros multimédia. Esta escolha deve-se ao facto de que

esta ferramenta possibilita “por defeito” a inclusão de “elementos multimédia como imagens e vídeo”. Para além disso “podem desenvolver-se *widgets* customizados para adicionar funcionalidades extra”. Os autores criaram um *widget* para permitir o desenho no ecrã, a partir de uma ferramenta HTML5 proprietária chamada *Bookry*. Este *widget* possibilita a “emulação de um ambiente de trabalho comum”.

Foi realizado um estudo preliminar (*idem*) com um grupo de sete alunos de Mestrado em Educação de Artes Visuais. Comparam-se actividades de desenho tradicionais com as actividades providenciadas pela ferramenta. Na primeira parte do estudo, os participantes foram expostos dois modelos de exercícios tradicionais, em suporte de papel. O primeiro conjunto de exercícios consistia em completar representação ortogonal. O segundo conjunto, em exercícios de projecção isométrica.

A segunda parte do estudo consistia em completar o mesmo conjunto de exercícios na ferramenta multitoque. Os exercícios foram completados com recurso ao toque através do dedo ou através de uma caneta para o efeito.

Para estimar o valor educativo e o nível de satisfação dos utilizadores, os autores desenvolveram um pequeno questionário que foi distribuído aos participantes no final do estudo. O questionário pedia que os participantes pontuassem de um 1(mais baixo) a 5(mais alto) uma série de questões para os métodos tradicional e digital. Como a amostra do estudo é muito reduzida, os autores não conseguem tirar resultados conclusivos. No entanto, apontam satisfação por parte dos utilizadores no que toca à usabilidade e valor educativo da aplicação.

4.3.2 Ferramentas Web

A utilização de ferramentas web também nos merece atenção no que toca ao domínio do apoio ao ensino de desenho técnico e outros tópicos de engenharia. Um exemplo é o ambiente de aprendizagem virtual VirtualHoP, “um ambiente Second Life programado como sendo um local específico para os alunos aprenderem conteúdos introdutórios de Desenho Técnico” (Murad et al. 2011). Este ambiente virtual foi desenvolvido com o intuito de utilizar as três dimensões do próprio Second Life (um jogo de simulação em 3D) para desenvolver os conhecimentos dos utilizadores acerca da representação ortogonal e das relações entre objectos tridimensionais e as suas representações bidimensionais. Neste caso, o ambiente é composto por um *display* que mostra ao utilizador qual a representação ortográfica do objecto que devem construir, um módulo didático específico mostra uma representação virtual tridimensional do mesmo objecto e uma área de construção. Os testes realizados demonstram que a ferramenta é uma base de apoio eficiente, na medida em que, após uma hora de utilização, os 24 participantes conseguiram completar com sucesso um pequeno teste acerca do tema explorado no ambiente virtual. Outro exemplo, não tão recente, mas mais robusto, é o AIMEC-DT (Álvarez Peñín et al. 2004). Esta aplicação, dizem os autores, contribui com duas ferramentas fundamentais para a melhoria do processo educativo dos assuntos relacionados com

a expressão gráfica em engenharia”. Por um lado, os alunos podem executar treino em assuntos relacionados com os temas abordados na plataforma, e, por outro lado, permite desenvolver as capacidades de manipulação de sistemas CAD. A plataforma foi desenvolvida assumindo que não seria utilizada em contexto de sala de aula e que funcionaria, sobretudo, como um complemento a aulas presenciais. Possui três módulos: o módulo da normativa, o módulo de Geometria e módulo de Representação Diédrica e CAD. No primeiro, o utilizador deverá indicar que entidades considera incorrecta, juntamente com o erro. Os exercícios contidos são, respectivamente: realização de vistas normalizadas, vistas especiais e vistas com cortes de uma dada peça representada em perspectiva e estabelecimento de dimensões, vistas cortes e axonometria de uma dada peça. O módulo de Geometria consiste na resolução de problemas a partir de um dado desenho. Os exercícios contidos são: desenho de perpendiculares, paralelas e ângulos; desenho de triângulos; quadriláteros e polígonos regulares; construção de segmentos; transformações geométricas; desenho de tangentes e arcos tangentes entre linhas rectas e circunferências; desenho de curvas cónicas e clássicas. O módulo de representação diédrica é semelhante ao anterior, com a adição de exercícios pertinentes para a aprendizagem do sistema de representação diédrica. Como vemos, esta é uma ferramenta robusta que pretende ser um motor para o desenvolvimento dos conhecimentos e capacidades do aluno de Desenho Técnico.

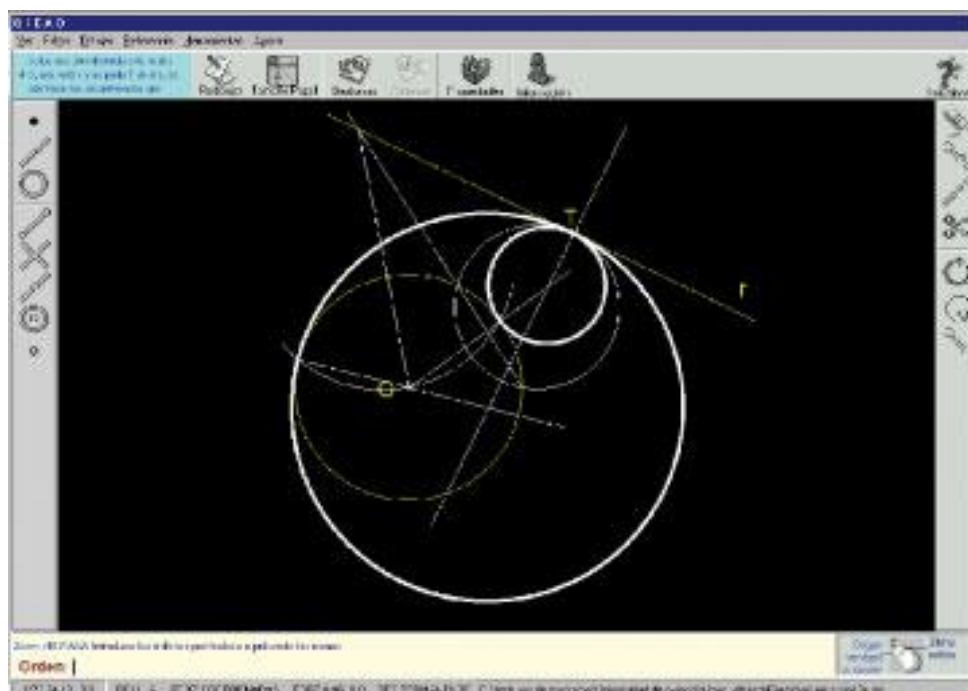


Figura 4.10: Exercício no AIMEC-DT (Morales et al. 2009)

Outro estudo desenvolvido no âmbito das ferramentas web apresenta o CADFLASH (Pando Cerra et al. 2013). Este estudo, realizado com 121 estudantes primeiro ano do curso de Engenharia Industrial da Universidade de Oviedo, foi desenvolvido com o intuito de auferir a eficiência desta ferramenta como auxiliar para o ensino de Desenho Técnico. Trata-se de uma plataforma que combina sistemas de gestão de conteúdos com ferramentas CAD, permitindo uma vasta gama de exercícios. Dispõe também de um módulo de auto-correcção. O editor CAD integrado foi desenvolvido em Flash. Possui uma área de desenho, uma área de diálogo e algumas barras de ferramentas para facilitar a edição. Entre os exercícios disponíveis nesta plataforma encontramos: exercícios sobre o sistema de representação diédrica, exercícios acerca da representação axonométrica, exercícios de nivelamento de terrenos e outros, com aplicabilidade na engenharia civil e exercícios de desenho técnico, nomeadamente, representação ortogonal, vistas auxiliares, vistas seccionais, dimensionamentos.

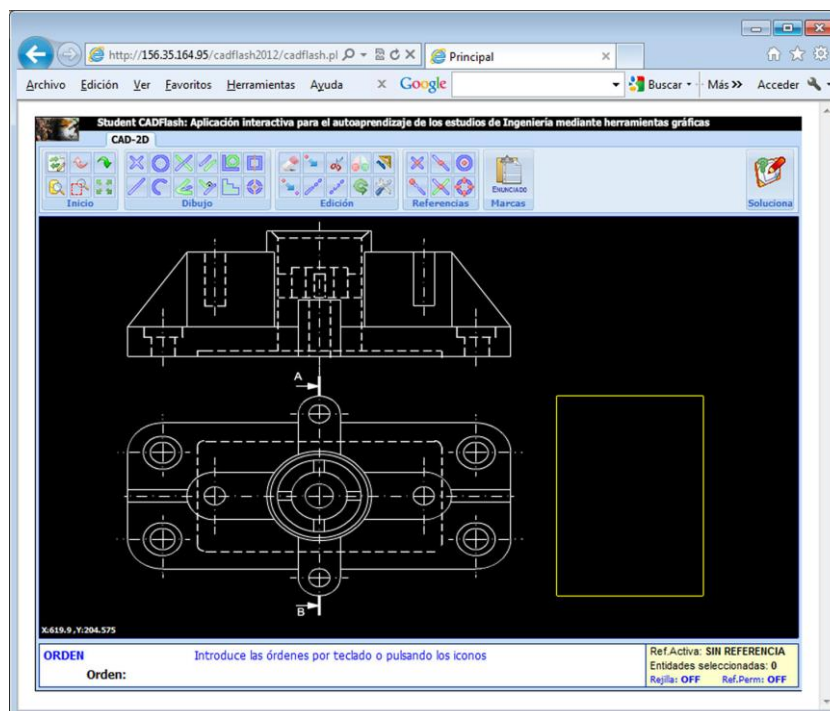


Figura 4.11: CADFLASH (Pando Cerra et al. 2013)

Os participantes neste estudo foram divididos em quatro grupos (dois grupos de controlo e dois grupos experimentais). Todos os grupos tiveram o mesmo tipo de preparação a nível teórico, que consistia em 20 aulas presenciais e resolução de exercícios durante o tempo normal de aula. A diferença consistia no meio utilizado para resolução dos exercícios. Os alunos do grupo de controlo resolveram os exercícios com recurso a meios tradicionais, ao passo que os alunos do grupo experimental combinaram o método tradicional (10 aulas) com o CADFLASH (10 aulas). O instrumento de recolha de dados utilizado foi um teste de desenho técnico, realizado antes e depois do período em que decorreu o estudo, pontuado de 0 a 10, em que 7

seria a nota mínima para que se considerasse que o aluno teve aproveitamento. Os resultados obtidos demonstram que o grupo experimental teve uma prestação melhor (média 8.40) que o grupo de controlo (7.64). Também se concluiu que o grupo experimental teve uma percentagem menor de insucesso (12,28% contra 21,9%) e que houve duas vezes mais alunos com resultado igual ou superior a 9 no grupo experimental.

4.3.3 Ferramentas que utilizam a Realidade Aumentada

Uma outra tecnologia que tem sido utilizada com ferramenta de apoio ao ensino de desenho técnico é a Realidade Aumentada. Já vimos que esta tecnologia é uma forma eficiente de criar visualizações e objectos tridimensionais.

