

Métodos Matemáticos e Algoritmia para a Computação Gráfica

Relatório sobre unidade curricular contendo o programa,
conteúdo e métodos de ensino

Apresentado para efeito da prestação de provas de Agregação no
Grupo Disciplinar: Tecnologias e Sistemas de Informação,
Área de Conhecimento: Engenharia da Programação e dos Sistemas
Informática,
Subárea Especialização: Computação Gráfica
ao abrigo do Decreto-Lei nº 239/2007 de 19 de Junho

Adérito Fernandes Marcos

Guimarães, Novembro de 2007

RESUMO

Este relatório contém o programa, os conteúdos e os métodos de ensino, referentes à disciplina Métodos Matemáticos e Algoritmia para a Computação Gráfica para a satisfação dos requisitos exigidos nas provas de agregação para o grupo disciplinar de Tecnologias e Sistemas de Informação. Esta disciplina integra o plano de estudos do Mestrado e Curso de Especialização em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais da Universidade do Minho.

A disciplina de Métodos Matemáticos e Algoritmia para a Computação Gráfica é descrita através das componentes usuais da especificação de unidades de aprendizagem. Desta forma é discutida e justificada a sua natureza bem como a sua finalidade; São propostos os objectivos educacionais que se pretendem alcançar; São descritos os conteúdos programáticos que abarca; São justificadas e propostas as estratégias de ensino adoptadas; É proposto um plano de realização; São tecidas algumas considerações sobre a utilização de documentação de apoio e são apresentadas e comentadas as referências fundamentais; É justificado e proposto o modelo de avaliação a utilizar; São descritos os recursos necessários ao seu funcionamento.

Para além de se tecerem algumas considerações sobre as motivações desta disciplina, sobre o seu enquadramento no contexto profissional e da investigação, e sobre a sua inserção no Mestrado e Curso de Especialização em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais, onde é leccionada.

Índice

RESUMO	3
INTRODUÇÃO	6
BREVE HISTORIAL DA COMPUTAÇÃO GRÁFICA	6
PAPEL DOS MÉTODOS MATEMÁTICOS E ALGORITMIA NA COMPUTAÇÃO GRÁFICA	8
ESTRUTURA DO RELATÓRIO.....	9
ENQUADRAMENTO DA DISCIPLINA.....	11
O DOMÍNIO PROFISSIONAL DA COMPUTAÇÃO GRÁFICA	11
O DOMÍNIO DE INVESTIGAÇÃO EM COMPUTAÇÃO GRÁFICA	13
O MESTRADO E CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM COMPUTAÇÃO GRÁFICA E AMBIENTES VIRTUAIS	15
ENQUADRAMENTO DA DISCIPLINA NOS CURSOS E NAS RECOMENDAÇÕES IEEE/ACM	17
ENQUADRAMENTO DA DISCIPLINA NA ÁREA DE TECNOLOGIAS E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO	19
A DISCIPLINA MÉTODOS MATEMÁTICOS E ALGORITMIA PARA A COMPUTAÇÃO GRÁFICA	21
NATUREZA DA DISCIPLINA.....	21
OBJECTIVOS	21
RESULTADOS DE APRENDIZAGEM	22
CONTEÚDO PROGRAMÁTICO	23
METODOLOGIAS DE ENSINO.....	25
AULAS TEÓRICAS.....	26
PLANIFICAÇÃO	27
DOCUMENTAÇÃO DE APOIO.....	30
AVALIAÇÃO.....	31
RECURSOS NECESSÁRIOS	32
CONCLUSÕES	33
REFERÊNCIAS	34
ANEXO I – EXEMPLO DE EXERCÍCIO TEÓRICO-PRÁTICO	37
ANEXO II – EXEMPLO DE ENUNCIADO DE PROBLEMA TEÓRICO-PRÁTICO.....	38
ANEXO III – EXEMPLO ENUNCIADO DE TRABALHO DE PESQUISA E ANÁLISE	39
ANEXO IV – EXEMPLO DE SUMÁRIO	40
ANEXO V – EXEMPLO DE EXAME	41
ANEXO VI – EXEMPLO DE TABELA DE AVALIAÇÃO DETALHADA.....	43
ANEXO VII – HISTORIAL DA DISCIPLINA	44
ANEXO VIII – FICHA DE DISTRIBUIÇÃO DE HORAS POR RESULTADOS DE APRENDIZAGEM	45
ANEXO IX - PROPOSTA DE CRIAÇÃO DE MESTRADO E CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM COMPUTAÇÃO GRÁFICA E AMBIENTES VIRTUAIS.....	47

INTRODUÇÃO

Para objecto do relatório decidiu o autor optar pela escolha de uma disciplina, não sobre a qual detenha já uma larga experiência e conhecimento acumulado, mas sim uma sobre a qual possui uma larga visão global mas apenas uma relativa pequena experiência de leccionação, já que a disciplina se integra num mestrado e curso de especialização que teve até esta data três edições.

Decidiu o autor optar pela disciplina “Modelos Matemáticos e Algoritmia para a Computação Gráfica” por considerar que esta representa um bloco “nuclear” e estruturante dos cursos onde se insere, pelo que se impunha de maior importância levar a cabo uma reflexão cuidada sobre os seus objectivos, conteúdos e estrutura, especialmente se considerarmos que a Computação Gráfica, como área científica, está a dar seus primeiros passos na Escola de Engenharia e na Universidade do Minho em geral.

Espera-se que a indubitável utilidade desta reflexão, neste momento, seja justificativo suficiente e aceitável para a opção por uma disciplina ainda nos seus primórdios, opção esta porventura mais povoada de incertezas e condicionais do que outras situações mais seguras mas, eventualmente, menos úteis para o departamento e a escola onde o autor se integra.

Breve historial da Computação Gráfica

A Computação Gráfica diz respeito ao estudo de modelos, tecnologias e desenvolvimento de soluções computacionais concretas finais (sistemas), que visem a interacção com e a visualização gráfica dos dados, o seu armazenamento, transmissão e processamento segundo princípios de representação gráfica bidimensional ou tridimensional, ou na forma de cor ou imagem. A Computação Gráfica é assim uma área de conhecimento e de tecnologia, horizontal na interface com o utilizador final, e portanto, elemento essencial das denominadas Tecnologias da Informação e Comunicação, que por sua vez constituem a espinha dorsal da Sociedade de Informação. O maior ou menor sucesso das soluções junto do utilizador final, consumidor último dos sistemas, das aplicações e dos conteúdos, dita forçosamente também o maior ou menor sucesso da implementação da Sociedade de Informação.

A Computação Gráfica nasce em meados dos anos 60, quando a interacção entre o utilizador e o computador passaram a integrar representações gráficas, tornadas perceptíveis com base no clássico tubo de raios catódicos (usualmente denominado “écran”). A partir deste ponto nasceu a necessidade de uma computação essencialmente visual, que explorasse a expressividade informativa dos objectos *computacionáveis* através do sentido da visão (Teixeira & Araújo 2003).

A Computação Gráfica cobriu inicialmente, sobretudo, o estudo e desenvolvimento de modelos matemáticos, algoritmos e soluções computacionais elementares que serviram de base à representação bidimensional, e mais tarde também tridimensional, de objectos no écran. As questões fundamentais colocadas à Computação Gráfica nos seus primórdios cobriam aspectos como: as perspectivas geométricas, a cor, a disposição de objectos numa cena, as transformações elementares sobre os objectos tais como a rotação ou a translação, a questão da luz e a sua representação, a textura dos objectos, ou ainda, a obtenção de um nível adequado de realismo gráfico e/ou pictórico nas representações no écran. A Computação Gráfica era nesta fase uma área de pesquisa profundamente especializada, reservada a uma elite, onde as soluções finais, quase nunca saíam do laboratório. Os

dispositivos de Computação Gráfica eram dispendiosos e não acessíveis ao grande público (CCG 2001).

Com a chegada dos computadores pessoais, e dos ecrãs policromáticos, a visualização e interacção gráfica tornaram-se gradualmente um lugar comum, permitindo a democratização na compreensão e manipulação do computador por parte do grande público, que o adoptou como uma ferramenta de trabalho, aprendizagem e lazer.

Nas últimas décadas, novas soluções de Computação Gráfica têm vindo a ser desenvolvidas e testadas, que integram novos algoritmos, exploram e aplicam antigos e novos métodos matemáticos, implementam novas aplicações computacionais, e muitas foram sendo integradas como parte dos componentes Hardware dos computadores. Basta aqui referir, a título de exemplo, as denominadas placas gráficas que integram, entre outros, algoritmos fundamentais de *rendering*, iluminação, triangulação, etc., por exemplo, ou os objectos gráficos integrados na forma de elementos de interface que todos usamos nos ambientes de trabalho dos nossos computadores pessoais. Mais recentemente a Computação Gráfica como actividade de investigação e desenvolvimento tecnológico é sinónimo de animação tridimensional, realidade virtual ou efeitos especiais do cinema, só para mencionar algumas áreas tecnológicas, a ponto de poder ser classificada, genericamente, como uma tecnologia facilitadora (“enabling technology”) indispensável para o desenvolvimento de todo e qualquer tipo de soluções computacionais que incorporem elementos visuais/gráficos ou não.

A influência da Computação Gráfica é hoje fortemente sentida em áreas chave, desde a indústria que recorre ao desenho (bi- e tridimensional) do produto (ex. indústria dos moldes, do calçado, têxtil e moda, vidreira, etc.), à indústria dos conteúdos multimédia, bem como no ensino e treino tradicional e interactivo, passando pela preservação do património cultural e arquitectónico, no entretenimento e jogos, entre outros.

Quando explora a expressividade da informação, a Computação Gráfica torna-se assim uma componente base do multimédia interactivo e de comunicação tendo em conta que os seus métodos e algoritmos são, de um modo crescente:

- ♦ combinados com técnicas de processamento de imagem em aplicações de visualização gráfica onde áudio, vídeo, animações e imersão virtual são formatos integrantes;
- ♦ utilizados no desenvolvimento de sistemas gráficos interactivos e inteligentes (ex. avatars, simulação de processos e fenómenos);
- ♦ elos de ligação entre as infra-estruturas de informação e comunicação multimédia como a Internet, world wide web (videoconferência, computação móvel, comércio electrónico, etc.);
- ♦ utilizados na salvaguarda da herança cultural e artística, na gestão digital de espólios documentais, musicais e cinematográficos com base em conteúdos de cariz bi- e tridimensional, tornando-os inteligíveis e facilmente acessíveis a toda uma comunidade de utilizadores.

Se atentarmos, a título de exemplo, para a área da realidade virtual, definida como dizendo respeito ao estudo de modelos, tecnologias e desenvolvimento de soluções computacionais concretas finais (sistemas), que visem a simulação e a recriação da realidade perceptível ou a criação de novas realidades, concluímos imediatamente que a mesma está forçosamente baseada em computação gráfica, bastando aqui mencionar que esta é essencial na modelação e representação gráfica bi- ou tridimensional da nova realidade

simulada (Sherman & Craig 2003).

Hoje, podemos afirmar com absoluta certeza, que a Computação Gráfica foi e é a base da maior parte das sistemas computacionais que nos rodeiam no nosso dia-a-dia, seja em casa ou no trabalho, especialmente considerando aquelas onde a componente visual, gráfica ou não, é preponderante.

Papel dos Métodos Matemáticos e Algoritmia na Computação Gráfica

Podemos encontrar num dicionário de língua portuguesa de edição recente (Houaiss 2003), que o método se define como o “procedimento, técnica ou meio” para atingir um determinado objectivo. O mesmo dicionário define algoritmo como “um conjunto de regras e procedimentos lógicos (não necessariamente formais) perfeitamente definidos que levam à solução de um problema num número finito de etapas”.

Ora como o próprio nome da disciplina indica, lidamos aqui com métodos matemáticos e algoritmia para a computação gráfica, i.e., que servem o fim último de ajudar a conceber e desenhar modelos lógicos, formais ou não, estratégias de resolução de problemas e de construção de sistemas de computação gráfica. Estes métodos e algoritmos são, por conseguinte, transferíveis para a linguagem máquina ou computacional. Estes devem implementar soluções computacionais eficientes sobretudo do ponto de vista do consumo de recursos do computador (espaciais, temporais).

A figura 1 apresenta uma hierarquia típica de conhecimentos necessários à formação de competências em computação gráfica. A subárea de conhecimento Métodos Matemáticos e Algoritmia para a Computação Gráfica, a par com as subáreas Programação Orientada a Objectos e Interação Humano-Computador constituem o bloco de conhecimento fundamental, que suporta o nível de conhecimento especializado, imediatamente acima. Qualquer um dos blocos do conhecimento especializado requer, com maior ou menor intensidade, conhecimentos fundamentais prévios de métodos matemáticos e algoritmia na sua concretização lectiva.

A área objecto da disciplina deste relatório constitui assim um dos blocos fundamentais da formação de competências em computação gráfica, assumindo a missão de prover o formando com o conhecimento e as competências necessários e adequados ao domínio das ferramentas formais e a agilidade mental para identificar, analisar, comparar, alterar, recriar e desenvolver os métodos matemáticos e a algoritmia das soluções especializadas de computação gráfica.

Em Computação Gráfica a eficiência final das soluções é primordial, tendo em conta que certas operações são executadas milhares de milhões de vezes para obter um efeito visual no ecrã, que pode ser um simples ponto ou padrão. Como a capacidade computacional disponível continua a aumentar, assistimos todos os dias, ao aparecimento de novas exigências aplicacionais que obrigam a conceber soluções de Computação Gráfica de complexidade crescente. É assim fundamental que os profissionais de Computação Gráfica sejam detentores de uma refinada sensibilidade acerca da eficiência das soluções, levando-a em linha de conta quando exploram métodos existentes ou desenham novos algoritmos.