Uma das ferramentas que vamos analisar é a AR-Dehaes (Martín-Gutiérrez et al. 2010), desenhada para providenciar aos alunos modelos tridimensionais virtuais que os ajudam a realizar tarefas de visualização para promover o desenvolvimento das aptidões espaciais e a cimentação de conteúdos introdutórios de desenho técnico. A ferramenta foi validada num estudo com 24 estudantes do primeiro ano de cursos de engenharia na Universidade de La Laguna. Esta ferramenta utiliza a biblioteca HUMANAR, desenvolvida pelos investigadores para “melhor suportar as características específicas do livro multitoque”. Os três componentes incluídos na ferramenta são: uma aplicação que contém modelos virtuais tridimensionais, que podem ser visualizados através de um marcador fiducial. Vídeos explicativos de 6 minutos que introduzem os preceitos teóricos das temáticas da representação ortográfica e do desenho á mão livre; um livro de exercícios e um “livro aumentado” que disponibiliza os marcadores fiduciais para visualização dos modelos. As sessões de treino são compostas por cinco níveis e cada uma delas tem vários tipos de exercícios. O conteúdo proposto é uma evolução do trabalho de Pérez-Carrión e Serrano-Cardona (op. cit. in Martín-Gutiérrez et al. 2010), que propunha seis níveis. A omissão do sexto nível deve-se ao facto dos seus exercícios se assemelharem imenso aos que estão nos testes MRT e DAT:SR.

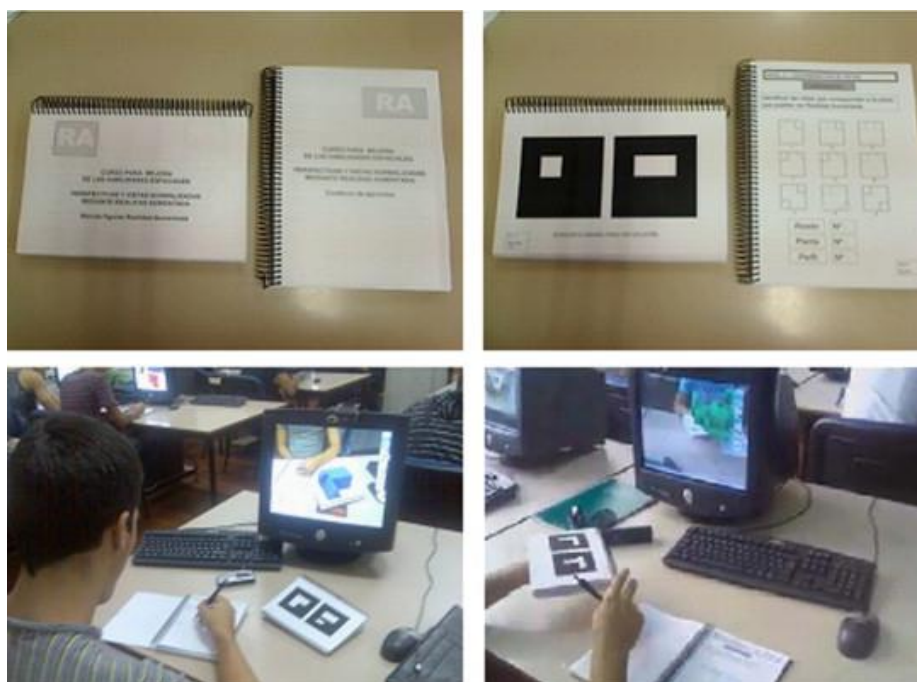


Figura 4.12: Livro de exercícios com RA (Martín-Gutiérrez et al. 2010)

O nível 1 corresponde a exercícios de identificação de superfícies e vértices em representações ortográficas e axonométricas de objectos tridimensionais virtuais. O nível 2 corresponde a exercícios de identificação de representações ortográficas dos modelos tridimensionais. O nível 3 trata da exploração e identificação de relações entre objectos, incluindo também exercícios de identificação do número mínimo de vistas para representar um objecto. O nível 4 trata da execução em papel de desenho de representação ortográfica. O nível 5 tem exercícios de execução de desenhos em perspectiva de um dado conjunto de representações ortográficas do mesmo objecto e deve ser realizado sem apoio dos modelos virtuais.

O estudo decorreu durante a primeira semana do ano lectivo de 2009-2010, sendo que nenhum dos participantes, tanto no grupo de controlo, como no grupo experimental, tinha qualquer tipo de conhecimentos prévios. Foram realizados os testes DAT:SR e MRT antes e após o período de contacto com a ferramenta. Durante a semana em que foi realizado esse contacto, os alunos do grupo de controlo tinham aulas regulares e os alunos do grupo experimental tinham aulas com o apoio da ferramenta. No final do estudo, verificou-se que o grupo de controlo registou um incremento de 8.04 pontos no teste MRT e de 9.29 no teste DAT:SR, sendo que os alunos do grupo de controlo não registaram um incremento estatisticamente considerável. Comprova-se que esta ferramenta é útil para os efeitos pretendidos. Aponte-se também que os inquéritos de satisfação apontavam bons resultados.

Dorribo-Camba & Contero (2013) desenvolveram um “livro aumentado” – uma colecção de materiais relacionados com expressão gráfica em engenharia compilados num manual escolar comum com marcadores fiduciais em páginas específicas – com o objectivo de melhorar os livros tradicionalmente utilizados em Desenho Técnico. A adição dos elementos de realidade aumentada ajudou os alunos com aptidões limitadas de visualização espacial e pouco familiarizados com os temas a resolver os exercícios no manual, permitindo uma melhor compreensão dos preceitos teóricos que suportam as convenções do Desenho Técnico. A interação com a Realidade Aumentada nesse sistema era realizada inteiramente através de um ambiente *desktop* (em que os alunos utilizavam um computador comum e uma webcam apontada aos marcadores fiduciais incluídos no livro).

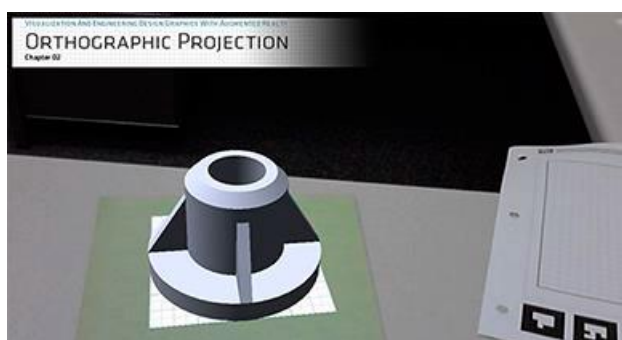


Figura 4.13: Exemplo do livro de Dorribo-Camba & Contero (2013)

Num estudo posterior (Camba, Contero, Salvador-Hernandez, 2014) os autores desenvolveram uma nova versão desta ferramenta para possibilitar a utilização em dispositivos móveis. Isto significa que os mecanismos de interacção são os mesmos, mas a câmara utilizada é a própria câmara do dispositivo. O conteúdo virtual pode ser manipulado através do sistema multitoque. Realizou-se um pequeno inquérito de satisfação para comparar a experiência em cada uma das versões desta ferramenta, verificando-se que os participantes no estudo preferiam a interacção com os materiais na versão *desktop*. Isto explica-se, dizem os autores, “devido à menor capacidade de processamento de gráficos” dos dispositivos móveis, o que, segundo os mesmos, será uma dificuldade que desaparecerá com o avanço da tecnologia.

4.4 Resumo

Neste capítulo, exploramos detalhadamente algumas ferramentas cujos preceitos são semelhantes aos do protótipo que pretendemos desenvolver e/ou incluem característica que, sendo reaproveitadas ou adaptadas, poderão, em muito, contribuir para que o nosso protótipo se transforme numa ferramenta validável. Isto é reforçado pelo facto de que as ferramentas que

analisamos estarem validadas. Esta validação ocorreu, na grande maioria dos casos analisados, num contexto de ensino superior, com alunos do primeiro ano das várias engenharias. Muitas das ferramentas foram desenvolvidas e implementadas num contexto de ensino superior bastante semelhante ao nosso, por se tratarem de estudos realizados em contextos onde, p.e., o processo de Bolonha está completamente implementado.

Como mencionado em 4.1, será útil para o nosso processo de procura de uma norma didáctica a criação de um referente que contenha as características fundamentais das ferramentas analisadas. Este referente deve indicar-nos se essas características estão de acordo com critérios de avaliação de recursos didácticos digitais que, em conjunto, constituam uma linha de guia para a categorização das ferramentas e para a tarefa de desenvolver um protótipo.

Os critérios a que recorremos para esta tarefa são os que são avançados por Pérez & Serrano (1998), Ribeiro Lemos (2010) e Palaré (2013), que são referidos nas páginas 47 e 51 deste documento. A identificação pontos de convergência nestes critérios permite-nos extrair uma conclusão acerca das características mais desejáveis, às quais se dá destaque no referente. Estas características são:

- 1) a exposição e possibilidade manipulação de representações perspécticas (“tridimensionais”) e bidimensionais dos objectos representados (critérios ‘a’, ‘i’ e ‘1’ de Palaré (2013), Ribeiro Lemos(2010) e Pérez & Serrano(1998, op cit. em Pedrosa, Barbero & Miguel (2014)), constituindo o mais elementar critério de todos);
- 2) a inclusão de resoluções animadas de exercícios (‘c’ e ‘iv’ de Palaré e Ribeiro Lemos);

Dar-se-á destaque a um dos critérios propostos por este conjunto de de autores pela sua utilidade e preponderância nas ferramentas analisadas e porque complementa o conjunto avançado pelo anterior cruzamento.

- 3) a existências de exposições teóricas (tutoriais) interactivos (‘‘iii’ de Ribeiro Lemos, sendo que este último critério também se aplica à apresentação sequenciada de exercícios resolvidos e não apenas a tutoriais com referente teórico).

Esta listagem permite-nos auferir que as características mencionadas constituem as partes fundamentais que devem estar incluídas numa ferramenta didáctica de qualidade superior e permitir-nos-ão traçar a norma didáctica pretendida. Inclui-se ainda no referente uma indicação relativamente ao tipo de exercícios incluído e à existência de módulos de avaliação e de diagnóstico. A inclusão destes campos acrescenta uma dimensão pedagógica importante ao

instrumento de caracterização que criamos. Não se faz referência ao tipo de estratégia pedagógica concebida ou utilizada para os momentos de implementação desta ferramenta, uma vez que esses dados não são facultados pelos autores destes estudos.

Os dados facultados serão, como foi referido ao longo do capítulo, uma base para qualquer desenvolvimento futuro e deverão constituir um importante apoio para o desenvolvimento de ferramentas didáticas superiores.

O nosso protótipo tirará alguma inspiração dos exemplos que utilizam livros de exercícios “aumentados” (Martín-Gutiérrez, Saorín, Contero, Alcañiz, Pérez-López, Ortega, 2010; Saorín, Torre et al., 2013; Camba, Contero, Salvador-Hernandez, 2014), embora não esteja no âmbito deste estudo desenvolver um livro aumentado completo.



Figura 4.14: Excerto do livro criado por Dorribo-Camba & Contero (2013) com marcadores de RA incluídos

Análise de Ferramentas de Apoio ao Ensino de Desenho Técnico Básico

Nome, Título ou Estudo	Tipo	Tecnologia ou meios	Critérios Normativos Básicos			Exercícios Incluídos	Módulos		Critérios Normativos Detalhados		
			1	2	3		Diagnóstico	Avaliação	Ribeiro Lemos	Palaré	Pérez & Serrano
Visual Assessment and Training Program (2000)	Plataforma Web Aptidões de Base	HTML Flash	Sim	Não	Não	Teste de Linha do horizonte de Piaget Teste de relações espaciais Correspondência entre vistas Rotação mental de objectos	Não	Não	i)	a)	1)
Multiview Drawing (2005)	Plataforma Web Aptidões de Base	HTML Javascript	Sim	Não	Sim	Tutorial Interactivo Criação de Representações Ortográficas	Não	Sim	i) ii) iii)	a) b)	1) 3) 4)
Katsioloudis & Jovanovic (2014)	Várias tecnologias não centralizadas Aptidões de Base	CAD Traçado Manual Sólidos Tangíveis	Sim	Não	Não	Criação de Representações Ortográficas Criação de Representações Perspécticas Leitura de Objectos	Não	Sim	i) ii)	a) b)	1)
Chen, Chi, Hung & Kang (2011)	Várias tecnologias não centralizadas Aptidões de Base	CAD Traçado Manual Sólidos Tangíveis	Sim	Não	Não	Criação de Representações Ortográficas Criação de Representações Perspécticas Leitura de Objectos	Sim	Sim	i) ii)	a) b)	1)
CalcUBU (2014)	Plataforma Web Aptidões de Base Desenho Técnico Básico	CAD HTML Flash	Sim	Não	Sim	Tutorial Interactivo Criação de Representações Ortográficas Criação de Representações Perspécticas Leitura de Objectos	Sim	Sim	i) ii) iii)	a) b)	1) 2) 3) 4)
Moran, Rubio, Gallego, Suarez & Martin (2008)	Plataforma Web Aptidões de Base	Flash	Não	Não	Sim	Tutorial Interactivo Interpretação de Vistas Interpretação de Planificações	Sim	Sim	i) iii)	ND	3) 4)
Martin-Dorta, Saorin & Contero (2011)	Plataforma Móvel Aptidões de Base	HTML ASP Universal iPhone UI Kit Flash	Sim	Sim	Sim	Tutorial Interactivo Vídeos expositivos Construção com cubos Identificação de Vistas e Objectos Cortes e Secções	Não	Sim	i) ii) iii) iv) v)	a) b) c)	1) 3)
Virtual Blocks (2013)	Plataforma Móvel Aptidões de Base	Java Mobile Edition Open GL ES XML	Sim	Não	Não	Jogo com sólidos geométricos Rotações Correspondência entre vistas	Não	Não	i) ii) iv)	a) b) c)	1) 3) 4)
Interactive Multitouch Sketching (2013)	Plataforma Móvel Desenho Técnico Básico	HTML5 Bookry Widget	Sim	Não	Sim	Tutorial Interactivo Criação de Representações Ortográficas Criação de Representações Perspécticas Leitura de Objectos Cortes e Secções	Não	Sim	i) ii) iii) v)	a) b)	1) 3) 4)
VirtualIHop (2011)	Plataforma Web Desenho Técnico Básico	Realidade Virtual UML	Sim	Sim	Não	Construção com cubos Criação de Representações Ortográficas Leitura de Objectos	Não	Não	i) ii) iv) v)	a) b) c)	1)
AIMEC-DT (2004)	Plataforma Web Desenho Técnico Básico	HTML Flash	Sim	Não	Sim	Tutorial Interactivo Criação de Representações Ortográficas Criação de Representações Perspécticas Leitura de Objectos Exercícios de Normativa	Não	Sim	i) ii) iii) v)	a) b)	1) 2) 4)
CADFLASH (2013)	Plataforma Web Desenho Técnico Básico	HTML Flash	Sim	Não	Não	Criação de Representações Ortográficas Criação de Representações Perspécticas Leitura de Objectos	Não	Sim	i) ii) v)	a) b)	1) 3) 4)
AR-Dehaes (2010)	Livro de Exercícios "Aumentado" Desenho Técnico Básico	HUMANAR(*)	Sim	Sim	Sim	Vídeos expositivos Leitura de Objectos Criação de Representações Ortográficas Criação de Representações Perspécticas	Não	Sim	i) ii) iii) iv)	a) b) c)	1)
Dorribo-Camba & Contero (2013)	Livro de Exercícios "Aumentado" Desenho Técnico Básico	ARToolKit	Sim	Sim	Não	Leitura de Objectos Criação de Representações Ortográficas Criação de Representações Perspécticas	Não	Não	i) ii) iv)	a) b) c)	1)

Tabela 1: Resumo e caracterização das ferramentas analisadas

5. Desenvolvimento do Protótipo

Neste capítulo, vamos explorar o processo de desenvolvimento do protótipo. Vamos ver as suas principais características, as tecnologias que estão por trás do seu funcionamento e outras especificidades. A nossa exploração das temáticas relacionadas com o desenvolvimento de software e prototipagem também nos vão levar a explorar uma ferramenta cujo desenvolvimento foi abandonado, uma vez que as experiências recolhidas neste processo também foram importantes para as decisões tomadas e a forma como a ferramenta acabou por ser desenvolvida.

5.1 Introdução

O protótipo funcional que dispomos e ao qual é dado um nome genérico de “DT:RA” (desenho técnico: realidade aumentada) é uma aplicação Android que permite ao utilizador interagir com os sólidos virtuais representados através de projecção ortográfica na última secção de exercícios de projecção do livro *Desenho Técnico Básico* (Simões Morais, 2011). A proposta de exercício contida na obra é a execução das projecções axonométricas isométricas daqueles sólidos. Este é, portanto, um exercício de leitura de alta dificuldade, sendo que cada um pode demorar uma hora a ser executado. Ao oferecer a possibilidade de interacção com estes sólidos, o “DT:RA” permite ao aluno verificar a exactidão da sua resposta e, ao mesmo tempo, ter um conjunto de modelos que o podem auxiliar na descoberta das ligações entre as projecções ortográficas disponibilizadas (alçado e planta), passando a dispor de um modelo que se aproxima de um sólido tangível, o que contribui para melhorar as suas capacidades de leitura e de passagem do domínio bidimensional para o tridimensional (Palaré, 2013).

O desenvolvimento do DT:RA fica facilitado por estar completamente integrado em ambiente Android e usufruir das funcionalidades no ARToolKit5, um *framework* que disponibiliza um conjunto de bibliotecas para criação de aplicações de Realidade Aumentada. O

ARToolKit5 tem suporte para OpenGL 1.0 e 2.0, o que é compatível com o sistema Android. Android é um conjunto de aplicações de código aberto para dispositivos portáteis que perfazem o sistema operativo, o middleware e as APIs. É um sistema operativo que pode ser obtido por um custo mais baixo que outros sistemas operativos móveis e tem uma grande quota de mercado, sendo utilizado por um grande número de dispositivos móveis. Essas ferramentas estão em desenvolvimento activo e há imensas fontes de documentação para consultar e tirar exemplos que podem auxiliar o desenvolvimento.

O caminho até esta implementação não foi directo e tomaram-se outras decisões que, entretanto, foram abandonadas por contingências técnicas. As próximas secções ocupam-se da primeira solução explorada, à qual se dá o nome de projecto de “SpatialThinker”. Esta primeira fase do projecto dependia largamente das bibliotecas incluídas no NyARToolkit for Processing (<https://github.com/nyatla/NyARToolkit-for-Processing/releases>), um conjunto de ferramentas para Processing. O Processing é um *framework* de Java criado em 2001. Encontra-se na versão 3, e foi originalmente pensado para “ensinar programação de computadores no contexto das artes visuais” (Reas, Fry, 2014). É uma ferramenta ideal para a inclusão de gráficos em aplicações de todos os tipos e existem várias comunidades de desenvolvedores de software que trabalham sobre esta plataforma. As bibliotecas nyar4psg, que possibilitam a integração de funcionalidades de Realidade Aumentada no Processing, é um exemplo do que essas comunidades trazem ao vasto leque de opções que a plataforma já tem. Outra ferramenta utilizada na fase inicial foi o “Processing for Android”, que permite a fácil criação de aplicações para Android.

As próximas secções ocupam-se deste projecto inicial e das razões que levaram ao seu abandono.

5.2 O projecto SpatialThinker

Como já mencionamos, este era o nome de projecto dado à primeira solução que foi imaginada como protótipo. O seu nome (literalmente “pensador espacial”) pretendia ilustrar que a ferramenta facilitaria o processo de raciocínio espacial, permitindo ao aluno visualizar no espaço com menor esforço. Esta ferramenta tinha dois componentes essenciais que funcionavam num computador central e nos smartphones dos alunos.

Por esta frase se depreende que existia a intenção de permitir que a ferramenta fosse um catalisador para uma lógica de Bring Your Own Device, em que os alunos teriam a hipótese de ver, através de Realidade Aumentada, a construção em tempo real de um sólido, que seria executada na sala de aula pelo professor na plataforma Blender, um software de animação 3D livre e de código aberto. Este software pode ser utilizado para criar visualizações 3D tais como vídeo, imagens estáticas, animação e jogos. O Blender é multi-plataforma, e corre em qualquer um dos sistemas operativos mais utilizados (Blender Foundation, 2016).