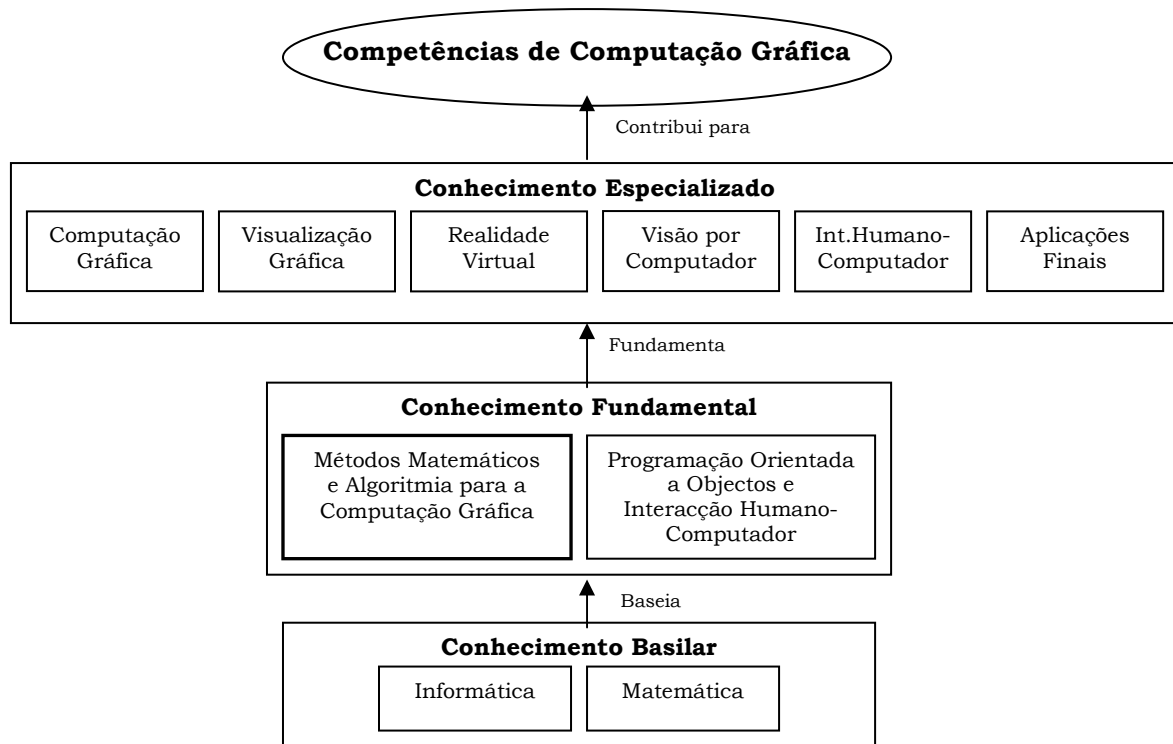


Fig. 1. Hierarquia de conhecimentos na formação de competências em Computação Gráfica.

Assim podemos facilmente concluir que qualquer formação especializada em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais exige a integração nos seus currículos de uma disciplina nuclear que abarque os fundamentos, as estratégias e o “saber-como” fazer e pensar os métodos matemáticos e a algoritmia gerais e específicos, adaptando-os adequadamente à implementação de soluções e sistemas eficientes de Computação Gráfica (Próspero 1999), (Cunningham 2002) (Cunningham et al. 2004).

Estrutura do relatório

Este relatório encontra-se dividido em quatro capítulos. Este primeiro capítulo introdutório procurou sintetizar os principais conceitos associados à disciplina Métodos Matemáticos e Algoritmia para a Computação Gráfica e, de certa forma, justificar a sua pertinência em qualquer curso superior que tenha como pano de fundo a computação gráfica.

Nas duas primeiras secções do capítulo 2 são caracterizados sumariamente os domínios profissionais e de investigação em Computação Gráfica, considerando especialmente o contributo do conhecimento em métodos matemáticos e algoritmia. Numa terceira secção são apresentados os cursos onde se insere a disciplina e numa quarta secção descreve-se o seu enquadramento nesses cursos, justificando a sua finalidade, fazendo também uma análise comparativa com as recomendações dos relatórios elaborados pela IEEE/ACM - *Computing Curricula 2001* e *Computing Curricula 2005* (ACM CCurricula 2001) (ACM CCurricula 2005) onde se define uma estrutura curricular típica, para a área em questão.

O capítulo 3 constitui o núcleo central deste relatório, pois é nele que é apresentada e discutida a disciplina de Métodos Matemáticos e Algoritmia para a Computação Gráfica. O capítulo segue uma estrutura para a planificação de unidades de aprendizagem, de acordo com um modelo de planificação por objectivos baseado na taxonomia de objectivos educacionais. Assim, a apresentação da disciplina inclui: a descrição da sua natureza; a

justificação da sua finalidade; a enumeração dos seus objectivos educacionais; a descrição dos seus conteúdos programáticos; a descrição das estratégias de ensino; A enumeração dos resultados de aprendizagem; O plano de distribuição e encadeamento dos conteúdos; A referência e comentário da documentação de apoio; A descrição do modelo de avaliação adoptado; A previsão dos recursos necessários à sua realização; e ainda um breve historial;

No capítulo 4 são apresentadas as conclusões sobre a disciplina proposta e sobre a realização deste relatório.

São ainda incluídas, no final do relatório, as referências bibliográficas e a bibliografia da disciplina, assim com exemplos de: exercício teórico-prático, exame, trabalho de pesquisa, folha de sumário, avaliação detalhada, tabela do historial da disciplina, bem como um anexo com o documento de "Proposta de Criação de Mestrado e Curso de Especialização em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais".

ENQUADRAMENTO DA DISCIPLINA

Nas últimas três décadas as organizações internacionais ACM (*Association for Computing Machinery*) e a *Computer Society* do IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.*) têm vindo a realizar um esforço conjunto de discussão, análise, definição e actualização dos currículos relacionados com a área *em constante evolução* da informática. Vários relatórios tem sido publicados, procurando sistematizar a abordagem dos currículos, definindo metodologias para a sua construção e identificando domínios do conhecimento relevantes, onde se incluem os relatórios “*Computing Curricula 2005*”, “*Information Technology 2005*” ou “*MSIS 2000 Model Curriculum and Guidelines for Graduate Degree Programs in Information Systems*”. Estes relatórios têm sido adoptados pelas universidades e instituições de ensino superior, um pouco por todo mundo, como um referencial para o desenho dos seus próprios currículos.

No caso dos currículos na área da Computação Gráfica, o relatório “*Computing Curricula 2001*”, complementado pelo relatório mais recente “*Computing Curricula 2005*”, ambos do IEEE/ACM, oferecem uma mão cheia de recomendações para a área denominada “Computação Gráfica e Visualização”, ao nível da identificação de sub-domínios, definição de perfis profissionais e de pré-requisitos. O desenho da disciplina Métodos Matemáticos e Algoritmia para a Computação Gráfica assim como dos cursos onde se insere, *bebeu* fortemente destas recomendações assim como de um conjunto de reflexões, na forma de workshops temáticos, que a Associação *Eurographics* (www.eg.org) tem vindo a realizar sobre o ensino da computação gráfica.

No entanto e, tendo em conta que a disciplina objecto deste relatório ser recente, portanto com pouco historial de relevo que possa contribuir significativamente para caracterizar o seu enquadramento, tivemos de nos basear sobretudo na análise dos cursos onde se insere e a sua envolvente, considerando também o contexto em que os mesmos são criados na Universidade do Minho.

É assim necessário caracterizar essa envolvente, bem como o curso, neste caso cursos, onde a disciplina se integra. Estas tarefas ficam facilitadas porque é possível que o conteúdo deste capítulo reporte frequentemente, e complementemente pontualmente, o documento onde estes cursos são propostos e descritos, i.e., “Proposta de Criação de Mestrado e Curso de Especialização Computação Gráfica e Ambientes Virtuais”, em anexo a este relatório.

O domínio profissional da Computação Gráfica

O objectivo principal a que se propõem o Mestrado e Curso de Especialização em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais é “formar profissionais com sólida formação de base e competências em Computação Gráfica, por forma a poderem fazer face às necessidades de desenvolvimento de Software aplicacional na área da Computação Gráfica e dos Ambientes Virtuais, pretendendo-se encorajar a inovação e a auto-aprendizagem” (Martins & Marcos 2003).

Neste contexto facilmente concluímos que uma das exigências em termos de pré-requisitos para o candidato que pretenda frequentar algum destes cursos é a posse de uma formação superior ou experiência equivalente em informática, com domínio alargado de programação.

O profissional de Computação Gráfica deixa-se assim caracterizar como sendo detentor de um perfil marcadamente tecnológico, que foi chamado a assumir funções de desenho, concepção e implementação de sistemas informáticos no domínio da computação gráfica. Veja-se que nem sempre estes profissionais tiveram formação em Computação Gráfica nos cursos que concluíram, já que nem todos os cursos superiores de informática ou de engenharia informática incluem nos seus currículos disciplina(s) de computação gráfica, apesar de tal ser recomendado por organismos como o ACM/IEEE ou a Associação Eurographics. Neste caso a formação acontece em cursos de especialização e/ou de reciclagem já em fase de pós-graduação.

Convém aqui fazer um parêntesis para analisar e esclarecer alguns mal-entendidos que usualmente se detectam nesta área quando se classifica como profissional de Computação Gráfica o operador de ferramentas de computação gráfica, que apreendeu a dominar as funcionalidades das mesmas, mas desconhece o “como” as mesmas estão de facto desenhadas e implementadas assim como as técnicas computacionais subjacentes. A este tipo de profissional classificamos de operador de computação gráfica, já que na prática este é um utilizador especializado de aplicações.

O profissional de Computação Gráfica é forçosamente um especialista informático que é detentor (desejavelmente) de algumas das seguintes competências (ver Proposta de Criação do Mestrado e Curso de Especialização em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais), devendo portanto estar capaz de:

- Identificar, classificar e utilizar técnicas de processamento de imagem e extracção de conhecimento a partir de imagens;
- Identificar, classificar e aplicar os principais algoritmos e técnicas, básicas e avançadas, de desenho e desenvolvimento de sistemas e aplicações de realidade virtual e aumentada;
- Modelar geometricamente, através de técnicas algorítmicas, e visualizar interactivamente recorrendo à capacidade total (Hardware e Software) do sistema;
- Implementar de forma optimizada recorrendo ao CPU e GPU aplicações gráficas;
- Analisar, classificar e implementar modelos e algoritmos de iluminação e fotorealismo;
- Conceber e avaliar soluções e arquitecturas de aplicações de computação gráfica de forma a obter um elevado nível de qualidade e/ou desempenho de acordo com os requisitos do problema.

Assim é claro que o exercício da actividade da Computação Gráfica deverá ser assumido por um profissional com um perfil especializado, detentor de um profundo domínio das várias técnicas, do conhecimento subjacente às tecnologias e aplicações da computação gráfica. Mais ainda, um profissional de computação gráfica, sobretudo quando num nível de grande especialização, confronta-se comumente com problemas que exigem inovação científica e tecnológica, que requerem competências de investigação e desenvolvimento.

Para melhor ilustrar o perfil do profissional de Computação Gráfica o autor deste relatório adaptou adequadamente a proposta de Keen (Keen 1991) para a descrição de carreiras profissionais, dada a simplicidade do mesmo modelo. A figura 2 apresenta os perfis das carreiras do especialista de informática, onde ocorre uma forte incidência de investigação dada a exigência de criação

de inovação científica e tecnológica, por contraposição com a carreira de operador de informática, onde existe uma fraca incidência de investigação e reduzida tecnicidade, embora com forte incidência na funcionalidade. Se quisermos, um operador pode ser definido, em última instância, como um especialista da funcionalidade.

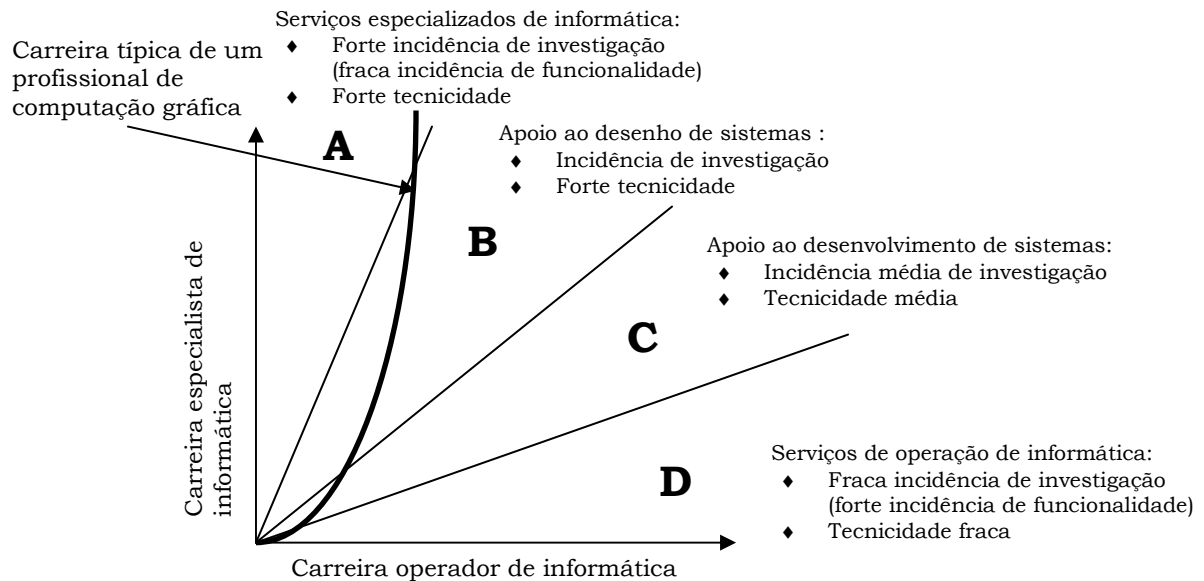


Fig. 2. Adaptação do esquema de Keen para os perfis informáticos.