O Blender permite a execução de pequenos programas através da API de Python, o que lhe confere grandes possibilidades de customização. Esta API está largamente documentada e era graças a ela que nos era possível extrair, em tempo real, três ficheiros (denominados “myMesh”, “myMesh.faces” e “myMesh.vertices”) com as informações do sólido modelado. Para isso, bastava criar, dentro do próprio Blender, um ficheiro de Python que acedia ao objecto no

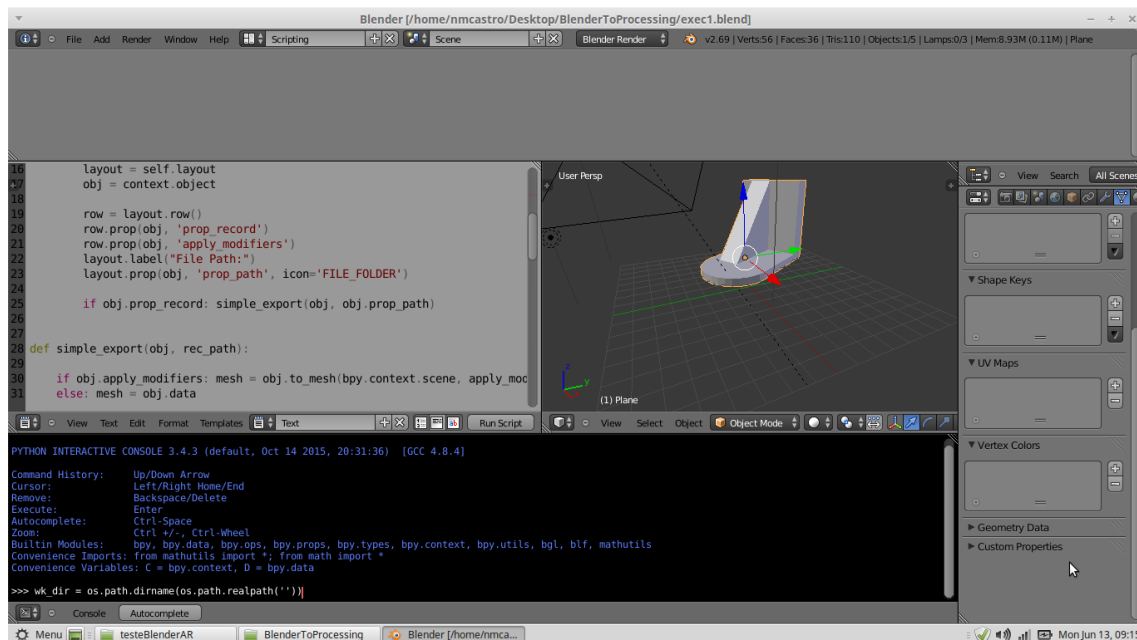


Figura 5.1: vista da interface de programação em Blender com o exemplo descrito

contexto (`context.object`), extraindo a informação da sua malha poligonal (`.to_mesh;` `obj.data`). A informação relativa às faces (ficheiro `.faces`) e vértices (`.vertices`) era escrita através de iterações pelo objecto (`mesh.polygons;` `mesh.vertices`).

Esta informação poderia ser lida no Processing e transformada num sólido projectável num marcador. Isso era atingido graças a algumas alterações no programa `simpleLite.pde` (incluído como exemplo na biblioteca `nya4psg`). Mantendo-se a estrutura original concebida para esse programa de exemplo, seria apenas necessário definir uma classe para a nova malha poligonal com funções de leitura cíclica dos ficheiros com as informações geométricas e de inicialização do objecto no ambiente. A componente correspondente à criação das matrizes de projecção manter-se-ia idêntica àquela que é providenciada na base.

A Figura 5.2 demonstra o ciclo de operação desta solução.

Desenvolvimento do Protótipo

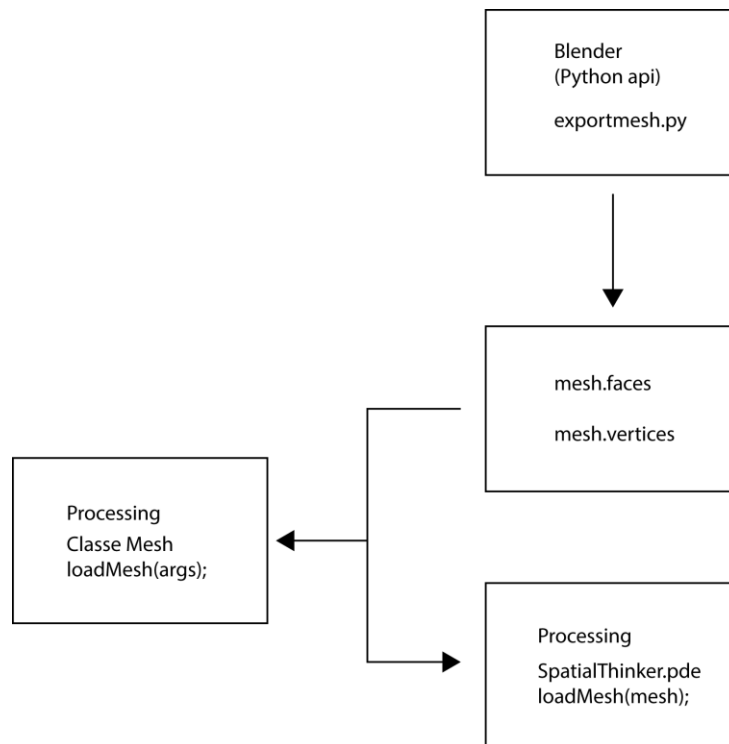


Figura 5.2: Diagrama de funcionamento do SpatialThinker

Fica representado o esquema de funcionamento da aplicação. A outra componente de software, específica para smartphones Android, receberia as informações em tempo real do Blender (graças a um ficheiro intermédio criado através das funcionalidades incluídas nesse software) e transforma-las-ia em informação tridimensional para exibir num marcador, utilizando o Processing e a biblioteca *nya4psg*). Estes exemplos permitem fácil operação com as ferramentas básicas incluídas na biblioteca e são, em princípio, suficientes para o exemplo que pretendemos montar. Com efeito, num teste em ambiente desktop, verificamos que obtemos o mesmo modelo que está exibido no Blender e podemos realizar alterações em tempo real (Figura 5.3). Neste exemplo, foi adicionada uma funcionalidade de rotação permanente ao objecto projectado, permitindo que o utilizador pudesse ter sempre uma visão geral das suas características em qualquer ponto de observação

Para além da informação geométrica, são incluídas representações gráficas dos eixos do espaço tridimensional, com vista a auxiliar no mesmo processo de compreensão de características geométricas. No entanto, este exemplo está implementado num ambiente Linux e o nosso objectivo é passar para um dispositivo Android.

Essa tarefa estaria facilitada, em teoria, com o auxílio das bibliotecas Processing for Android, que possibilitam a operação do IDE do Processing com vista ao desenvolvimento simples de aplicações para esse sistema operativo móvel. Tal como no modo de Processing original, seria possível integrar facilmente todos os componentes necessários numa só aplicação Android, ficando a faltar apenas o envio em tempo real da informação geométrica do sólido.

No entanto, essa tarefa não é de fácil realização, dadas as incompatibilidades entre o modo como o Processing e o Android lidam com gráficos OpenGL.

Por esse motivo, e pelas questões suscitadas pela necessidade de enviar, através da rede, as informações contidas nos ficheiros `.faces` e `.vertices`, decidiu-se abandonar esta versão do protótipo, em detrimento de uma implementação mais simples, que reconstrói exercícios do clássico livro de Simões Morais.

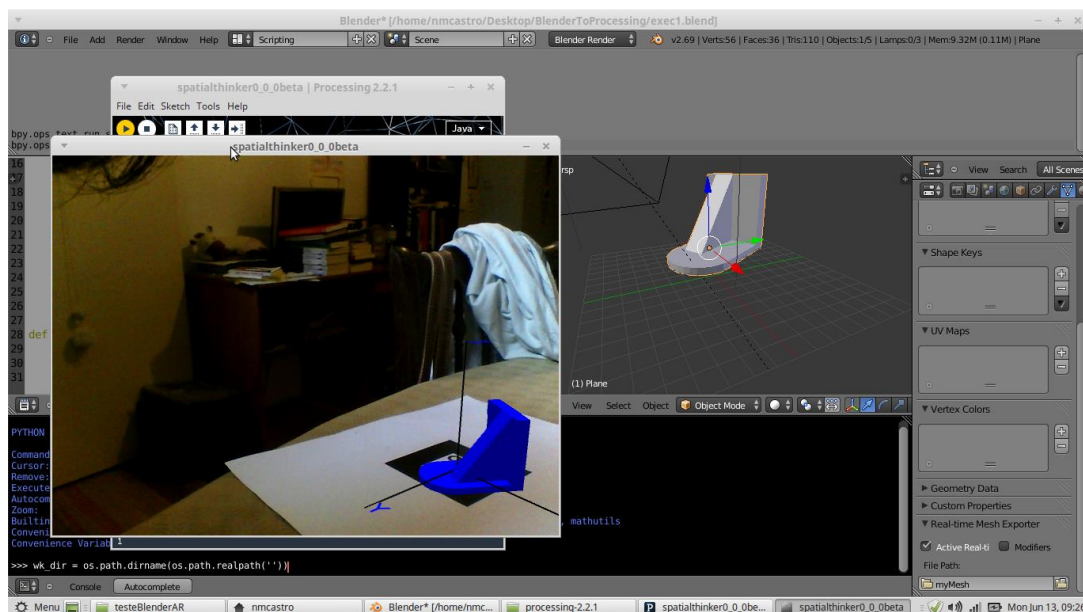


Figura 5.3: Operação do exemplo `simpleLite.pde` com o modelo obtido através dos ficheiros `.faces` e `.vertices`

5.3 Estudo de implementação em tecnologia móvel.

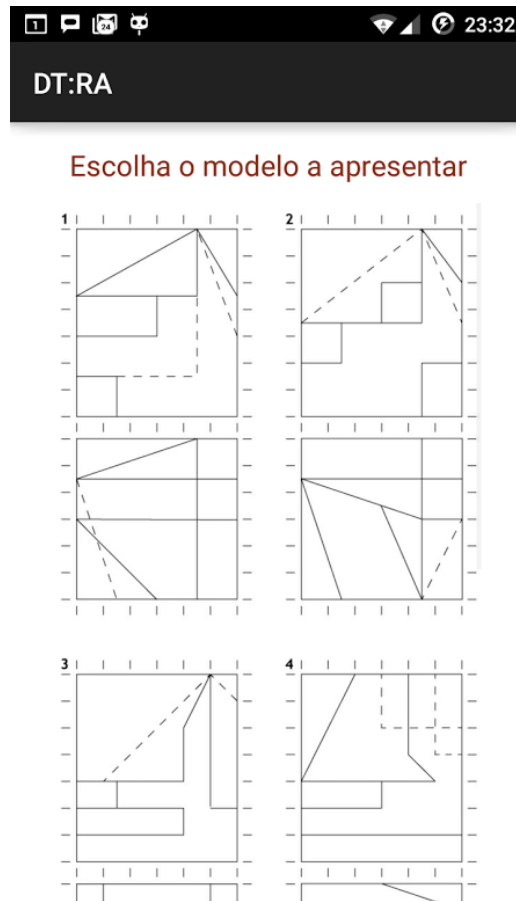


Figura 5.4: Menu inicial da aplicação DT:RA.

A nova solução a desenvolver seria uma aplicação Android, com dois componentes essenciais. O primeiro refere-se ao interface e à solicitação do *hardware* e o segundo a tudo aquilo que está relacionado com as operações de visão computacional necessárias para o correcto funcionamento da nova biblioteca utilizada, o ARToolKit5. Nesta nova aplicação, a primeira parte de componentes estaria implementada em Java e a segunda parte em C++, sendo que esta camada corre graças ao JNI. Veremos que não foi possível desenvolver este protótipo, devido a problemas de compilação dos exemplos nativos da biblioteca de realidade aumentada e a inconsistências presentes nos algoritmos de visão computacional e das matrizes de projecção incluídas.

5.3.1 Descrição do plano de desenvolvimento e funcionamento.

Para o desenvolvimento desta aplicação, estava disponível a versão 21 da API do sistema Android, o que corresponde à versão do dispositivo utilizado para testes, um Samsung Galaxy SIII Neo. O módulo de realidade aumentada recorre à biblioteca *ARToolKit for Android*, uma biblioteca de código aberto de visão computacional “que providencia funcionalidades de *tracking* necessárias para o desenvolvimento de aplicações de realidade aumentada”. Esta biblioteca também disponibiliza os módulos necessários para renderizar objectos, operação que pode ser realizada através de operações básicas de desenho em OpenGL ou através das funcionalidades disponibilizadas pelo framework OpenSceneGraph (ARToolKit, 2016). Optou-se por esta biblioteca pelo facto de ser referenciada em revisões de literatura recentes acerca da tecnologia da Realidade Aumentada (Krevelen & Poelman 2010; Santos et al. 2014) e por ser uma ferramenta de código aberto, permitindo o seu estudo por parte de qualquer utilizador interessado, constituindo uma clara mais-valia para o contexto do Ensino Superior.

É possível desenvolver aplicações nativas com o auxílio do Java Native Interface. Utilizando a biblioteca nativa incluída (ARToolKitWrapper) e a biblioteca Android ARBaseLib é possível criar aplicações simples. ARWrapper é uma biblioteca nativa partilhada C++ que dispõe de um pequeno conjunto de funções que facilitam a gestão do ciclo de vida das aplicações ARToolKit, o que inclui a inicialização, a adição de marcadores, a obtenção das matrizes de projecção, transformações e limpeza no final. Com o JNI, estas funções são mapeadas para uma classe na biblioteca ARBaseLib, para que possam ser invocadas na camada Java de controlo da aplicação, que inclui o interface, a gestão dos objectos a passar entre actividades (a classe fundamental nas aplicações Android) e a interacção. O diagrama da Figura 5.5 ilustra esse funcionamento

Com o auxílio desta interface, é possível incluir objectos tridimensional com o formato OBJ, uma especificação que resulta em ficheiros bastante semelhantes aos nossos *.faces* e *.vertices*.

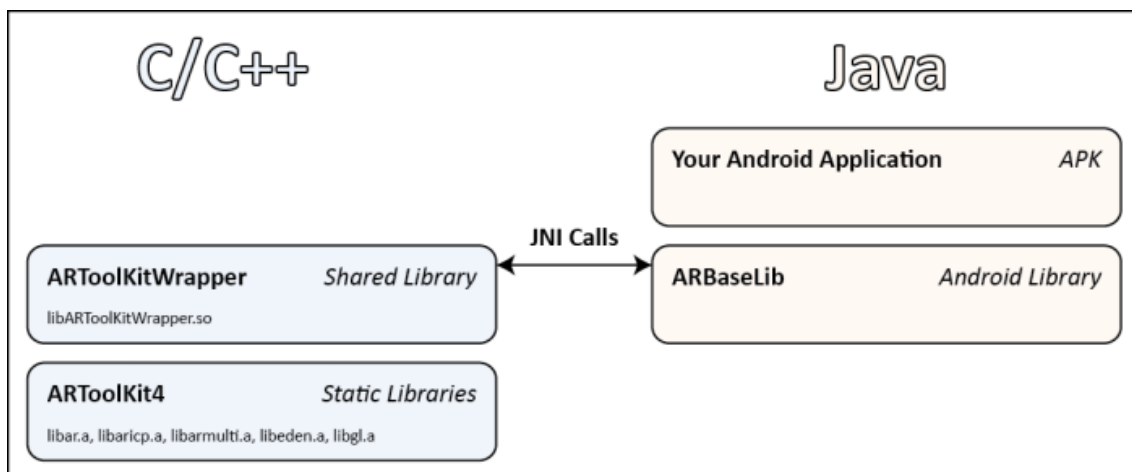


Figura 5.5: esquema de desenvolvimento nativo no ARToolKit

Os objectos foram criados, como já se disse, a partir dos exercícios propostos no livro *Desenho Técnico Básico*, recorrendo ao *Blender 2.7.8*.

5.3.2 Fases de desenvolvimento de uma aplicação de Realidade Aumentada

Tal como no desenvolvimento de qualquer outro tipo de aplicação, recorrem-se a uma determinada estrutura (componente de software) e a um determinado estilo comportamental (fluxo de controlo). Uma aplicação de RA pode ser estruturada em três níveis: o nível da aplicação, a camada de Realidade Aumentada e a camada do Sistema Operativo e Bibliotecas Externas.

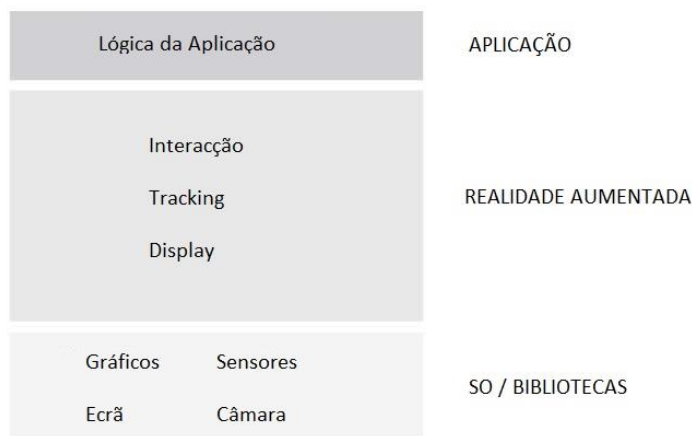


Figura 5.6: Camadas de uma aplicação de Realidade Aumentada

O nível ou camada da aplicação corresponde ao domínio da lógica da aplicação. É a camada que gere as rotinas básicas e os recursos necessários ao funcionamento elementar da aplicação. A camada de Realidade Aumentada corresponde à camada da aplicação responsável por gerir os recursos que possibilitam a imposição de objectos virtuais em superfícies tangíveis. É a camada que lida, por exemplo, com as transformações nos marcadores fiduciais e com a forma como os objectos são exibidos. Também lida com as rotinas de interacção. Cada uma destas características pode ser vista, em termos de *software*, como sendo os elementos modulares ou serviços da camada de RA.

A terceira camada contém os componentes que possibilitam a operação de elementos respectivos à camada de RA. Por exemplo, o módulo de *Display* numa aplicação móvel irá comunicar com a camada do Sistema Operativo para que possa ter acesso à câmara e criar uma vista do ambiente circundante. As bibliotecas externas, como a ARBaseLib incluído no ARToolkit, gerem os gráficos a apresentar e outros componentes.

A maioria das aplicações Android são desenvolvidas em Java, e o sistema disponibiliza uma framework de classes e métodos para o efeito. É possível, no entanto, desenvolver partes da aplicação em C ou C++ através do Kit de Desenvolvimento Nativo (NDK). Isto acontece

para que seja possível aceder a bibliotecas de nestas linguagens ou para melhorar a performance em tarefas de computação críticas. A abordagem geralmente utilizada é a desenvolver uma biblioteca partilhada em C/C++ contendo funções que depois são acedidas, como já se referiu, através do JNI. Utilizando esta abordagem, é possível criar aplicações no Android com o ARToolkit, que são implementadas em Java, com outras componentes escritas em C/C++, permitindo interoperabilidade. Estes componentes incluem os módulos essenciais do ARToolkit, que são bibliotecas estáticas que permitem o desenvolvimento de bibliotecas partilhadas, o ARToolkitWrapper, uma camada de C++ que permite acesso de alto nível a funções do ARToolkit, com interface de C e JNI; o ARBaseLib, uma biblioteca Android em Java que comunica com o ARToolkitWrapper e que permite que a aplicação Android aceda às funcionalidades nativas do ARToolkit.

Estes componentes permitem o desenvolvimento de aplicações segundo várias estratégias de desenvolvimento. No nosso caso, desenvolveu-se uma aplicação em Java utilizando a ARBaseLib (para aceder aos modelos OBJ) e o ARToolkitWrapper.

O ARToolkit inclui quase todos os módulos essenciais, com a excepção do módulo de captura de vídeo. O sistema Android não permite acesso através de código nativo. Ao invés disso, apenas a componente do sistema operativo pode aceder à câmara e capturar fotogramas. Adicionalmente, deve ser incluído uma janela de prévisualização da informação a ser capturada pela câmara na aplicação, para que se possa proceder à captura propriamente dita. Isto significa que o ARToolkit não pode iniciar a captura de vídeo por si mesmo, tendo de aguardar que a camada da aplicação passe as informações relativas à captura através do JNI.

A captura de vídeo requer, portanto, coordenação entre as bibliotecas correspondentes em cada lado do JNI. Ainda que isto force uma abordagem fragmentada do desenvolvimento da aplicação, a biblioteca nativa ARToolkitWrapper e a ARBaseLib permitem que o processo seja mais simples. Referenciando-nos à ARBaseLib, é possível aceder a várias novas classes. As classes mais fundamentais são a ARToolkit (que lida com a chamada de métodos nativos), a ARActivity (que é a classe de base para a camada de Realidade Aumentada) e a ARRenderer (que lida com a renderização de uma visualização com componente de RA).

A ARActivity organiza a hierarquia que irá mostrar a vista de Realidade Aumentada (o ecrã com o objecto sobreposto num elemento tangível), que é criada através da sobreposição de uma superfície OpenGL numa superfície de visualização da informação capturada pela câmara. Utiliza-se um FrameLayout para segurar as vistas porque os descendentes do FrameLayout são colocados uns em cima dos outros, constituindo precisamente o arranjo visual requerido.

Desenvolvimento do Protótipo

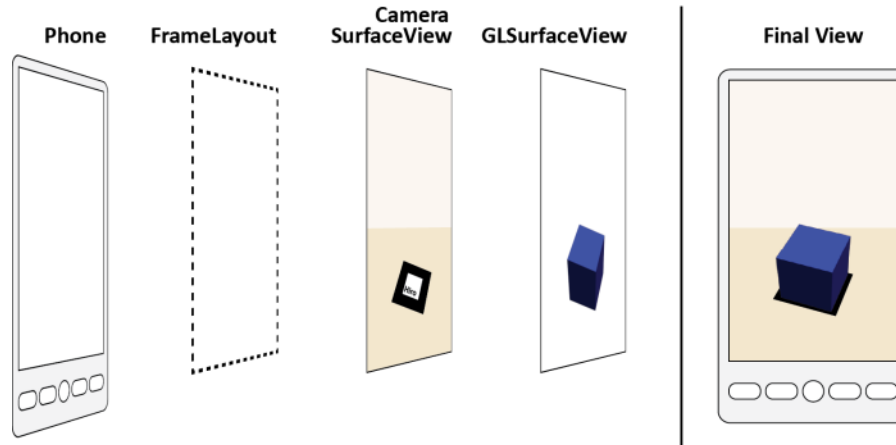


Figura 5.7: camadas da visualização de elementos de RA no ecrã
(https://artoolkit.org/documentation/doku.php?id=4_Android:android_developing)

Este esquema de funcionamento, deveria permitir-nos colocar modelos pré-fabricados numa aplicação de modelação de objectos virtuais tridimensionais dentro da nossa aplicação, referenciando-os na camada nativa da aplicação, onde os seus dados são tratados e transformados em informação OpenGL que o Android consegue suportar e apresentar no ecrã.