Pertencem a este último caso os perfis de operadores de programas informáticos que apreendem e se especializam no manuseamento das suas funcionalidades *per si*. Já o perfil do especialista informático aponta para o conhecimento e domínio profundo da ciência e tecnologia inerentes aos sistemas e soluções informáticas e é, por conseguinte, competente para as adaptar, alterar ou recriar em novas soluções ou tecnologias, ou seja, é capaz de inovar científica e tecnologicamente. Os perfis híbridos B e C podem definir-se como intermédios entre os dois extremos. Enquanto o perfil B se refere aos profissionais que reúnem fortes competências tecnológicas e um mediano domínio das ferramentas de investigação, e portanto integram geralmente equipas sob a liderança do profissional de perfil A, por outro lado, o perfil C corresponde aos profissionais com competências tecnológicas medianas e que apenas sabem lidar com algumas ferramentas de investigação, constituindo o que usualmente se denominam de programadores juniores.

A carreira típica do profissional de Computação Gráfica inicia geralmente com uma passagem pelo perfil C, depois ascende ao patamar B e termina no perfil A, onde assume funções de responsabilidade maior na condução de projectos de Computação Gráfica que acarretam uma forte incidência de investigação.

Daqui se pode concluir que o perfil do profissional de Computação Gráfica integra não só a posse de competências tecnológicas mas também de investigação.

O domínio de investigação em Computação Gráfica

Quando se lança um curso de Mestrado, uma das suas motivações principais, para além de oferecer uma formação pós-graduada especializada, é promover os projectos de investigação na sua área científica. O Mestrado e o Curso de Especialização em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais não fogem a esta

regra e visam constituir um importante foco de projectos de investigação na área da Computação Gráfica e Ambientes Virtuais na Universidade do Minho.

Os principais objectos de estudo no domínio da computação, descritos detalhadamente no Anexo IX, podem ser resumidos como:

- i) **Computação Gráfica:** a concepção e construção de modelos que representam a informação com formatos bi- e tridimensionais adequados à criação de imagens; A concepção de dispositivos e técnicas que permitam que o utilizador possa interagir com o modelo ou vistas do mesmo; A concepção de técnicas que permitam a criação de imagens a partir dos modelos.
- ii) **Visualização gráfica:** apresentação de relações presentes em conjuntos de dados abstractos, com o objectivo principal de inferir e comunicar informação facilitando a sua compreensão por parte do utilizador;
- iii) **Realidade Virtual:** novas formas de navegar e interagir com e em modelos tridimensionais sintetizados computacionalmente, podendo incluir outros sentidos que não apenas a visão para aumentar a sensação de imersão;
- iv) **Visão por Computador:** a percepção de propriedades e estruturas de índole bi- e tridimensional, a partir de fluxo de imagens de vídeo ou de animação.
- v) **Interacção Humano-Computador:** a concepção de interfaces e novas formas de interacção com o utilizador, em geral com características gráficas, que devem ser ergonómicas, satisfazer critérios de usabilidade, ou seja, serem fáceis de aprender e usar, e que são motivantes e efectivas do ponto de vista das tarefas a realizar pelos utilizadores finais.

A área de conhecimento especificamente relacionada com a disciplina Métodos Matemáticos e Algoritmia para a Computação Gráfica, apesar de contribuir horizontalmente para todos os objectos de estudo da área científica geral da Computação Gráfica, conforme foi exposto no capítulo “Introdução”, focaliza a sua atenção nas primeiras três subáreas acima indicadas, com especial ênfase para a primeira delas. Senão vejamos: os Métodos Matemáticos e a Algoritmia integram itens tais como: os fundamentos matemáticos da computação gráfica, a geometria de representação no ecrã, a algoritmia do preenchimento de áreas, dos recortes e visualização bi- e tridimensional, da representação de curvas e superfícies, dos sólidos; são essenciais à criação de objectos ou espaços gráficos representáveis no ecrã ou em ambientes virtuais.

Como concluímos na secção anterior, um profissional de Computação Gráfica vê-se na contingência de gradualmente vir a assumir responsabilidades de investigação sobretudo quando próximo de ou no topo de carreira. No entanto um investigador de Computação Gráfica não é forçosamente um profissional de computação gráfica, na perspectiva da prossecução de uma carreira de especialista informático. A investigação em Computação Gráfica tem, assim, vindo a ser realizada tanto directamente nas empresas que consomem ou comercializam estas tecnologias (bons exemplos são: Siemens, Volkswagen ou Alias|Wavefront, YDreams), como também nas universidades e institutos de investigação. A investigação no primeiro caso é usualmente dita de *investigação aplicada* porque acontece com o objectivo imediato de aplicação e integração dos resultados no contexto de casos concretos. Em contraposição, a investigação em Computação Gráfica realizada nas universidades e institutos de investigação, nem sempre com um fim aplicacional imediato, é dita de *fundamental*.

Um investigador de Computação Gráfica e mais especificamente em métodos matemáticos e algoritmia deve ser dotado de uma sólida bateria de conhecimentos e competências de conceitos fundamentais, de domínio das técnicas, métodos, algoritmia e modelos, que lhe permita uma visão completa do domínio, uma percepção rigorosa da sua complexidade, bem como a consciencialização, apesar da amplitude e complexidade, acerca das questões que na prática, necessitam de contributos e resultados de investigação que justifiquem a sua atenção e os seus esforços de investigação.

O Mestrado e Curso de Especialização em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais

A Computação Gráfica em Portugal foi introduzida nos currículos das licenciaturas em engenharia informática a partir dos finais dos anos 80, dos quais são exemplo, o curso de Licenciatura em Engenharia Informática da Universidade Nova de Lisboa, o curso de Licenciatura em Matemática da Universidade de Coimbra - ramo de Computação Gráfica, ou ainda, o curso de Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores e, agora mais recentemente, a Licenciatura em Engenharia Informática no Instituto Superior Técnico. A Computação Gráfica foi assim leccionada, integrada nos cursos de licenciatura, abarcando geralmente duas disciplinas complementares, uma de nível básico e introdutório e uma segunda, geralmente opcional, com conteúdos mais avançados.

Mas apesar da Computação Gráfica não ser recente na formação superior em Portugal, até ao aparecimento do mestrado nesta área na Universidade do Minho em 2003, existia apenas uma diminuta oferta que não ultrapassava uma única disciplina ou par de disciplinas isoladas nos cursos de licenciatura. Apenas foi possível identificar ofertas ao nível do bacharelato e licenciatura, híbridas, conjugando a área da computação gráfica, multimédia e informática, mas nenhuma oferta foi identificada ao nível da pós-graduação, como especialização para licenciados em informática (Teixeira & Araújo 2003) (Moreira et al. 2003) (Monteiro et al. 2003). Neste contexto e porque se constatou no mercado e nas instituições de investigação e desenvolvimento uma necessidade crescente de profissionais de computação gráfica, considerou a Universidade do Minho, seriamente, a hipótese da criação de oferta de formação pós-graduada nesta área.

Na Universidade do Minho, em geral, os cursos de mestrado em engenharia seguem dois tipos de modelos: os de *espectro largo*, quando visam a aquisição de conhecimentos e competências complementares à formação de base, sendo, portanto, abrangentes, e os verticais, ou de *espectro fino*, visando uma aquisição aprofundada de conhecimentos especializados numa determinada área claramente confinada.

Confrontados com a necessidade de lançar um mestrado e curso de especialização de espectro fino, i.e., que exija conhecimentos sólidos de Informática mas que se concentra na especialidade designada por Computação Gráfica, levou a que o Departamento de Informática e o Departamento de Sistemas de Informação, com a colaboração do Departamento de Electrónica Industrial, todos da Escola de Engenharia, conjugassem esforços para criar o Mestrado e Curso de Especialização em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais.

Estes cursos, de Mestrado e de Especialização, funcionaram como um factor de congregação de um conjunto de docentes e investigadores que vinham desenvolvendo diversas actividades na Universidade do Minho, ao longo dos últimos dez anos, de índole pedagógica, de prestação de serviços e de

investigação e desenvolvimento na área da Computação Gráfica e dos Ambientes Virtuais. Isto permitiu conjugar as competências e a massa crítica necessários para a criação e sustentação, com segurança, de um projecto de formação deste tipo.

Assim o curso de Mestrado e o curso de Especialização em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais têm como principal objectivo formar profissionais com sólida formação de base e competências em Computação Gráfica, por forma a enfrentar com sucesso as necessidades de desenvolvimento de soluções na área da Computação Gráfica e dos Ambientes Virtuais, pretendendo-se encorajar a prática da inovação e da auto-aprendizagem, baseados em regras de investigação científica e tecnológica.

Sendo um curso de pós-graduação genuinamente vertical implica um *espectro fino* nas exigências de pré-requisitos por parte dos candidatos. Estes devem ser detentores de uma formação prévia em informática ou em matemática/engenharia, fortemente capacitados para e com experiência em informática / programação.

Visando corrigir eventuais diferenças de conhecimento e de experiência dos candidatos em domínios fundamentais aos cursos, foi considerada uma fase de formação inicial de 4 semanas para promover uma adequada homogeneização de conhecimentos nas áreas dos métodos matemáticos (álgebra computacional, cálculo vectorial/matricial, métodos numéricos) e da programação orientada a objectos, para além de se abordar uma introdução geral à história da Computação Gráfica.

Os cursos adoptaram um modelo de créditos misto, i.e., com base em Unidades de Crédito (UC) e ECTS (*European Credit Transfer System*).

O Mestrado é constituído por 2 semestres de parte escolar (40 semanas, 20 + 20) e um ano de dissertação, num total de 120 ECTS dos quais 60 constituem a parte escolar e 60 a componente de dissertação;

O curso de Especialização coincide temporal e curricularmente com o curso de Mestrado, pelo que corresponde a um total de 60 ECTS;

Os cursos estão estruturados em 4 conjuntos principais de disciplinas, denominados módulos lectivos, nomeadamente:

- ♦ Módulo de Homogeneização: constituído por 2 disciplinas básicas, em regime obrigatório, durante 4 semanas. Este módulo corresponde a 10 % dos ECTS totais da parte curricular dos cursos.
- ♦ Módulo Nuclear: constituído de disciplinas nas áreas da Computação Gráfica e Ambientes Virtuais e Visão por Computador, obrigatórias, e que pertencem ao 1º e 2º semestres dos cursos. Este conjunto de disciplinas nucleares corresponde a uma percentagem de 46,66 % dos ECTS no total da formação.
- ♦ Módulo de Integração Prática: dedicado ao desenvolvimento prático de projectos referentes às mais diversas matérias leccionadas, e que têm um peso de cerca de 33,33 % do total de créditos ECTS da parte escolar;
- ♦ Módulo Complementar e Aplicacional: constituído fundamentalmente por uma disciplina designada *Seminários de Computação Gráfica*, com a duração de 4 semanas lectivas, ou seja totalizando 10% dos créditos ECTS.

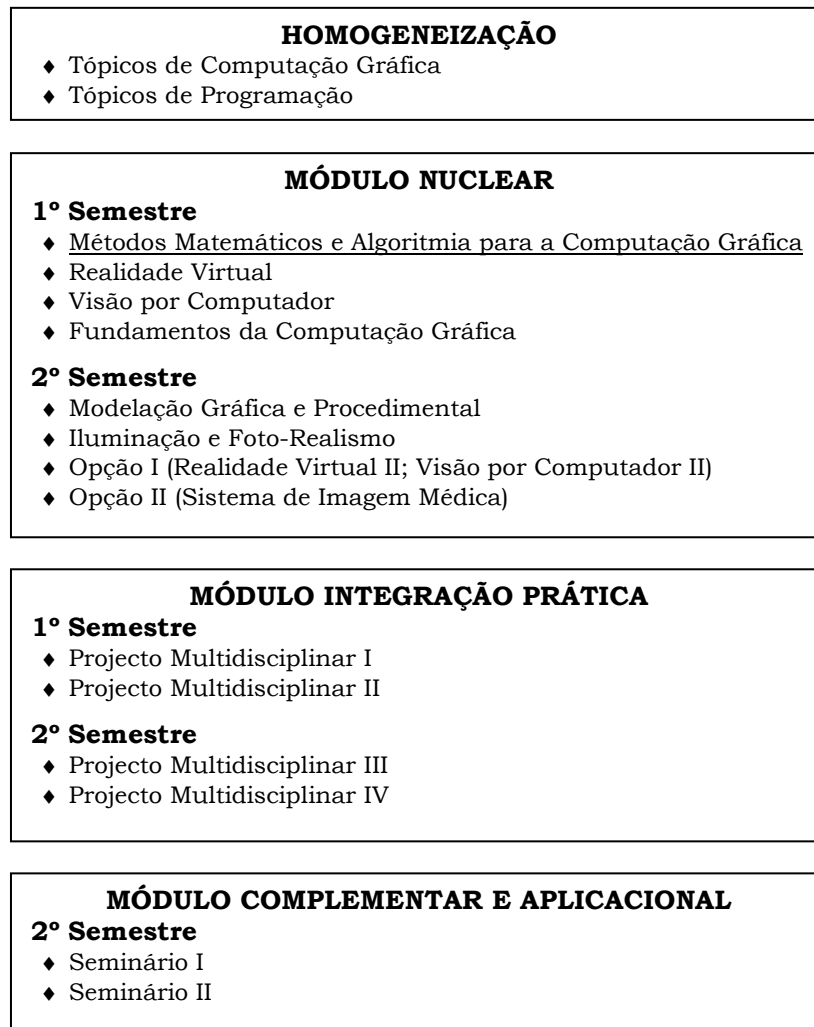


Fig. 3. Estrutura curricular dos cursos de Mestrado e Especialização em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais.

Os autores da proposta dos cursos, onde se inclui o autor do corrente relatório, estão plenamente convictos de que esta estrutura curricular e o respectivo modelo de funcionamento permitem um adequado compromisso entre a necessidade de fornecer uma formação fortemente especializada e a flexibilidade na escolha sobre um conjunto abrangente de disciplinas em subáreas fundamentais da computação gráfica, aliadas aos projectos práticos multidisciplinares, necessários para uma formação complementar em práticas concretas de desenvolvimento e aplicação, que vêm possibilitar, no conjunto, fornecer ao aluno uma formação altamente qualificante e competitiva, a fim deste poder enfrentar com segurança as exigências do mercado, por um lado, e da carreira de investigação, por outro lado.

Por sinal estes foram e ainda são nesta data os únicos cursos de segundo ciclo em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais oferecidos em Portugal (Madeira 2003) (Martins & Marcos 2003).

Enquadramento da disciplina nos cursos e nas recomendações IEEE/ACM

Os principais documentos de referência utilizados no desenho dos cursos de Mestrado e Especialização em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais e da

disciplina objecto deste relatório e do seu enquadramento nos mesmos cursos foram o relatório da IEEE/ACM denominado *Computing Curricula 2001* e as conclusões do “*Eurographics Workshop on Computer Graphics Education 2002*” que teve lugar em Bristol, Julho 2002. No que diz respeito ao primeiro documento este aborda a visão geral de um currículo em computação, indicando as várias subáreas de conhecimento, donde se conta a Computação Gráfica. Já o segundo documento resume um conjunto de recomendações e conclusões específicas acerca do ensino da Computação Gráfica, em geral. Neste relatório fazem-se também referências especiais a (Próspero 1999) (Cunningham 2002) (Cunha 1999)(Madeira 2003) (Whittington 2004) (Johnson et al. 2004) (Cunningham et al. 2004) .

O relatório *Computing Curricula 2001* complementado pelo *Computing Curricula 2005*, identifica a área da Computação Gráfica e Visualização, como uma das áreas chave a integrar no conhecimento sobre Ciências de Computação, e subdivide-a em 5 áreas interrelacionadas denominadas de fundamentais, nomeadamente, Computação Gráfica, Visualização, Realidade Virtual, Visão por Computador e Interação Humano-Computador. Estas áreas foram adoptadas integralmente pelo projecto do Mestrado e Curso de Especialização em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais, aos quais foi acrescentada uma área aplicacional fortemente orientada para o projecto multidisciplinar.

Já no relatório de conclusões do workshop acima referido (ver Cunningham 2002) se identifica a formação em métodos matemáticos e algoritmia como fundamental na criação de competências de computação gráfica.

Neste contexto e como foi anteriormente referido e esquematizado na figura 1 deste relatório, a área de conhecimento em métodos matemáticos e algoritmia para a Computação Gráfica integra a denominado conhecimento fundamental que precede e suporta o conhecimento especializado constituído pelas várias subáreas de especialização, que vão desde a computação gráfica, propriamente dita, visualização gráfica, realidade virtual, visão por computador, interação humano-computador e as aplicações finais.

Se atentarmos para a estrutura curricular dos cursos de Mestrado e Especialização em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais apresentado na figura 3 claramente se verifica que a disciplina objecto deste relatório se integra perfeitamente no todo dos cursos.

A disciplina Métodos Matemáticos e Algoritmia para a Computação Gráfica decorre no primeiro semestre, em paralelo com as disciplinas de Realidade Virtual, Fundamentos de Computação Gráfica e Visão por Computador. Isto cria alguns problemas de precedência na leccionação, na medida em que a primeira deverá fornecer conhecimento fundamental de suporte às restantes disciplinas. Para se poder assegurar, adequadamente, esta precedência seria necessário recorrer a uma fase prévia de formação, anterior ao início da cadeira, o que não é possível em termos da organização dos cursos de mestrado e especialização em causa. Este problema foi atacado com base no seguinte:

- a) durante a fase de homogeneização a disciplina “Tópicos de Computação Gráfica” abarca uma primeira bateria de conteúdos base no domínio dos métodos matemáticos e algoritmia, que de outra forma teriam de ser ministrados na disciplina objecto deste relatório, o que permite que os formandos iniciem as disciplinas acima mencionadas, do primeiro semestre, detentores de uma primeira base de conhecimentos nestes domínios;

- b) durante o decurso do primeiro semestre as matérias das quatro disciplinas em causa são ministradas de forma sincronizada para salvaguardar, adequadamente, eventuais precedências inerentes. A título de exemplo, a disciplina Fundamentos de Computação Gráfica apenas aborda o tema das Superfícies de Bézier, após este tema ter sido ministrado na disciplina objecto do corrente relatório.

Em face da natureza nuclear que o conhecimento no domínio dos métodos matemáticos e algoritmia acarreta para qualquer formação em computação gráfica, faz sentido que esta disciplina seja de frequência obrigatória. Podemos em grande medida afirmar que raciocinar Computação Gráfica é essencialmente raciocinar em termos de métodos matemáticos e algoritmia e na sua eficiente implementação computacional.

Enquadramento da disciplina na área de Tecnologias e Sistemas de Informação

A definição de Sistema de Informação comumente aceite pela comunidade científica e profissional respectiva tem a seguinte redacção “trata-se de um sistema que recolhe, processa, armazena e distribui informação numa organização tendo em vista que a informação esteja acessível a quem dela necessita, admitindo que todo este processo seja suportado pelos computadores” (Buckingham et al. 1987) (Falkenberg 1994) (Alter 1996) (Falkenberg 1994) (Hirschheim et al. 1995).

Os sistemas de Computação Gráfica participam desta definição na vertente da disponibilização de informação e dos meios de acesso à mesma, quando estes são intrinsecamente gráficos, pictóricos, com base em imagens. Ou seja, no processo de desenvolvimento de sistemas de informação e informáticos que forneçam informação de cariz gráfico ou visual, as competências em Computação Gráfica contribuem decisivamente para as “Tecnologias (de suporte) para os Sistemas de Informação”, constituindo-se assim como uma área de especialização no Desenvolvimento e Implementação dos Sistemas de Informação. Isto está patente esquematicamente na figura 4, onde se apresenta a estrutura de áreas curriculares para os Sistemas de Informação em uso na Escola de Engenharia da Universidade do Minho (Davis, Gorgone et al. 1997).

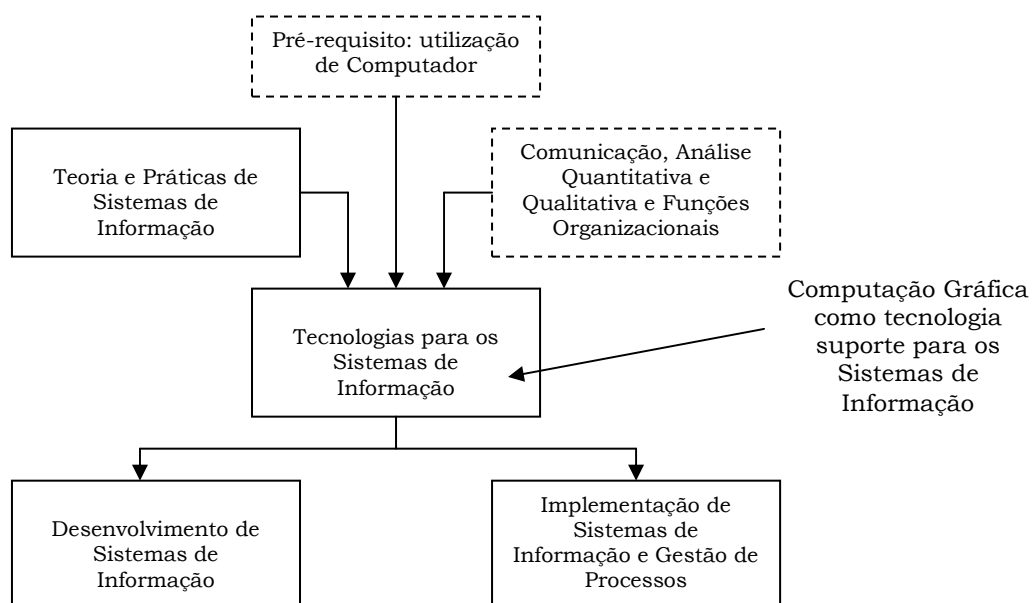


Fig. 4. Áreas curriculares para os Sistemas de Informação.

A DISCIPLINA MÉTODOS MATEMÁTICOS E ALGORITMIA PARA A COMPUTAÇÃO GRÁFICA

Neste terceiro capítulo faz-se uma descrição e apresentação pormenorizados do programa da disciplina Métodos Matemáticos e Algoritmia para a Computação Gráfica. Esta é uma disciplina que integra o plano de estudos dos Cursos de Mestrado e de Especialização em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais, da Universidade do Minho. Trata-se de uma disciplina semestral, obrigatória, leccionada durante 10 semanas, com uma escolaridade de 3 horas teóricas por semana, contribuindo com 4 unidades ECTS, da área científica de Computação Gráfica, num total de 53 unidades ECTS de disciplinas obrigatórias, considerando que são necessários 60 unidades ECTS para a conclusão da componente lectiva destes cursos.

A apresentação da disciplina é iniciada pela discussão da sua natureza e finalidade. Seguidamente são apresentados os seus objectivos, resultados de aprendizagem, conteúdos programáticos e bibliografia associada, estratégias de ensino, plano de realização, esquema de avaliação e descrição de recursos necessários à sua leccionação.

Natureza da disciplina

Como já foi referido nos capítulos anteriores deste relatório a área de conhecimento a que diz respeito os Métodos Matemáticos e a Algoritmia para a Computação Gráfica tem um cariz fundamental no processo de construção de competências em Computação Gráfica, constituindo por conseguinte um dos alicerces de qualquer formação nesta área. Se por um lado podemos constatar que a área da disciplina em causa *bebe* fortemente do conhecimento matemático, por outro lado, convém esclarecer que tal é feito de uma forma “pragmática”, i.e., é visada a exploração das ferramentas e do raciocínio formal matemáticos para fins tecnológicos e de aplicação muito concretos da Computação Gráfica. Isto é ainda mais evidente na componente algorítmica da disciplina, onde o rigor formal do método matemático ou do algoritmo, em si, é secundário, e prevalece sobre este a resolução eficiente de um problema computacional concreto.

Assim podemos facilmente classificar a natureza desta disciplina como sendo essencialmente tecnológica, onde se visa formar os alunos para o uso e a exploração das ferramentas matemáticas e algorítmicas principais que fundamentam a Computação Gráfica enquanto se lhes confere capacidades de análise, de utilização e de raciocínio lógico-algorítmico para conceber e desenhar soluções concretas finais, implementáveis e eficientes. A disciplina não visa o desenvolvimento puro aplicacional, aspecto coberto pelas disciplinas de Projecto Multidisciplinar, embora o docente, autor deste relatório, baseie o ensino nos métodos pedagógicos *expositivo*, *demonstrativo* e *interrogativo*, suportados por momentos de discussão, demonstração e análise crítica, com a exemplificação via exercícios teórico-práticos, e ainda, a realização de trabalhos de pesquisa e análise.

Objectivos

Esta disciplina tem por finalidade proporcionar aos alunos os conhecimentos fundamentais acerca dos principais métodos matemáticos, algoritmos e suas técnicas de implementação computacional de forma a fazerem face às

necessidades de desenvolvimento de sistemas, aplicações, produtos de computação gráfica.

Assim, na abordagem dos conteúdos programáticos privilegia-se predominantemente a dimensão teórico-prática, com o objectivo de facultar a compreensão de conhecimentos e desenvolver capacidades e habilidades para a análise e fundamentação de propostas de desenho e aplicação de métodos matemáticos e algoritmia para a implementação de soluções de computação gráfica, nas mais diversas áreas aplicacionais.

Os objectivos específicos da disciplina são enunciáveis da seguinte forma:

- a) Proporcionar um conhecimento fundamentado e problematizador de teorias e práticas de aplicação dos principais métodos matemáticos e algoritmos no desenvolvimento de sistemas, aplicações e produtos de computação gráfica, tendo em conta os diversos contextos aplicacionais;
- b) Capacitar para o desempenho autónomo, desenvolvendo modelos e dispositivos, conceptual e metodologicamente adequados, de aplicação de métodos matemáticos e algoritmia ao desenvolvimento de sistemas, aplicações e produtos de computação gráfica;

A disciplina partilha também outros objectivos com qualquer disciplina de um curso de pós-graduação, tais como:

- a) Exercitar a capacidade de conceber realidades complexas e vastas.
- b) Enumerar fontes de informação convencionais e electrónicas e *fora* de discussão.
- c) Criar hábitos de pesquisa, estudo e debate utilizando meios convencionais (biblioteca) e os novos meios disponíveis (Internet).
- d) Desenvolver capacidades de trabalho autónomo e individual.
- e) Exercitar e desenvolver o espírito crítico.