5.3.3 Dificuldades encontradas

Como foi referido, não foi possível terminar esta aplicação, devido, principalmente, a erros de compilação dos exemplos de base incluídos no repositório central das bibliotecas deste software e a incompatibilidades entre versões do Android Studio, a ferramenta de criação de aplicações Android. A dificuldade em aceder a estes exemplos limita as hipóteses de estudo da ferramenta e inibe a total compreensão do seu modo de funcionamento, impedindo, igualmente, a correcção de eventuais erros de execução. A compilação dos exemplos de base foi tentada em ambiente Linux (Linux Mint 17) e em ambiente Windows (10) com os compiladores g++ e clang, tendo sido conseguida com este último. Os ficheiros binários obtidos não permitiram a utilização dos exemplos de base. Este facto pode explicar-se com o facto de que é necessário recorrer a uma versão experimental do Gradle (a plataforma de gestão de dependências utilizada no Android Studio) para usufruir das capacidades de desenvolvimento nativo necessárias para integrar camadas de C e/ou C++ (tal como descrito em 5.3.2).

O acesso aos exemplos de base mais simples foi conseguido através de um repositório externo (<https://github.com/kosiara/artoolkit-android-studio-example>), que continha uma versão funcional do exemplo mais simples, compilada em ambiente MacOS X. Nesta instância, foi possível verificar que não se verifica distorção do objecto projectado de acordo com as transformações que o marcador sofre quando capturado por uma câmara, existindo apenas uma

sobreposição simples (o que não está de acordo com o modelo na Figura 5.7) e que o objecto não acompanha a direcção do marcador de acordo com o movimento de câmara correcto.

5.4 Resumo

Neste capítulo, apresentamos o processo de desenvolvimento de dois protótipos distintos, as oportunidades e obstáculos encontrados e qual o estado final de desenvolvimento. Vimos quais foram as estratégias de desenvolvimento concebidas e as diversas fases de implementação, assim como se explorou o esquema de funcionamento das duas ferramentas concebidas, sendo que uma delas (SpatialThinker) constituía um protótipo funcional que foi abandonado por utilizar ferramentas que não eram as mais actualizadas e por não ser estar integrado numa tecnologia móvel. Relativamente ao protótipo em ferramenta móvel, vimos que não foi possível atingir uma versão funcional do mesmo devido a constrangimentos que estão relacionados com a própria implementação da biblioteca utilizada (ARToolkit5), o que nos leva a concluir que poderá não ser a mais apropriada para desenvolvimentos futuros.

6. Conclusões e Trabalho Futuro

Terminando, apresentam-se as conclusões retiradas deste estudo. Vamos rever os objectivos estabelecidos e apontar até onde foram satisfeitos. Vão apontar-se as oportunidades que o estudo ofereceu, assim como os obstáculos encontrados. Também iremos apontar alguns caminhos de desenvolvimento futuro

6.1 Conclusões do Estudo

A tarefa de recolher e explicitar as conclusões deste estudo ficará facilitada recorrendo à secção 1.2, de onde podemos retirar as principais questões que orientaram a investigação. A resposta a estas questões foi operacionalizada na revisão de literatura e esta secção explicita as principais conclusões que daí advêm.

Relativamente à primeira questão colocada neste documento (“qual é a progressão dos conteúdos nesta disciplina?”), foi traçado um perfil no final do Capítulo 2 (secção 2.3), que define um trajecto que inicia com os temas introdutórios e de normalização geral (distinção entre apresentação do conceito de norma, apresentação dos elementos do desenho), passando para a temática da projecção e vista (introdução do conceito de projecção; conceito de perspectiva; apresentação dos métodos de projecção paralela, apresentação das bases do desenho técnico, vistas). Após esta primeira fase, abordam-se os sistemas de representação ortográfica (métodos de representação ortográfica; definição da geometria de objectos; métodos de projecção) e representação axonométrica. Terminam-se as temáticas introdutórias com a leitura de desenhos ortográficos (visualização de peças através da sua representação no plano) e com a Cotagem de desenhos. Viu-se, acerca desta progressão, que é a leitura de desenhos que constitui maior dificuldades aos alunos que é uma tarefa que exige uma boa capacidade cognitiva, nomeadamente de raciocínio e visualização espacial, respondendo à segunda questão colocada em 1.2.

Acerca do desenvolvimento destas capacidades, vimos que ocorre durante a infância e a adolescência do indivíduo. Este e outros factores - relativos à preparação dos alunos durante as fases que antecedem a entrada em ciclos de estudo do ensino superior – contribuem para que os indivíduos apresentem resultados abaixo da média em testes de medição deste tipo de cognição (MRT, DAT:SR e PSVT-R) e tenham dificuldade nas disciplinas que dizem respeito à expressão gráfica em engenharia. Estas dificuldades podem ser suprimidas com o auxílio de ferramentas multimédia integradas em momentos de aprendizagem centrados no aluno e/ou com o objectivo específico de melhorar as capacidades de base (raciocínio e visualização espacial) e/ou melhorar a compreensão acerca das temáticas básicas de desenho técnico.

Algumas das ferramentas analisadas utilizam as tecnologias ubíquas e/ou a realidade aumentada. Vimos, através da análise dos estudos que validaram essas ferramentas, que constituem soluções ideais para auxiliar o ensino das temáticas que dizem respeito ao nível introdutório de Desenho Técnico, obtendo assim a resposta à questão “como podem as ferramentas multimédia contribuir para o incremento das capacidades dos alunos e que exemplos existem?”.

O capítulo 4 faculta-nos uma revisão aprofundada de várias ferramentas que contribuem efectivamente para o aumento da eficiência dos processos de ensino e aprendizagem, mostrando também que os índices de satisfação dos alunos com a experiência da sua utilização destas são altos. Também auferimos que estas ferramentas contribuem efectivamente para o incremento mensurável das aptidões de raciocínio e visualização espacial quando utilizadas em contextos onde o contacto com a ferramenta é acompanhado por aulas teóricas expositivas, aulas práticas de resolução de exercícios (que, em alguns exemplos, estão incluídos nas próprias ferramentas) e avaliações periódicas.

Também se pôde constatar, no levantamento anterior, que os modelos virtuais de realidade aumentada são uma ferramenta útil para suprimir as dificuldades na leitura e percepção de representações do objecto no plano, oferecendo uma resposta à questão acerca do modo como se podem ultrapassar as dificuldades verificadas nos alunos.

É notório que este levantamento é essencial para a robustez do estudo, pois facultava também respostas a dois daqueles que são considerados como sendo problemas fundamentais para esta investigação. O estudo da Tabela 1 permite também concluir que a possibilidade de manipular sólidos tridimensionais (independentemente do meio em que essa manipulação ocorre) é a característica mais elementar para a criação de uma ferramenta didáctica eficiente.

O último problema fundamental desta investigação consistia em obter resposta à questão de como desenvolver uma ferramenta baseada nas tecnologias ubíquas e em realidade aumentada que possa trazer benefícios aos alunos de nível introdutório em Desenho Técnico. Na secções 4.1 e 4.4, apresentam-se três conjuntos de critérios avançados por quatro investigadores em contextos distintos (dois no contexto da didáctica da Geometria Descritiva e um no contexto da didáctica do Desenho Técnico). Deste conjunto de critérios, avançamos um

Conclusões e Trabalho Futuro

cruzamento de especificações que nos permitiu extrair três regras que indicam a base para o desenvolvimento e implementação bem-sucedida de uma ferramenta didáctica. Relembrando:

- 1) a exposição e possibilidade manipulação de representações perspectivadas (“tridimensionais”) e bidimensionais dos objectos representados (critérios ‘a’, ‘i’ e ‘1’ de Palaré (2013), Ribeiro Lemos(2010) e Pérez & Serrano(1998, op cit. em Pedrosa, Barbero & Miguel (2014)), constituindo o mais elementar critério de todos);
- 2) a inclusão de resoluções animadas de exercícios (‘c’ e ‘iv’ de Palaré e Ribeiro Lemos);
- 3) a existências de exposições teóricas (tutoriais) interactivos (‘iii’ de Ribeiro Lemos, sendo que este último critério também se aplica à apresentação sequenciada de exercícios resolvidos e não apenas a tutoriais com referente teórico).

Estes critérios formam a base orientadora para o desenvolvimento deste tipo de ferramentas. A revisão da Tabela 1 permitirá auferir o tipo de exercícios que deverão estar incluídos, assim como providencia uma visão geral do cumprimento dos critérios específicos a cada autor.

As conclusões retiradas dos capítulos anteriores levaram à concepção e tentativa de desenvolvimento de um protótipo que permitisse a interacção básica com sólidos virtuais contidos em exercícios de leitura de grande dificuldade. Ao tomar esta decisão, estaria a criar-se um protótipo funcional que poderá vir a ser integrado num contexto lectivo com aulas teóricas expositivas, resolução de exercícios e avaliações periódicas. O modelo virtual poderia ser utilizado para comparação com exercício resolvido pelo aluno, para demonstração (expositiva ou através da exploração autónoma do aluno) da forma como as representações ortográficas das vistas dadas se traduzem num objecto tridimensional e para exercícios de criação de vistas ortogonais não incluídas no exercício original.

Deve mencionar-se que, neste estudo, é referido que um dos exemplos em concreto – a ferramenta para ambiente móvel desenvolvida por de la Torre et al. (2013) – serviria como “inspiração” ao desenvolvimento do protótipo. Esta afirmação prende-se com o facto de esta ferramenta conter muitos dos princípios necessários à implementação bem-sucedida neste contexto. Também é uma das linhas de orientação que sustentaram a decisão de desenvolver especificamente para plataformas móveis. O protótipo final difere largamente do exemplo referido, uma vez que o protótipo propõe apenas a interacção “aumentada” com sólidos e não contém exercícios ou tutoriais interactivos. A decisão de nos focarmos neste tipo de interacção

surge em resposta ao critério 1) (avanzado na página anterior) e está de acordo com as conclusões avanzadas por Katsioloudis & Jovanovic (2014), Martin-Dorta, Saorín, & Contero (2008) e Y. Chen & Chi (2011) que demonstram os benefícios adquiridos com a simples interação com sólidos integrada em contextos lectivos estruturados.

Este protótipo, apesar de limitado, apresenta várias características que o tornam aplicável em vários contextos, estando de acordo com as estratégias seguidas para a implementação das ferramentas que foram analisadas e utilizadas como exemplos neste estudo.

6.2 Trabalho Futuro

Apesar de ser disponibilizado um protótipo minimamente funcional, é imperativo mencionar porque razão não se procurou validar o mesmo e que caminhos podem ser apontados para este fim e não só.

Em primeiro lugar, urge referir que não seria possível, devido às contingências temporais em que decorreu este estudo, desenvolver um protótipo com características adequadas em tempo útil. Isto deve-se ao facto de que não seria possível, durante a fase de desenvolvimento, encontrar aluno de nível introdutório na nossa instituição de ensino ou noutras. Com efeito, tanto na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto como noutras instituições, a introdução ao Desenho Técnico é feita nas primeiras semanas do primeiro semestre, impedindo claramente que um protótipo estivesse disponível em tempo útil. Mais ainda, pode apontar-se que teria pouca utilidade tentar obter dados junto de alunos que estivessem na fase final da aprendizagem das temáticas relacionadas com a expressão gráfica em Engenharia, uma vez que, como vimos, este tipo de ferramentas favorece as aprendizagens introdutórias. Podia argumentar-se, no entanto, que existe a possibilidade desta ferramenta ser útil para auxiliar aqueles alunos cujo desempenho tenha sido insuficiente. Essa opção teria a consequência de nos transpor para um âmbito ligeiramente diferente daquele que em que está o contexto inicial de desenvolvimento. A opção de investir cuidadosamente na revisão de literatura permitiu-nos, no entanto, desenvolver um protótipo com potencial e pronto, desde já, para ser implementado e possivelmente validado no início de um ano lectivo. A implementação poderia confirmar se de facto o protótipo é útil para facilitar o processo de ensino e aprendizagem e se realmente contribuí para o incremento das capacidades de base dos alunos.

Para além disto, podem apontar-se caminhos e sugestões de desenvolvimento que em muito beneficiaram a robustez desta ferramenta, a sua utilidade e a sua longevidade com recurso didáctico.

Em primeiro lugar, poder-se-iam aproveitar as vantagens oferecidas pelas tecnologias ubíquas para integrar vídeos acerca das matérias e tópicos do Desenho Técnico num módulo separado desta mesma ferramenta. Com recurso à imagem animada, poder-se-iam dar exemplos muito ilustrativos acerca do processo de desenho e/ou modelação de determinadas formas

Conclusões e Trabalho Futuro

geométricas. Se os conteúdos teóricos fossem integrados com base num ou vários manuais de Desenho Técnico, poder-se-ia criar uma ferramenta que funcionasse como manual ou guia para a disciplina, permitindo a sua implementação em contextos de estudo autónomo, o que permitiria tirar conclusões acerca das vantagens da multimédia e das tecnologias ubíquas nestes contextos.

Uma análise superficial ao corpo do discurso contido neste documento revelará uma preocupação latente com as necessidades específicas e a perspectiva dos alunos na utilização das ferramentas didáticas. A perspectiva dos professores praticamente não foi explorada. Isto deve-se a uma decisão de desenvolvimento do protótipo. Acreditamos que seria mais útil, numa primeira fase, focarmo-nos essencialmente nas necessidades dos discentes. Seria muitíssimo vantajoso incluir a perspectiva e necessidades dos docentes, especificamente em levantamento de dados acerca do desenvolvimento e implementação da ferramenta.

Estes seriam os trabalhos mais urgentes e que apresentam maior potencial a investigação, desenvolvimento e implementação deste tipo de ferramentas. Claro que não podemos esquecer outros âmbitos do desenvolvimento de software – nomeadamente a experiência dos utilizadores (UX). Seria muitíssimo vantajoso conduzir um estudo breve que permitisse auferir a satisfação dos utilizadores com a ferramenta, o que permitiria levantar algumas necessidades básicas e oportunidades de melhoramento da mesma, para ser mais fácil a sua implementação num estudo longitudinal.

Referências

- Álvarez Peñín, Pedro I., Máximo Román Pérez Morales, D. Ramón Rubio García, Rafael Pedro García Díaz, and Javier Suárez Ouirós. 2004. "Multimedia-Integrated Application for Computer-Assisted Teaching of Technical Drawing (AIMEC-DT)." *Computer Applications in Engineering Education* 12 (2): 136–44. doi:10.1002/cae.20003.
- Azuma, Ronald. 1997. "A Survey of Augmented Reality." *Presence* 6 (4): 355–85. doi:10.1162.
- Blin, Françoise, and Morag Munro. 2008. "Why Hasn't Technology Disrupted Academics' Teaching Practices? Understanding Resistance to Change through the Lens of Activity Theory." *Computers and Education* 50 (2): 475–90. doi:10.1016/j.compedu.2007.09.017.
- Brett, Paul. 2011. "Students' Experiences and Engagement with SMS for Learning in Higher Education." *Innovations in Education and Teaching International* 48 (January 2015): 137–47. doi:10.1080/14703297.2011.564008.
- Buitrago, Rj Torres. 2009. "Aplicación de La Metodología Interactiva Del Dibujo Técnico En La Enseñanza Secundaria Con El Programa CABRI 2D-3D." Universidad Politécnica de València - Facultad de Bellas Artes. http://dspace.cc.upv.es/bitstream/handle/10251/7028/tesisUPV3217_EnglishAbstract.txt.
- Camba, Jorge, Manuel Contero, and Gustavo Salvador-herranz. 2014. "Desktop vs . Mobile : A Comparative Study of Augmented Reality Systems for Engineering Visualizations in Education."
- Chang, Kuo En, Yao Ting Sung, and Song Ying Lin. 2007. "Developing Geometry Thinking through Multimedia Learning Activities." *Computers in Human Behavior* 23 (5): 2212–29. doi:10.1016/j.chb.2006.03.007.
- Chen, G. D., C. K. Chang, and C. Y. Wang. 2008. "Ubiquitous Learning Website: Scaffold Learners by Mobile Devices with Information-Aware Techniques." *Computers and Education* 50 (1): 77–90. doi:10.1016/j.compedu.2006.03.004.
- Chen, Yc, and Hl Chi. 2011. "Use of Tangible and Augmented Reality Models in Engineering Graphics Courses." *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice* 137 (4): 267–77. doi:10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000078.
- Chi, H.L., WH Hung, and SC Kang. 2007. "A Physics Based Simulation for Crane

- Manipulation and Cooperation.” *Proceedings of Computing in Civil Engineering Conference* 40937 (886): 24–27. doi:10.1061/40937(261)92.
- Chi, Hung Lin, Shih Chung Kang, and Xiangyu Wang. 2013. “Research Trends and Opportunities of Augmented Reality Applications in Architecture, Engineering, and Construction.” *Automation in Construction* 33. Elsevier B.V.: 116–22. doi:10.1016/j.autcon.2012.12.017.
- Connolly, P E, and K R Maicher. 2005. “The Development and Testing of an Interactive Web-Based Tutorial for Orthographic Drawing Instruction and Visualization Enhancement.” In *Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*. American Society for Engineering Education, ASEE. <https://peer.asee.org/the-development-and-testing-of-an-interactive-web-based-tutorial-for-orthographic-drawing-instruction-and-visualization-enhancement.pdf>.
- Cook, J., N. Pachler, and C. Bradley. 2008. “Bridging the Gap? Mobile Phones at the Interface between Informal and Formal Learning.” *Journal of the Research Center for Educational Technology* 4 (1): 3–18.
- Crompton, Helen. 2013. “Mobile Learning: New Approach, New Theory.” In *Handbook Of Mobile Learning*, edited by Z. Berge and L. Muilenburg, 47–57. Routledge.
- Crown, S. 2001. “Improving Visualization Skills of Engineering Graphics Students Using Simple JavaScript Web Based Games.” *Journal of Engineering Education* 90 (3): 347–54.
- Cuban, L., H. Kirkpatrick, and C. Peck. 2001. “High Access and Low Use of Technologies in High School Classrooms: Explaining an Apparent Paradox.” *American Educational Research Journal* 38 (4): 813–34. doi:10.3102/00028312038004813.
- de la Torre, Jorge, Jose Luis Saorin, Manuel Contero, and Jorge Dorribo-Camba. 2013. “Interactive Sketching in Multi-Touch Digital Books. A Prototype for Technical Graphics.” In *2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 190–94. IEEE. doi:10.1109/FIE.2013.6684814.
- Deno, J. 1995. “The Relationship of Previous Experiences to Spatial Visualization Ability.” *Engineering Design Graphics Journal* 59 (3): 5–17. <http://eric.ed.gov/?id=EJ522170>.
- Dorribo-Camba, Jorge, and Manuel Contero. 2013. “Incorporating Augmented Reality Content in Engineering Design Graphics Materials.” *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, 35–40. doi:10.1109/FIE.2013.6684784.
- Eisenberg, A.N. 1999. “An Educational Program for Paper Sculpture: A Case Study in the Design of Software to Enhance Children’s Spatial Cognition.” University of Colorado at Boulder.
- Ferguson, Eugene S. 1992. *Engineering and the Mind’s Eye*. Boston: MIT Press.
- Frohberg, D., C. Göth, and G. Schwabe. 2009. “Mobile Learning Projects - a Critical Analysis of the State of the Art: Original Article.” *Journal of Computer Assisted Learning* 25 (4): 307–31. doi:10.1111/j.1365-2729.2009.00315.x.
- García-Martín, Judit, and Jesús Nicasio García-Sánchez. 2013. “Patterns of Web 2.0 Tool Use among Young Spanish People.” *Computers and Education* 67. Elsevier Ltd: 105–20. doi:10.1016/j.compedu.2013.03.003.
- Garrison, D. Randy, and Heather Kanuka. 2004. “Blended Learning: Uncovering Its Transformative Potential in Higher Education.” *Internet and Higher Education* 7 (2): 95–105. doi:10.1016/j.iheduc.2004.02.001.
- Geser, Hans. 2004. “Towards a Sociological Theory of the Mobile Phone.” *Sociology in Switzerland: Sociology of the Mobile Phone* 3.0 (May): 1–47.
- Holliday-darr, Kathryn, Dawn G Blasko, and Carol Dwyer. 2000. “Improving Cognitive Visualization with a Web Based Interactive Assessment and Training Program.” *Engineering Design Graphics Journal* 64 (1): 4–9.
- Hwang, Gwo-Jen, Chiu-Lin Lai, and Siang-Yi Wang. 2015. “Seamless Flipped Learning: A Mobile Technology-Enhanced Flipped Classroom with Effective Learning Strategies.” *Journal of Computers in Education* 2 (4). Springer Berlin Heidelberg: 449–73. doi:10.1007/s40692-015-0043-0.
- ITU. 2014. “The World in 2014 - ICT Facts and Figures.” *International Telecommunication Union*, no. in 2008: 8. doi:10.1787/9789264202085-5-en.