O primeiro conjunto de objectivos advém da natureza pretendida para a disciplina e da finalidade que lhe é atribuída, no contexto dos cursos onde se insere. Esses objectivos condicionam naturalmente os conteúdos programáticos da disciplina e definem as competências e as atitudes esperadas (resultados de aprendizagens) por parte do aluno quando este conclui o processo de formação.

Já no que diz respeito ao último conjunto de objectivos, aliás comuns a qualquer disciplina de pós-graduação, são de grande importância para a formação do indivíduo enquanto profissional ou investigador, estando directamente ligados às estratégias de ensino adoptada e à promoção das capacidades e aptidões de natureza pessoal dos alunos.

Resultados de Aprendizagem

No termo do processo de formação nesta disciplina os estudantes devem estar capazes de:

- RA1. Explicar o funcionamento dos principais componentes dos sistemas de computação gráfica assim como as características das arquitecturas do tipo vector e *raster*;
- RA2. Descrever, em termos metodológicos e funcionais, a geometria da representação de objectos gráficos no ecrã, sua natureza discreta, os

conceitos de janela e *viewport*, o sistema de coordenadas, pixel e resolução;

- RA3. Analisar, em termos metodológicos, funcionais e de eficiência, os métodos matemáticos e a algoritmia da geração de primitivas, de preenchimento e recorte (*clipping*) de áreas bidimensionais;
- RA4. Analisar, em termos metodológicos, funcionais e de eficiência, os métodos matemáticos e algoritmia da visualização e das transformações geométricas bi- e tridimensionais de objectos;
- RA5. Analisar, em termos metodológicos, funcionais e de eficiência, os métodos matemáticos e algoritmia da representação de curvas, superfícies e de sólidos;
- RA6. Desenvolver, autonomamente, novas abordagens, conceptual e metodologicamente adequados, de aplicação de métodos matemáticos e algoritmia, ao desenvolvimento de sistemas, aplicações e produtos de computação gráfica.

Conteúdo programático

No seguimento dos objectivos e resultados de aprendizagem da disciplina, o conteúdo programático é organizado como um conjunto de oitos unidades de aprendizagem.

As unidades de aprendizagem da disciplina deixam-se assim organizar como capítulos com diferentes níveis de profundidade de aprendizagem de acordo com a taxonomia de domínio cognitivo de Bloom (Bloom 1984) e (Davis, Gorgone et al. 1997), com precedência entre si, dentro de uma mesma área de conhecimento, a Computação Gráfica.

MÉTODOS MATEMÁTICOS E ALGORITMIA PARA A COMPUTAÇÃO GRÁFICA Unidades de Aprendizagem
<p>I - HARDWARE GRÁFICO (nível de aprendizagem = 2)</p> <p>Introdução e Motivação;</p> <p>Arquitectura típica dos sistemas gráficos;</p> <p>Arquitectura Vector;</p> <p>Arquitectura Raster;</p>
<p>II - GEOMETRIA DA REPRESENTAÇÃO NO ECRÃ (nível de aprendizagem = 2)</p> <p>Introdução e Motivação;</p> <p>Natureza discreta da representação no ecrã;</p> <p>Sistemas de coordenadas no ecrã;</p> <p>Janela e <i>Viewport</i>;</p> <p>Pixels e Resolução;</p>
<p>III - PRIMITIVAS 2D (nível de aprendizagem = 4)</p> <p>Introdução e Motivação;</p> <p>Fundamentos da geração raster de segmentos de recta;</p> <p>Algoritmos DDA;</p> <p>Algoritmo Bresenham e do Ponto-Médio;</p>

Algoritmos Bresenham e Ponto-Médio para geração de circunferências;
IV - PREENCHIMENTO DE ÁREAS BIDIMENSIONAIS (nível de aprendizagem = 4) Introdução e Motivação; Preenchimento de Rectângulos; O caso das Arestas horizontais; Algoritmo Scan-line; Caso especial dos Slivers; Algoritmos Boundary-Fill e Flood-Fill;
V - RECORTE BIDIMENSIONAL (nível de aprendizagem = 4) Introdução e Motivação; Algoritmo geral de recortes de linhas; Algoritmo de Cohen-Sutherland para recorte de linhas; Algoritmo Sutherland-Hodgman para recorte de polígonos;
VI - VISUALIZAÇÃO BI- E TRIDIMENSIONAL (nível de aprendizagem = 4) Introdução e Motivação; Transformações geométricas: translação, rotação, variação de escala, deformação, composta; Sistema de coordenadas homogêneas; Transformação Janela- <i>Viewport</i> ; Transformação entre sistemas de coordenadas; Matemática das projecções ortogonal e perspectiva; Extensão 3D do algoritmo Cohen-Sutherland;
VII - REPRESENTAÇÃO DE CURVAS E SUPERFÍCIES (nível de aprendizagem = 4) Introdução e Motivação; Malhas poligonais; Curvas cúbicas paramétricas (Curvas Hermite, Bézier, B-Splines, NURBS); Superfícies Cúbicas Paramétricas a 2 variáveis (Superfícies Hermite, Bézier, B-Spline); Superfícies Quadráticas;
VIII - REPRESENTAÇÃO DE SÓLIDOS (nível de aprendizagem = 4) Introdução e Motivação; Modelos matemáticos versus representação raster; Definição de Sólido; Operações booleanas sobre sólidos; Modelos de representação de sólidos: Instanciação de primitivas, Varrimento simétrico, Hiperpilha, Condições de Fronteira (b-reps), Decomposição Espacial (enumeração espacial, octrees, bsp, csg).

Fig. 5. Tabela resumo do conteúdo programático.

A tabela exposta na figura 5 apresenta uma visão geral da estrutura dos conteúdos programáticos, e como referido, as várias unidades de aprendizagem constituem em si um conjunto de capítulos que devem ser ministrados na sequência apresentada, sendo que o conhecimento transmitido em cada capítulo fundamenta o conhecimento a transmitir no capítulo seguinte. Isto significa que a frequência da disciplina deve ser desejavelmente livre de

interrupções, sendo que se aluno falhar um dos capítulos, poderá fazer perigar o sucesso de aprendizagem das unidades seguintes e de toda a disciplina, em última instância. Certamente que tal não se aplica quando o aluno já possui um domínio prévio dos conteúdos programáticos de uma determinada unidade de aprendizagem, podendo, por conseguinte, nesse caso, prescindir da mesma.

Neste contexto podemos assumir que a estratégia de leccionação que melhor se adequa a esta disciplina é a orientada pela unidade de aprendizagem, lidando com as mesmas como capítulos autónomos ainda que interdependentes entre si. De notar que o programa apresentado nesta secção foi integralmente ministrado nas três edições da parte lectiva dos cursos, onde se integra.

Metodologias de ensino

Considerando aqui ainda o que Blom (Bloom 1984) e Davis, Gorgone et al. (Davis, Gorgone et al. 1997) definem como os níveis de profundidade com que as matérias podem ser ministradas, podemos constatar que, se os níveis 1 e 2 exigem por parte do aluno o reconhecimento do objecto de estudo e a capacidade de o enquadrar no contexto da sua utilização, já o nível 3 exige do aluno a capacidade de utilizar os objectos de estudo na concretização de tarefas. Assim o nível 3 exige que o aluno se integre em práticas de laboratório, resolvendo exercícios propostos ou assumindo a participação em projectos de desenvolvimento. No entanto a participação em projectos práticos ou de desenho e desenvolvimento, onde o aluno concebe e implementa soluções de forma autónoma, é comumente aceite como uma prática de acordo com as exigências de uma profundidade de nível 4.

Mas se atentarmos para a disciplina objecto deste relatório rapidamente constatamos que o seu conteúdo programático tem um cariz mais teórico, de contacto com métodos e algoritmos, seu funcionamento, eficiência comparada e estratégia de implementação e menos de orientação ostensivamente prática. Tal não exclui a exigência de demonstração funcional e discussão crítica de cada método e algoritmo exposto, “desagregando o material nas suas componentes; compreender a sua estrutura organizativa” que descreve sucintamente as tarefas de nível 4.

Assim a metodologia de ensino adoptado pelo autor no contexto desta disciplina baseou-se na combinação dos métodos pedagógicos *expositivo*, *demonstrativo*, *interrogativo*, e parcialmente, o *activo*, da seguinte forma:

- ♦ Expositivo: baseado na exposição oral das matérias durante as aulas, tendo como recursos de apoio as apresentações multimédia e os vídeos;
- ♦ Demonstrativo: baseado na demonstração funcional dos algoritmos e métodos, seja usando a abordagem da simulação computacional de cada passo do método ou algoritmo em causa, transcritos para o quadro, e/ou seja através da realização de exercícios;
- ♦ Interrogativo: baseado na interpelação directa ao alunos, questionando-os individualmente acerca de aspectos concretos em análise, trazendo-os para a discussão. Este método conduz usualmente a situações de discussão aberta na forma de *brainstorming*;
- ♦ Activo: baseado no convite realizado aos alunos para assumir uma atitude mais pró-activa, através da realização de trabalhos individuais (ou em grupo de dois elementos) de pesquisa, análise, síntese e (sobretudo) concepção algorítmica, cujos resultados são apresentados na forma de relatório síntese e demonstração na aula na forma de uma pequena palestra para os restantes alunos.

Os primeiros três métodos têm permitido suportar níveis de profundidade de aprendizagem na ordem de 3 e 4. Já o método pedagógico activo, quando realizado integralmente, tem permitido níveis de profundidade de ordem 4 e 5. Esta afirmação é realizada com base na experiência de leccionação do autor deste relatório, ao longo das primeiras 3 edições da disciplina, tendo ainda em linha de conta os indicadores de sucesso destas edições (ver Anexo VII).

O problema central na aplicação da estratégia de ensino baseada nos métodos acima apresentados prende-se com o relativo elevado absentismo que se regista, em geral, no ensino pós-graduado, o que perturba a implementação integral da mesma estratégia.

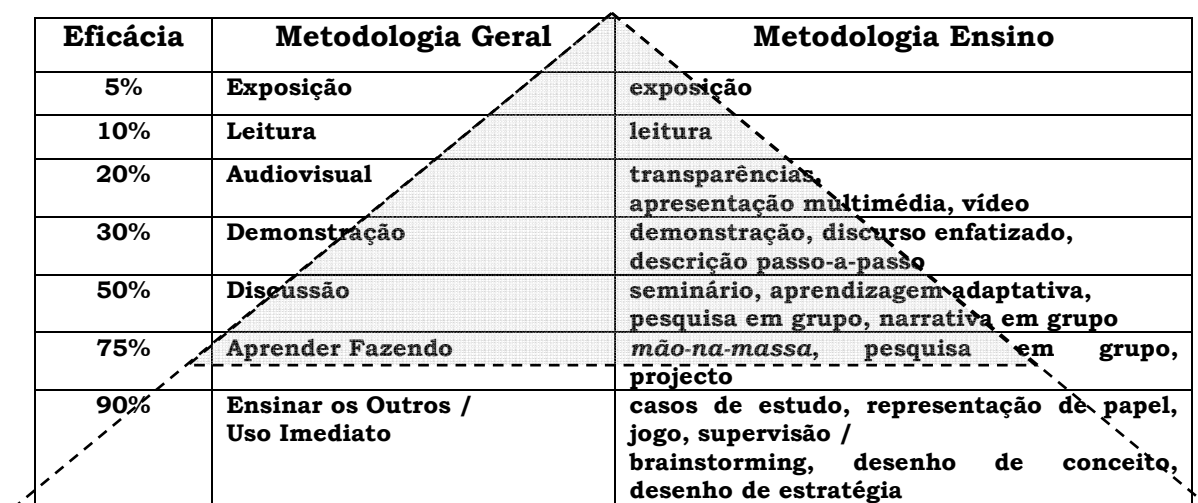
A disciplina tem um regime de funcionamento de 3 horas teóricas semanais, sendo que o docente adoptou a divisão, na prática, em 2 horas teóricas e 1 hora teórico-prática. Quando necessário têm sido realizados reforços do tempo reservado para a componente teórico-prática.

Aulas teóricas

As aulas teóricas da disciplina são ministradas na forma de apresentação oral das matérias, feita pelo docente, recorrendo para o efeito a esquemas sintéticos suportados por apresentações multimédia.

O docente procura, durante a apresentação oral, estimular a discussão crítica de certos aspectos mais pertinentes, questionando directamente os alunos, chamando cada um individualmente à intervenção, envolvendo-o na análise de casos práticos que ilustram os objectos em estudo, de preferência que façam parte do universo do dia-a-dia e dos interesses dos alunos. Os exemplos do mundo do cinema, dos jogos ou da animação, ou até de um *spot* televisivo recente, são normalmente os que mais atenções despertam junto dos alunos. Interpelando os alunos directamente, solicitando a sua opinião crítica tem sido também uma das estratégias do docente para despertar o interesse e a participação dos alunos na aula.

A fim de promover uma maior eficácia na transmissão de conhecimento, o docente reserva 1 hora das 3 horas semanais disponíveis para a leccionação, para ministrar a resolução de exercícios e demonstrações funcionais dos algoritmos e métodos apresentados durante as 2 horas teóricas.



Eficácia	Metodologia Geral	Metodologia Ensino
5%	Exposição	exposição
10%	Leitura	leitura
20%	Audiovisual	transparências, apresentação multimédia, vídeo
30%	Demonstração	demonstração, discurso enfatizado, descrição passo-a-passo
50%	Discussão	seminário, aprendizagem adaptativa, pesquisa em grupo, narrativa em grupo
75%	Aprender Fazendo	mão-na-massa, pesquisa em grupo, projecto
90%	Ensinar os Outros / Uso Imediato	casos de estudo, representação de papel, jogo, supervisão / brainstorming, desenho de conceito, desenho de estratégia

Fig. 6. Pirâmide da aprendizagem de Priscilla Logan.

Para além da necessidade concreta desta hora teórico-prática, conforme já argumentado, é durante esta parte da aula, que o docente procura promover a discussão e a análise críticas acerca das matérias ministradas, interpelando pessoalmente cada um dos alunos. De notar que este processo tem tido um relativo êxito, ressaltando que o reduzido número de alunos que frequenta a disciplina tem facilitado o seu acompanhamento individual assim como uma maior focalização do esforço de leccionação.

A figura 6 apresenta a denominada pirâmide de aprendizagem, uma criação de Priscilla Logan, pedagoga em Santa Fé (Peck 2001)), construída com base em resultados empíricos recolhidos ao longo de vários anos. A pirâmide oferece-nos uma ordenação das metodologias de ensino de acordo com a sua eficácia, i.e., a percentagem média de pessoas que ainda se recordam de um determinado tema duas semanas após este lhes ter sido ministrado. Podemos verificar que a exposição oral simples é a forma menos eficaz de ensinar. No outro extremo temos que as metodologias que passam por colocar o aluno na posição de ter de ensinar aos outros ou que passa pelo uso e a experiência concreta imediatos, são as que permitem uma maior eficácia na aprendizagem.

Analisando a metodologia de ensino adoptada nesta disciplina à luz do exposto na pirâmide de aprendizagem, podemos constatar que esta cobre as várias metodologias gerais desde a “exposição” até ao “aprender fazendo” (área a sombreado na figura 6), excluindo o trabalho de projecto. Este último é visado nas disciplinas de projecto multidisciplinar que integram os cursos de mestrado e especialização.

Planificação

A disciplina Métodos Matemáticos e Algoritmia para a Computação Gráfica acarreta uma escolaridade de 3 horas por semana (3 horas teóricas), ao longo de 10 sessões, o que perfaz um total de 30 horas lectivas.

A primeira aula é constituída por uma sessão de apresentação da disciplina e das regras que regem o seu funcionamento, seus objectivos e conteúdo programático, seu modelo de avaliação, assim como o papel da disciplina nos cursos de Mestrado e Especialização em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais. Estes cursos estão planificados, em cada semestre, de tal forma que as disciplina nucleares, como a objecto deste relatório, têm um período de interrupção no final da quinta sessão, a fim de que os alunos possam realizar projectos práticos no contexto das disciplinas de Projecto Multidisciplinar (2 semanas) e que a avaliação dos mesmos projectos se efectue na semana seguinte (1 semana).

Veja-se que a interrupção indicada em nada afecta o plano semestral desta disciplina, ela apenas deve ser tida em conta de forma a completar a leccionação de conteúdos programáticos que possam vir a ser utilizados e aplicados no projecto multidisciplinar seguinte.

Sessão 1	Componente	Objectivos	Conteúdos
Presencial	Teórica	Apresentação da disciplina. Objectivos: Unidade de Aprendizagem I (completo)	Apresentação do programa da disciplina. Introdução geral à Computação Gráfica. Papel da Computação Gráfica nos dias de hoje. Unidade de Aprendizagem I (completo)

	Teórico-prático		
Não presencial	Preparação individual	Trabalho de Pesquisa e Análise 1	Temas a definir pelo docente

Sessão 2	Componente	Objectivos	Conteúdos
Presencial	Teórica	Unidade de Aprendizagem II (completo) Unidade de Aprendizagem III (completo)	Unidade de Aprendizagem II (completo) Unidade de Aprendizagem III (completo)
	Teórico-prática	Exemplificar o funcionamento. Discutir e analisar resultados do Trabalho de Pesquisa e Análise 1	Resolução de exercícios no quadro. Simulação do algoritmo de Bresenham e do Ponto Médio para o Desenho da Recta. Comparações de eficiência.
Não presencial	Preparação individual	Trabalho de Pesquisa e Análise 2	Temas a definir pelo docente

Sessão 3	Componente	Objectivos	Conteúdos
Presencial	Teórica	Unidade de Aprendizagem IV (completo)	Unidade de Aprendizagem IV (completo)
	Teórico-prático	Exemplificar o funcionamento. Discutir e analisar resultados do Trabalho de Pesquisa e Análise 2	Resolução de exercícios no quadro. Simulação do Algoritmo Scan-line. Simulação do Algoritmo Boundary-Fill e Flood-Fill. Discussão sobre eficiência. Comparação de algoritmos.
Não presencial	Preparação individual	Trabalho de Pesquisa e Análise 3	Temas a definir pelo docente

Sessão 4	Componente	Objectivos	Conteúdos
Presencial	Teórica	Unidade de Aprendizagem V (completo)	Unidade de Aprendizagem V (completo)
	Teórico-prático	Exemplificar o funcionamento. Discutir e analisar resultados do Trabalho de Pesquisa e Análise 3	Resolução de exercícios no quadro. Simulação do Algoritmo Cohen-Sutherland para recorte de linhas. Simulação do Algoritmo Sutherland-Hodgman para recorte de polígonos.
Não presencial	Preparação individual	Trabalho de Pesquisa e Análise 4	Temas a definir pelo docente

Sessão 5	Componente	Objectivos	Conteúdos
Presencial	Teórica	Unidade de Aprendizagem VI (parte 1)	Unidade de Aprendizagem VI (parte 1)
	Teórico-prático	Exemplificar o funcionamento. Discutir e analisar resultados do Trabalho de Pesquisa e Análise 4	Resolução de exercícios no quadro. Cálculo de transformações geométricas. Cálculo de transformações Janela e <i>Viewport</i> .
Não presencial	Preparação individual	Trabalho de Pesquisa e Análise 5	Temas a definir pelo docente

INTERRUPÇÃO PARA PROJECTO MULTIDISCIPLINAR I

Sessão 6	Componente	Objectivos	Conteúdos
Presencial	Teórica	Unidade de Aprendizagem VI (parte 2)	Unidade de Aprendizagem VI (parte 2)
	Teórico-prático	Exemplificar o funcionamento. Discutir e analisar resultados do Trabalho de Pesquisa e Análise 5	Resolução de exercícios no quadro. Cálculo de projecções.
Não presencial	Preparação individual	Trabalho de Pesquisa e Análise 6	Temas a definir pelo docente

Sessão 7	Componente	Objectivos	Conteúdos
Presencial	Teórica	Unidade de Aprendizagem VII (parte 1)	Unidade de Aprendizagem VII (parte 1)
	Teórico-prático	Exemplificar o funcionamento. Discutir e analisar resultados do Trabalho de Pesquisa e Análise 6	Resolução de exercícios no quadro. Cálculo com curvas.
Não presencial	Preparação individual	Trabalho de Pesquisa e Análise 7	Temas a definir pelo docente

Sessão 8	Componente	Objectivos	Conteúdos
Presencial	Teórica	Unidade de Aprendizagem VII (parte 2)	Unidade de Aprendizagem VII (parte 2)
	Teórico-prático	Exemplificar o funcionamento. Discutir e analisar resultados do Trabalho de Pesquisa e Análise 7	Resolução de exercícios no quadro. Cálculo com superfícies.
Não presencial	Preparação individual	Trabalho de Pesquisa e Análise 8	Temas a definir pelo docente

Sessão 9	Componente	Objectivos	Conteúdos
Presencial	Teórica	Unidade de Aprendizagem VII (parte 3)	Unidade de Aprendizagem VII (parte 3)
	Teórico-prático	Exemplificar o funcionamento. Discutir e analisar resultados do Trabalho de Pesquisa e Análise 8	Resolução de exercícios no quadro. Cálculo com superfícies Bézier e B-Spline.
Não presencial	Preparação individual	Trabalho de Pesquisa e Análise 9	Temas a definir pelo docente

Sessão 10	Componente	Objectivos	Conteúdo
Presencial	Teórica	Unidade de Aprendizagem VIII (completo)	Unidade de Aprendizagem VIII (completo)
	Teórico-prático	Discutir modelos apresentados. Discutir e analisar resultados do	Discussão sobre Modelos de representação de sólidos. Fecho da disciplina. Revisões.

		Trabalho de Pesquisa e Análise 9	
Não presencial	Preparação individual		

PROJECTO MULTIDISCIPLINAR II

Fig. 7. Plano semestral da disciplina.

Pela planificação apresentada na figura 7 podemos verificar que a partir da sessão 1 os alunos recebem um tema para trabalho de casa. O tema é atribuído pelo docente e versa aspectos fortemente relacionados com a matéria leccionada na corrente aula e, por vezes também, com a da aula seguinte. Isto permite que o aluno obtenha uma melhor contextualização, não só com os conteúdos ministrados na aula actual, mas sobretudo com os que irá receber na aula seguinte, o que reforça a sua predisposição para participar nas discussões e a intervir nas aulas.

O trabalho de pesquisa é realizado ao longo de uma semana, sendo entregue ao docente na aula seguinte, na forma de relatório. Um dos trabalhos entregues é seleccionado para ser apresentado, sinteticamente, analisado e discutido durante a aula.

É digno de relevo ainda que no final da quinta sessão, portanto imediatamente antes da interrupção, os conteúdos ministrados atingiram já a unidade de aprendizagem VI – uma primeira parte, que inclui as transformações geométricas bidimensionais. Isto permite assegurar que o aluno seja detentor de uma primeira base de conhecimento, no que concerne aos métodos e algoritmos, adequada para assumir com maior segurança o primeiro projecto multidisciplinar que inicia na semana imediatamente a seguir.

Documentação de apoio

A documentação de apoio desta disciplina é constituída pelos seguintes elementos:

- ◆ Cópias das apresentações ministradas nas aulas, que são facultadas aos alunos pelo docente;
- ◆ Notas avulsas do docente contendo as demonstrações e resoluções de exercícios, realizados na aula;
- ◆ Livros de referência, tendo o docente adoptado os seguintes títulos:
 - Foley, van Dam, Feiner and Hughes, “Computer Graphics, Principles and Practice”, Addison-Wesley Publishing Company, ISBN: 0-201-84840-6, 1996;

Este livro é classificado com a “bíblia” da área pela comunidade científica e profissional da computação gráfica, pelo que consideramos que constitui uma referência obrigatória para qualquer curso nesta área. O livro cobre a totalidade do conteúdo programático da disciplina e contém um conjunto alargado de exemplos e exercícios práticos. É-lhe apontado um aspecto negativo: a notação matemática adoptada é relativamente complexa, ficando sacrificado, por vezes, o essencial pelo acessório do formalismo em excesso.

- o Mortenson, M.E, “Computer Graphics Handbook – Geometry and Mathematics”, Industrial Press Inc., ISBN 0-8311-1002-3, 1990;

Um segundo livro de referência, menos abrangente em termos de conteúdo, comparando com o primeiro livro adoptado, tem no entanto uma abordagem mais simples no que concerne aos métodos matemáticos para a computação gráfica. Especialmente o tema da representação de curvas e superfícies está particularmente bem apresentado, com exemplos práticos e muitos esquemas gráficos exemplificativos. Um aspecto negativo reportado acerca do livro é alguma falta de profundidade com que alguns dos temas são tratados.

Adicionalmente e como suporte aos trabalhos de pesquisa, o docente disponibiliza aos alunos cópias de artigos científicos recentes de revistas da especialidade e actas de conferências.

Para cada trabalho de pesquisa, os alunos recebem um enunciado onde se indica o tema, os objectivos, as questões que se pretendem ver respondidas, as referências e as condições de realização do trabalho para além de qualquer outra informação adicional.

Toda a informação sobre a disciplina encontra-se publicada numa sítio Internet dos cursos onde se insere, no endereço: <http://mcgav.di.uminho.pt/>, a partir da qual os alunos podem ainda contactar o docentes via correio electrónico.

Avaliação

A disciplina objecto deste relatório reúne em si dois aspectos determinantes para configurar o seu modelo de avaliação: tem carácter teórico e integra cursos de pós-graduação. O primeiro aspecto determina a adopção do exame escrito para avaliação do conhecimento adquirido pelos alunos, essencialmente teórico. O segundo aspecto torna pouco praticável a instalação de um qualquer sistema de controlo de presenças na aula e a consequente realização de uma avaliação contínua mais fina, baseada na participação nas aulas, dadas as elevadas taxas de absentismo que usualmente se verificam nos cursos de pós-graduação.

Neste contexto o modelo de avaliação adoptado nesta disciplina tem o exame escrito como a sua componente principal, complementado com os trabalhos escritos de pesquisa e análise. A fórmula de cálculo de avaliação da disciplina é a seguinte:

Nota Final = 0.7 (Avaliação do Exame Escrito) + 0.3 (Avaliação dos Trabalhos de Pesquisa e Análise).

Ao atribuir o peso de 30% na pontuação final aos trabalhos de pesquisa e análise, o docente procura promover este tipo de autoformação e estimular o espírito de pesquisa autónoma junto dos alunos.

O exame é de realização obrigatória e não poderá ter uma pontuação inferior a 9 valores.

Os trabalhos são avaliados individualmente com base nos relatórios síntese e na demonstração/apresentação na aula, sendo que a pontuação global se obtém pela média aritmética da soma das avaliações individuais dos trabalhos. Um trabalho não realizado implica que este contribua com peso nulo para a média final desta componente.

Na aula de apresentação os alunos são devidamente informados dos critérios de avaliação aqui apresentados.

Recursos necessários

Os recursos necessários ao bom funcionamento de uma disciplina prendem-se essencialmente com os recursos humanos, espaços, equipamento pedagógico, equipamento informático e meios de acesso à documentação.