- Katsioloudis, Petros J., and Vukica Jovanovic. 2014. "Spatial Visualization Ability and Impact of Drafting Models: A Quasi Experimental Study." *Engineering Design Graphics Journal*.
- Kaufmann, Hannes, and Dieter Schmalstieg. 2003. "Mathematics and Geometry Education with Collaborative Augmented Reality." *Computers and Graphics (Pergamon)* 27 (3): 339–45. doi:10.1016/S0097-8493(03)00028-1.
- Kirkup, Gill, and Adrian Kirkwood. 2005. "Information and Communications Technologies (ICT) in Higher Education Teaching – a Tale of Gradualism rather than Revolution." *Learning, Media & Technology* 30 (2): 185–99. doi:10.1080/17439880500093810.
- Koch, Douglas, and Mark Sanders. 2011. "The Effects of Solid Modeling and Visualization on Technical Problem Solving." *Journal of Technology Education* 22 (2).
- Krevelen, D W F van, and R. Poelman. 2010. "A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations." *The International Journal of Virtual Reality* 9 (2): 1–20. doi:10.1155/2011/721827.
- Liarokapis, Fotis, Nikolaos Mourkoussis, Martin White, Joe Darcy, Maria Sifniotis, Panos Petridis, Anirban Basu, and Paul F Lister. 2004. "Web3D and Augmented Reality to Support Engineering Education." *World Transactions on Engineering and Technology Education* 3 (1): 11–14. https://scholar.google.com/scholar?hl=en&q=Web3d+and+augmented+reality+to+support+engineering+education&btnG=&as_sdt=1,11&as_sdtp=.
- Martin-Dorta, Norena, Isabel Sanchez-Berriel, Miguel Bravo, Juan Hernandez, Jose Luis Saorin, and Manuel Contero. 2013. "Virtual Blocks: A Serious Game for Spatial Ability Improvement on Mobile Devices." *Multimedia Tools and Applications*, 1–21. doi:10.1007/s11042-013-1652-0.
- Martin-Dorta, Norena, Jose Luis Saorin, and Manuel Contero. 2011. "Web-Based Spatial Training Using Handheld Touch Screen Devices." *Educational Technology and Society* 14 (3): 163–77.
- Martin-Dorta, Norena, Jose Luis Saorín, and Manuel Contero. 2008. "Development of a Fast Remedial Course to Improve the Spatial Abilities of Engineering Students." *Journal of Engineering Education*, no. October: 505–13. doi:10.1002/j.2168-9830.2008.tb00996.x.
- Martin-Gonzalez, Anabel, Angel Chi-Poot, and Victor Uc-Cetina. 2015. "Usability Evaluation of an Augmented Reality System for Teaching Euclidean Vectors." *Innovations in Education and Teaching International* 3297 (February): 1–10. doi:10.1080/14703297.2015.1108856.
- Martin-Gutiérrez, Jorge, Melchor Garcia-Dominguez, Cristina Roca González, and M. C Mato Corredeguas. 2013. "Using Different Methodologies and Technologies to Training Spatial Skill in Engineering Graphic Subjects." *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, 362–68. doi:10.1109/FIE.2013.6684848.
- Martín-Gutiérrez, Jorge, José Luíz Saorín, Manuel Contero, Mariano Alcañiz, David C. Pérez-López, and Mario Ortega. 2010. "Design and Validation of an Augmented Book for Spatial Abilities Development in Engineering Students." *Computers and Graphics (Pergamon)* 34 (1): 77–91. doi:10.1016/j.cag.2009.11.003.
- McLaren, Susan Valerie. 2008. "Exploring Perceptions and Attitudes towards Teaching and Learning Manual Technical Drawing in a Digital Age." *International Journal of Technology and Design Education* 18 (2): 167–88. doi:10.1007/s10798-006-9020-2.
- Mishra, Punya, and Matthew J. Koehler. 2006. "Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge." *Teachers College Record* 108 (6): 1017–54. doi:10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x.
- Mohler, James L. 2001. "Using Interactive Multimedia Technologies to Improve Student Understanding of Spatially-Dependent Engineering Concepts." *Proceedings of the International Graphicon 2001 Conference on Computer Geometry and Graphics*, no. 1987: 292–300.
- Morales, Máximo Pérez, Pedro Álvarez Peñín, Ángeles Pascual Sevillano, and Pablo Pando Cerra. 2009. "Design and Use of a Multimedia Trainer for the Subject Descriptive Geometry." *Computer Applications in Engineering Education* 17 (1): 13–24. doi:10.1002/cae.20164.

- Morán, Samuel, Ramón Rubio, Ramón Gallego, Javier Suárez, and Santiago Martín. 2008. "Proposal of Interactive Applications to Enhance Student's Spatial Perception." *Computers and Education* 50 (3): 772–86. doi:10.1016/j.compedu.2006.08.009.
- Murad, Sharefa, Ignazio Passero, Rita Francese, and Genoveffa Tortora. 2011. "VirtualHoP: Virtual Worlds for Experimentation and Concretization of Technical Drawing." In *2011 IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON 2011*, 888–94. doi:10.1109/EDUCON.2011.5773250.
- Naismith, Laura, Peter Lonsdale, Giasemi Vavoula, and Mike Sharples. 2004. "Literature Review in Mobile Technologies and Learning." *Educational Technology* 11: 1–25. doi:Retrived 13th March, 2014.
- Nee, A. Y C, S. K. Ong, G. Chrysosolouris, and D. Mourtzis. 2012. "Augmented Reality Applications in Design and Manufacturing." *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 61 (2). CIRP: 657–79. doi:10.1016/j.cirp.2012.05.010.
- Nincarean, Danakorn, Mohamad Bilal Alia, Noor Dayana Abdul Halim, and Mohd Hishamuddin Abdul Rahman. 2013. "Mobile Augmented Reality: The Potential for Education." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 103: 657–64. doi:10.1016/j.sbspro.2013.10.385.
- Oller, Rick. 2012. "The Future of Mobile Learning (Research Bulletin)." *EDUCAUSE Center for Applied Research*,. <http://www.educause.edu/ecar>.
- Pachler, N., Bachmair, B., Cook, J. 2009. *Mobile Learning: Structures, Agency, Practices*. Springer Science & Business Media.
- Palaré, Odete. 2013. "Geometria Descritiva História E Didática - Novas Perspetivas." Universidade de Lisboa - Faculdade de Belas Artes.
- Pando Cerra, Pablo, Jesús M. Suárez González, Bernardo Busto Parra, Diana Rodríguez Ortiz, and Pedro I. Álvarez Peñín. 2013. "Can Interactive Web-Based CAD Tools Improve the Learning of Engineering Drawing? A Case Study." *Journal of Science Education and Technology* 23 (3): 398–411. doi:10.1007/s10956-013-9471-7.
- Park, Y; 2011. "A Pedagogical Framework for Mobile Learning: Categorizing Educational Applications of Mobile Technologies into Four Types." *International Review of Research in Open and Distance Learning* 12 (2).
- Pedrosa, C.M., B.R. Barbero, and a.R. Miguel. 2014. "Spatial Visualization Learning in Engineering: Traditional Methods vs. a Web Based Tool." *Educational Technology and Society* 17 (2): 142–57.
- Pessoa, João. 2006. "Um Hiato Entre a Metodologia E a Tecnologia Educacional: Dilemas No CEFET-PB." Universidade Federal de Paraíba.
- Rafi, Ahmad, Khairul Anuar Samsudin, and Azniah Ismail. 2006. "On Improving Spatial Ability through Computer-Mediated Engineering Drawing Instruction." *Educational Technology and Society* 9 (3): 149–59.
- Ribeiro Lemos, Estefânio. 2010. "O Ensino Da Geometria Descritiva - Tradição E Novas Tecnologias." Universidade de Aveiro.
- Samsudin, Khairulanuar, Ahmad Rafi, and Abd Samad Hanif. 2011. "Training in Mental Rotation and Spatial Visualization and Its Impact on Orthographic Drawing Performance." *Educational Technology and Society* 14 (1): 179–86.
- Santos, Marc Ericson C, Angie Chen, Takafumi Taketomi, Goshiro Yamamoto, Jun Miyazaki, and Hirokazu Kato. 2014. "Augmented Reality Learning Experiences: Survey of Prototype Design and Evaluation." *IEEE Transactions on Learning Technologies*. doi:10.1109/TLT.2013.37.
- Selwyn, N. 2007. "The Use of Computer Technology in University Teaching and Learning: A Critical Perspective." *Journal of Computer Assisted Learning* 23 (2): 83–94. doi:10.1111/j.1365-2729.2006.00204.x.
- Sharples, M., J. Taylor, and G. Vavoula. 2007. "A Theory of Learning for the Mobile Age." In *The Handbook of E-Learning Research*, edited by R. Andrews and C. Haythornthwaite. London: Sage.
- Silva, Arlindo, Tavares Ribeiro, Carlos, Dias, João, Sousa, Luís. 2004. *Desenho Técnico Moderno*. 12ª Edição, Lidel, Lisboa

- Simões Morais, José Manuel de. 2004. *Desenho Básico, 1º Volume*. 26ª Edição, Porto Editora, Porto
- Simões Morais, José Manuel de. 2015. *Desenho Técnico Básico, 3º Volume*. 26ª Edição, Porto Editora, Porto
- Sorby, S A, and B Baartmans. 2000. "The Development and Assessment of a Course for Enhancing the 3-D Spatial Visualization Skills of First-Year Engineering Students." *Journal of Engineering Education* 89 (3): 301–7. doi:10.1002/j.2168-9830.2000.tb00529.x.
- Sorby, S., A. Wysocki, and B. Baartmans. 2003. *Introduction to 3D Spatial Visualization: An Active Approach*. 1st ed. Delmar Cengage Learning.
- Sorby, S.A. 1999. "Spatial Abilities and Their Relationship to Computer Aided Design Instruction." In *ASEE Annual Conference Proceedings*. Houghton, MI: American Society for Engineering Education, ASEE.
- Sorby, Sheryl. 1999. "Developing 3-D Spatial Visualization Skills SherylA . Sorby." *Engineering Design Graphics Journal* 63 (2): 21–32.
- . 2009. "Educational Research in Developing 3-D Spatial Skills for Engineering Students." *International Journal of Science Education; Special Issue: Visual and Spatial Modes in Science Learning* 31 (3): 459–80. doi:10.1080/22054952.2007.11463998.
- Squire, Kurt, and Eric Klopfer. 2007. "Augmented Reality Simulations on Handheld Computers." *Journal of the Learning Sciences* 16 (3): 371–413. doi:10.1080/10508400701413435.
- Strong, S, and R Smith. 2001. "Spatial Visualization: Fundamentals and Trends in Engineering Graphics." *Journal of Industrial Technology* 18 (1): 1–6. <http://www.atmae.org/resource/resmgr/JIT/strong122001.pdf>.
- Terlecki, Melissa S., and Nora S. Newcombe. 2005. "How Important Is the Digital Divide? The Relation of Computer and Videogame Usage to Gender Differences in Mental Rotation Ability." *Sex Roles* 53 (5-6): 433–41. doi:10.1007/s11199-005-6765-0.
- Thornton, T, JV Ernst, and AC Clark. 2012. "Augmented Reality as a Visual and Spatial Learning Tool in Technology Education." *Technology and Engineering Teacher*, no. June: 18–22. <http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/recordDetail?accno=EJ983328>.
- Veiga da Cunha, Luís. 2010. *Desenho Técnico*. 15ª Edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa
- White, Sean. 2007. "Visual Hints for Tangible Gestures." *English*, 1–4.
- Zahn, C., N. Schaeffeler, K.E. Giel, D. Wessel, A. Thiel, and S. Zipfel. 2013. "Video Clips for YouTube: Collaborative Video Creation as an Educational Concept for Knowledge Acquisition and Attitude Change Related to Obesity Stigmatization." *Education and Information Technologies*, 1–19.

Sites acedidos

https://artoolkit.org/documentation/doku.php?id=4_Android:android_about

<https://github.com/nyatla/NyARToolkit-for-Processing/releases>

<http://sketchesofcode.wordpress.com/2011/11/15/blender-real-time-exporter-simple-version/>

https://www.blender.org/api/blender_python_api_2_77_1/

<http://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/?p=1715>

<https://developer.android.com/ndk/guides/index.html>