Dado estarmos a lidar com uma disciplina de cariz essencialmente teórico e que no limite não terá mais que 20 alunos, correspondentes ao limite de vagas dos dois cursos que a integram, a necessidade em termos de recursos humanos fica resolvida, no essencial, com o envolvimento do próprio regente, também docente.

Quanto à necessidade de espaços, esta resume-se a uma sala com capacidade para 20 alunos, munida com equipamentos e facilidades de apoio pedagógico, como o são o tradicional quadro, um projector multimédia e um computador pessoal de apoio.

A disciplina não comporta a componente de projecto pelo que não são necessários equipamentos informáticos para o efeito. Os trabalhos de pesquisa são atribuídos no pressuposto de que todos os alunos dispõem de um computador pessoal próprio.

Para acesso à documentação de apoio à disciplina, não só o docente disponibiliza uma cópia dos mesmos para reprodução, mas também os alunos podem recorrer à biblioteca da Universidade do Minho. No entanto e sempre que possível, o docente disponibiliza o material de apoio em formato digital, via correio electrónico ou deposita-o no sítio Internet da disciplina.

CONCLUSÕES

O exercício de elaboração deste relatório constituiu para o autor um desafio com duas vertentes. Por um lado, importava reflectir acerca de uma disciplina nuclear integrada nos cursos de mestrado e especialização numa área científica emergente na Universidade do Minho, constituindo por conseguinte, uma absoluta primeira oportunidade para o fazer com algum detalhe. Por outro lado, pertencendo o autor deste relatório à comissão que desenhou e concebeu os cursos mencionados, para além de participar e contribuir, através do Centro de Computação Gráfica, para a construção de competências e massa crítica nesta área dentro da Universidade do Minho,urgia também aqui levar a cabo uma análise do papel da formação pós-graduada em Computação Gráfica no contexto da área mais geral das Tecnologias e Sistemas de Informação. Certamente que esta reflexão está longe de estar terminada, para a qual este relatório apenas constitui uma singela contribuição.

Neste relatório fizemos a análise da importância do domínio de conhecimento dos métodos matemáticos e algoritmia no contexto da formação de competências em computação gráfica. Trata-se de um domínio nuclear e é portanto obrigatória a sua inclusão em qualquer currículo de formação em computação gráfica.

Também não existem dúvidas acerca do enquadramento da disciplina nos cursos onde se insere. Veja-se que o facto do autor ter integrado a equipa que desenhou estes cursos, contribuiu positivamente para uma compreensão plena da sua utilidade e finalidade.

De notar que o autor é detentor de uma experiência acumulada de docência de disciplinas nesta área de conhecimento, especialmente considerando o período de tempo da realização do seu doutoramento em que foi monitor e assistente na Universidade Técnica de Darmstadt, Alemanha, uma universidade pioneira a nível mundial no ensino da Computação Gráfica e mais recentemente a experiência de gestão de ciência e tecnologia como responsável da unidade de interface – Centro de Computação Gráfica, o que permite considerar com relativa confiança, que as estratégias de ensino, a distribuição e encadeamento dos conteúdos, a documentação de apoio considerada, o modelo de avaliação adoptado e os recursos necessários considerados, são os adequados ao bom funcionamento da disciplina.

Quanto aos objectivos educacionais e conteúdos programáticos, a experiência das três primeiras edições da disciplina permitiram confirmar a adequação da sua definição. Foram realizados alguns acertos que incidiram sobretudo na articulação da disciplina com as restantes disciplinas do curso de mestrado e especialização.

Certamente que ao longo do funcionamento da disciplina, no contexto das próximas edições e da experiência que daí irá ser gerada, vai ser aproveitado para poder ajustar e afinar o desenho dos seus conteúdos, quer para combater o seu envelhecimento, como também para aproveitar para poder reflectir o seu papel no seio da formação em Computação Gráfica.

REFERÊNCIAS

- (Alter 1996) Alter, S., “Information Systems: A Management Perspective”, The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1996.
- (Bloom 1984) Bloom, Benjamin S., “Taxonomy of educational objectives”, Published by Allyn and Bacon, Boston, MA. Copyright (c) 1984 by Pearson Education.
- (Bloom & Krathwohl 1956) Bloom, Benjamin S. and Krathwohl, David R., “Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, by a committee of college and university examiners. Handbook I: Cognitive Domain” New York, Longmans, Green, 1956.
- (Buckingham 1987) Buckingham, R.A. R. Hirschheim F.F. Land e C.J. Tully, “Information Systems Curriculum: a Basis for Course Design” in Buckingham, R.A. R. Hirschheim F.F. Land and C.J. Tully (Eds.), *Information Systems Education: Recommendations and Implementation*, Cambridge University Press, 1987.
- (Carvalho & Amaral 1993) Carvalho, J. e L. Amaral, “Matriz de Actividades: Um Enquadramento Conceptual para as Actividades de Planeamento e Desenvolvimento de Sistemas de Informação”, *Sistemas de Informação*, 1 (1993), 37-48.
- (CCG 2001) “Centro de Computação Gráfica – Uma Interface de I&DT da Universidade do Minho”, Proposta de Criação, Guimarães, 2001, Direcção-Regional de Economia (Norte), Ministério da Economia.
- (ACM CCurricula 2001) “Computing Curricula 2001 – Computer Science”, The Joint Task Force on Computing Curricula, IEEE Computer Society, Association for Computing Machinery, Dec. 2001.
- (ACM CCurricula 2005) “Computing Curricula 2005 – Overview Report”, The Joint Task Force on Computing Curricula 2005, IEEE Computer Society, Association for Computing Machinery, Sept. 2005.
- (Cunha et al. 1999) Cunha, J.D., Carmo, M. B., Cláudio, A.P., “O Ensino da Computação Gráfica e áreas afins na FCUL”, In Actas do 1º Workshop em Computação Gráfica e Multimédia no Ensino, 11 Fevereiro, Marinha Grande, 1999.
- (Cunningham 2004) Cunningham, S., “Report on the 2004 joint Eurographics/SIGGRAPH Workshop on Computer Graphics Education”, Hangzhou, China, June 2–6, 2004.
- (Cunningham 2002) Cunningham, S., “Report on the 2002 Eurographics/SIGGRAPH Workshop on Computer Graphics Education”, Bristol, July 6–7, 2002.
- (Curricula 2001), Curricula T. J. T. F. o. C. (2000). “Computing Curricula 2001”,

- IEEE Computer Society and Association for Computing Machinery.
<http://www.computer.org/education/cc2001/final/gv.htm>
- (Davis, Gorgone et al. 1997) Davis, G. B., J. T. Gorgone, et al. (1997). “IS'97 Model Curriculum and Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems”, Association of Information Technology Professionals.
- (Falkenberg 1994) Falkenberg, E.D., “A Framework of Information System Concepts (Excerpt/Working Draft, Report of the IFIP WG 8.1 Task Group FRISCO”, Department of Informatics, University of Nijmegen, Holanda, 1994.
- (Foley et al. 1996) Foley, van Dam, Feiner and Hughes, “Computer Graphics, Principles and Practice”, Addison-Wesley Publishing Company, ISBN: 0-201-84840-6, 1996;
- (Hirschheim et al. 1995) Hirschheim, R., Klein, HK., Lyytinen, K., “Information systems development and data modeling: conceptual and philosophical foundations”, 1995 - Cambridge University Press New York, NY, USA.
- (Houaiss 2003) Dicionário Houaiss da língua portuguesa, ISBN 972-42-2809-6, Circulo de Leitores, 2003.
- (Keen 1991) Keen, P.G.W., “Shaping The Future: Business Design through Information Technology”, Harvard Business School Press, 1991.
- (Jansen and Nieuwenhuizen 1994) Janses, P., Nieuwenhuizen, W., “Computer Graphics Education at Delft University of Technology”, Proc. of the EuroGraphics Workshop on Graphics and Visualization Education, Oslo, 1994.
- (Johnson et al. 2004) Johnson, A., Moher, Th., Yong-Joo Cho, Edelson, D., Russell, E., “Learning science inquiry skills in virtual field”, In Computer & Graphics Journal, Special Issue on Education, Elsevier Science, Vol 28, Issue 3, June 2004. (ISSN: 0097-8493).
- (Machado 1989) Machado, A. B. (1989). “Projecto da Licenciatura em Informática de Gestão”, Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Informática.
- (Madeira 2003) Madeira, J., “O Ensino da Computação Gráfica em Portugal”, In Actas do 2º Workshop em Computação Gráfica e Multimédia na Educação, 8 Outubro, ISEP, Porto, 2003.
- (Martins & Marcos 2003) Martins, F.M., Marcos, A. F., “Sobre a verticalização dos cursos de Mestrado: O caso do Mestrado em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais da Universidade do Minho”, In Actas do 2º Workshop em Computação Gráfica e Multimédia na Educação, 8 Outubro, ISEP, Porto, 2003.
- (Monteiro et al. 2003) Monteiro, E., Mendes, A., Silva J.G., Mendes, T.,

- Figueiredo, A. “Licenciatura em Comunicações e Multimédia”, In Actas do 2º Workshop em Computação Gráfica e Multimédia na Educação, 8 Outubro, ISEP, Porto, 2003.
- (Moreira et al. 2003) Moreira, P.M., Romero, L.M., Araújo, I., Faria, P.M., Silva, A.U., “Engenharia da Computação Gráfica e Multimédia: um Projecto de Ensino”, In Actas do 2º Workshop em Computação Gráfica e Multimédia na Educação, 8 Outubro, ISEP, Porto, 2003.
- (Mortenson 1990) Mortenson, M.E, “Computer Graphics Handbook – Geometry and Mathematics”, Industrial Press Inc., ISBN 0-8311-1002-3, 1990.
- (Peck 2001) Peck, Ch., “Developing the Art of Teaching: Guidelines for Effective Facilitation”, Holistic Solutions and Christopher Peck, 2001 (disponível online em www.Holistic-Solutions.net).
- (Próspero 1999) Próspero, M. dos Santos, “Computer Graphics in the Scope of Informatics Engineering Education”, In Proceedings of the Computer Graphics and Visualization Education'99, Eurographics Workshop co-sponsored by ACM SIGGRAPH, pp. 31 - 37, Coimbra ,1999.
- (Sherman & Craig 2003) Sherman, Willian R., Craig, Alan B., “Understanding Virtual Reality – Interface, Application and Design”, Elsevier Science ISBN 1-55860-353-0.
- (Whittington 2004) Whittington, J. “The process of effective critiques”, In Computer & Graphics Journal, Special Issue on Education, Elsevier Science, Vol 28, Issue 3, June 2004. (ISSN: 0097-8493).
- (Teixeira & Araújo 2003) Teixeira, J.C., Araújo, H., “Licenciatura em Tecnologias de Informação Visual”, In Actas do 2º Workshop em Computação Gráfica e Multimédia na Educação, 8 Outubro, ISEP, Porto, 2003.
- (Tanenbaum 1998) Tanenbaum, A. S. (1998). “Structured Computer Organization”, Prentice-Hall International, Inc.
- (Tucker et al. 1991) Tucker, A. B. “Computing Curricula 1991.” Communications of the ACM 34(6);

ANEXO I – EXEMPLO DE EXERCÍCIO TEÓRICO-PRÁTICO

Modelos Matemáticos e Algoritmia – Ficha n.4 de Exercícios

Para resolução em casa.

(Responda às questões de forma clara e usando de preferência letra de imprensa. Apresente todos os cálculos.)

(Entrega até 09.02.2006 através de correio electrónico para marcos@dsi.uminho.pt)

I – Curvas Cúbicas Paramétricas (Formas Algébrica e Geométrica)

1 – Dada a curva cúbica paramétrica definida pela forma algébrica, obtenha a respectiva forma geométrica (ou hermite).

$$X(u) = u^3 - 2u^2 - u + 1 \quad \text{com } u \in [0, 1]$$

$$Y(u) = u^3 - 3u^2 + u + 10$$

$$Z(u) = 3$$

2 – Tendo a matriz de coeficientes algébricos, obtenha as coordenadas dos pontos da curva em $u = 0$ e $u = 1$ e da tangente da curva em $u = 0$ e $u = 1$.

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 3 & 1 \\ 1 & 0 & 4 \\ 1 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

3 – Dada a matriz de coef. geométricos, obtenha os vectores coeficientes algébricos a , b , c , e d sendo que $a = [ax \ ay \ az]$, $b = [bx \ by \ bz]$, $c = [cx \ cy \ cz]$, $d = [dx \ dy \ dz]$.

$$B = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 2 \\ & 0 & 2 \\ & 1 & -1 \\ & 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{matrix} 2 & 0 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \end{matrix}$$

4 – Dadas as funções de mistura (*blending functions*) para Bézier:

$$B_{0,2} = u^2 - 2u + 1;$$

$$B_{1,2} = -2u^2 + 2u$$

$$B_{2,2} = u^2 \quad \text{com } u \in [0, 1]$$

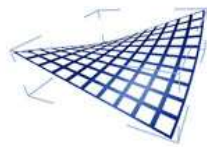
Sendo os três pontos de controlo $P_0 = (1, 0, 1)$, $P_1 = (1, -1, 3)$ e $P_2 = (0, -5, 1)$ obtenha a expressão de $p(u)$ (vector posição da curva Bézier), na forma algébrica, e calcule as coordenadas do ponto $p(u)$ em $u = 1$.

Dados fornecidos:

Matriz Transformação Universal

$$M = \begin{pmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{e} \quad M^{-1} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

ANEXO II – EXEMPLO DE ENUNCIADO DE PROBLEMA TEÓRICO-PRÁTICO



**mestrado em computação gráfica
e ambientes virtuais**
universidade do minho

D1 – Modelos Matemáticos e Algoritmia

Problema Teórico-prático Nº1

Considere os algoritmos para preenchimento de regiões/áreas no ecrã - Boundary-fill e Flood-fill – e a sua implementação de base fortemente recursiva.

Desenhe e conceba uma alteração destes algoritmos no sentido de aumentar a eficiência da sua implementação, reduzindo e até eliminando a sua base recursiva, através da exploração da técnica de varrimento vertical / horizontal do algoritmo *scan-line* (eventualmente modificada).

Verifique também a aplicabilidade das tabelas AET e ET, eventualmente alteradas, para este caso.

Apresente todas as considerações, condições de fronteira e pressupostos que venha a adoptar na resolução do problema, assim como, justifique todas as decisões tomadas.

Utilize esquemas gráficos e pseudo-código (comentado), para além de justificação escrita (sucinta mas completa), na descrição do algoritmo, não devendo ultrapassar 2 páginas A4 (fonte times-roman 11p)

Dados de partida

- Ponto **P** (x, y) no interior da região de preenchimento;
- **Cp**: cor de preenchimento
- **Cr**: cor da região para ser substituída
- **Cf**: cor da fronteira da região
- **Co**: cor fora da fronteira da região

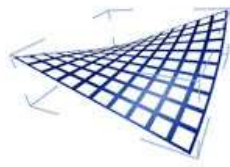
Nota: os pontos de fronteira não são conhecidos.

Data de Entrega: 15.12.2005, final do dia. Entrega feita através do correio electrónico – endereço: marcos@dsi.uminho.pt

Bom trabalho !

Adérito Fernandes Marcos

ANEXO III – EXEMPLO ENUNCIADO DE TRABALHO DE PESQUISA E ANÁLISE



**mestrado em computação gráfica
e ambientes virtuais**
universidade do minho

D1 – Métodos Matemáticos e Algoritmia para a Computação Gráfica

Tema Pesquisa Nº2 – Non-uniform, Rational B-splines (NURBS)

Realize um estudo e levantamento exaustivo acerca das NURBS relevando as suas características, funcionamento e avalie-as de acordo com o critério da sua implementação, assim como as vantagens e desvantagens aplicacionais em comparação com as B-splines clássicas (uniform, non-rational).

Apresente o cálculo matricial e a representação paramétrica (forma algébrica) tendo em conta NURBS com 3 e 4 pontos de controlo.

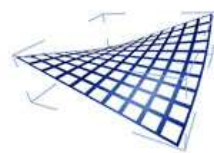
Apresente o trabalho de forma escrita, sucinta, empregando esquemas gráficos elucidativos, não devendo ultrapassar 4-8 páginas A4 (fonte times-roman 11p).

Data de entrega: 09.02.2005 via email.

Bom trabalho !

Adérito Fernandes Marcos

ANEXO IV – EXEMPLO DE SUMÁRIO



**mestrado em computação gráfica
e ambientes virtuais**
universidade do minho

ANO LECTIVO 2005/2006

Sessão N.º	3	Data:	15 / 12 / 2005	Hora:	14h00-17h00	Semestre:	1
Disciplina:	D1 – MODELOS MATEMÁTICOS E ALGORITMIA						
Docente:	ADÉRITO FERNANDES MARCOS						

Sumário:

Recorte (Clipping) 2D: motivação e princípios gerais. Recorte de linhas: solução geral.
Algoritmo de Cohen-Sutherland para recorte de linhas.
Algoritmo Sutherland-Hodgman para recorte de polígonos.

Resolução de exercícios no quadro de simulação do Algoritmo Cohen-Sutherland para recorte de linhas; e de simulação do Algoritmo Sutherland-Hodgman para recorte de polígonos.

Presenças

N.º	Nome	Assinatura
	MESTRADO	
9250	João Paulo Pinto da Rocha Barbosa	
9240	Jonatan Ferreira Pedrosa	
9230	José Henrique de Araújo Silveira de Brito	
9233	Luís Nuno de Azevedo Cerejeira Fontes	
9228	Marco Alcino Marques da Silva	
9234	Marta Susana Gonçalves Pereira	
	ESPECIALIZAÇÃO	
9244	Ana Raquel Fraga Tinoco Frade de Macedo	
9167	José Manuel Afonso de Azevedo	
8173	Miguel Filipe de Azevedo Pinto	
9243	Nuno Vaz Santos	
9200	Sandro Serrado Gomes Aguiar Nunes	
9201	Sérgio Vasco Freitas Ferreira	
9217	Sofia Ribeiro de Castro	

O Docente: _____

ANEXO V – EXEMPLO DE EXAME

Exame de Modelos Matemáticos e Algoritmia – Época Normal

Duração: 2 horas

(Responda às questões de forma clara e usando de preferência letra de imprensa. Apresente todos os cálculos.)

1 - Utilize o algoritmo Bresenham para calcular as localizações dos pixels a activar dos seguintes segmentos de recta $[(x_1, y_1) (x_2, y_2)]$. Apresente todos os cálculos, passo a passo, e o resultado final de forma gráfica: AB $[(0,1) (4, 2)]$; (1.0)

2 - Utilize o algoritmo Scan-line para calcular as coordenadas dos pixels de preenchimento da área bidimensional definida pelo polígono constituído pelos pontos A (2, 2), B(7, 1), C(7, 4), D(5, 4), E(5, 3) e F(2, 5).

2.1. – Calcule e apresente a tabela de arestas (ET) inicial. (1.0 valores)

2.2. – Calcule as coordenadas dos pixels de preenchimento até à quarta iteração do algoritmo, apresentando, separadamente, o estado as estruturas ET e a AET (tabela de arestas activas) e de forma gráfica o preenchimento. (4.0)

3 – Aplique o algoritmo de Sutherland-Hodgman ao recorte do polígono da alínea anterior contra a janela $[(3,1) (4,6)]$. Mostre como os vértices são processados ao longo de vários recortes (*clippers*) da fronteira da janela e apresente o conjunto final de vértices de saída. Apresente todos os cálculos, passo a passo, e graficamente o resultado final do recorte. (3.0)

4 – As curvas Hermite são definidas pelos pontos fronteiras e as tangentes nesses pontos. Formule uma representação geométrica (ou Hermite) da curva paramétrica cúbica apresentada na forma algébrica:

$$X(u) = u^3 + u^2 + u + 1;$$

$$Y(u) = u^3;$$

$$Z(u) = u^3 + 2u^2 + 5 \quad u \in [0,1] \quad (3.0)$$

5 - Considere a superfície paramétrica cuja malha se define a seguir:

$$P(u, w) = au^3 + bu^2 + d - mw^3 + quw \quad \text{com } u, w \in [0, 1]$$

a, b, d, m, q são vectores constantes do tipo $[a_x, a_y, a_z]$ com $a_x, a_y, a_z \in \mathbb{R}$

5.1. - Obtenha as expressões das quatro curvas paramétricas da fronteira da malha na forma algébrica. (3.0)

5.2. - Obtenha os valores dos quatro pontos de canto da malha na forma $[x, y, z]$. (3.0)

Admita que $a = [1, 1, -1]$, $b = [-1, 0, -1]$, $d = [2, 0, 0]$, $m = [1, 1, 1]$ e $q = [-2, 3, -2]$

6 – Considere que pretende optar por um método de representação de objectos a aplicar a uma família de taças de cristal (liso, sem pormenores de superfície).

Pretende-se que o domínio seja o mais abrangente possível e com um elevado nível de rigor.

Indique justificando qual o método de representação de objectos que empregaria aqui. Descreva todas as decisões tomadas. (2.0)

Dados fornecidos:

Matriz Transformação Universal

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{e} \quad \mathbf{M}^{-1} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Bom exame !

ANEXO VI – EXEMPLO DE TABELA DE AVALIAÇÃO DETALHADA

Avaliação Final D1 - Modelos Matemáticos e Algoritmia

ALUNOS		QUESTÕES DO EXAME ESCRITO						Nota	FICHAS / PROBLEMAS TP								Nota	Trab. Pesquisa			Nota	Nota	NOTA
		I	II	III	IV	V	VI	Exame	F1	F2	F3	F4	F5	P1	P2	TP (0-6)	T1	T2	T3	TrP(0-1)	parcial	FINAL	
Ana Raquel Fraga T.F. de Macedo	9244	1	4,6	3	3	6	2	19,6	12	20	20	16	20	18	18	5,31	18	18	16	0,87	19,9	20	
João Paulo Pinto da Rocha Barbosa	9250	1	3,4	3	3	6	1,6	18	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00	12,6	13	
Jonatan Ferreira Pedrosa	9240	1	4,8	2,7	2,7	6	2	19,2	20	19	20	18	20	16	0	4,84	0	0	0	0,00	18,3	18	
José Henrique de Araújo Sivelira de Brito	9230	1	5	3	3	6	2	20	20	20	20	20	18	20		5,91	16	0	0	0,27	19,9	20	
José Manuel Afonso de Azevedo	9167	0,9	1,4	3	0	0	0	5,3	12	18	20	16	10	0	0	3,26	0	0	0	0,00	7,0	7	
Marco Alcino Marques da Silva	9228	0,9	2,5	3	2,7	5,2	0	14,3	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00	10,0	10	
Marta Susana Gonçalves Pereira	9234	1	5	3	2,7	5	2	18,7	20	20	20	20	20	18	20	5,91	18	18	18	0,90	19,9	20	
Nuno Vaz Santos	9243	1	2,6	3	3	6	2	17,6	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00	12,3	12	
Sandro Serrado Gomes Aguiar Nunes	9200	1	5	3	2,7	3	1	15,7	20	20	0	0	0	0	0	1,71	0	0	0	0,00	12,7	13	
Sérgio Vasco Freitas Ferreira	9201	1	1,3	3	1,5	5,7	0	12,5	8	20	10	14	0	0	0	2,23	0	0	0	0,00	11,0	11	
Sofia Ribeiro de Castro	9217	1	5,7	3	3	0	2	14,7	20	20	20	20	20	16	14	5,57	18	18	16	0,87	16,7	17	

Avaliação final = $0.7 \times \text{Nota Exame} + 0.3 \times \text{Nota Fichas} + [\text{Nota Trab. Pesquisa} (0-1)]$

Guimarães, 30-03-2006

O Docente

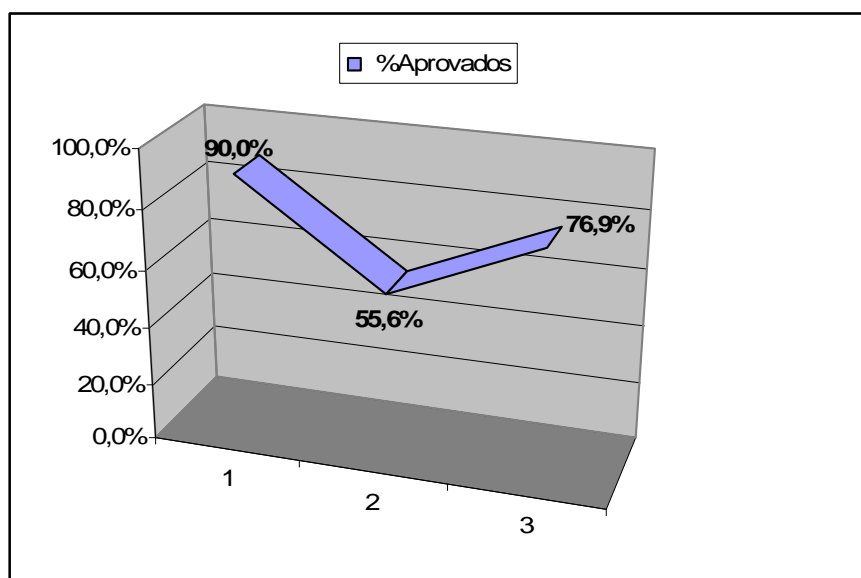
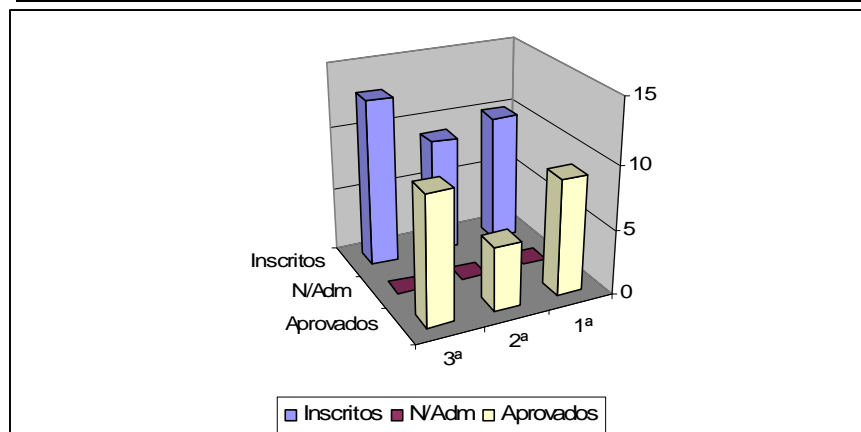
Adérito Fernandes Marcos

ANEXO VII – HISTORIAL DA DISCIPLINA

Equipa docente			
Edição	Teórica	Teórico-Prática	Observações
1 ^a (2003/04)	Adérito Fernandes Marcos	Adérito Fernandes Marcos	Ano de arranque da disciplina. Alguns problemas de coordenação com as restantes disciplinas dos cursos.
2 ^a (2004/05)	Adérito Fernandes Marcos	Adérito Fernandes Marcos	Ano com um elevado índice de absentismo. Algumas sessões decorreram apenas com 1 aluno, durante a primeira hora.
3 ^a (2005/06)	Adérito Fernandes Marcos	Adérito Fernandes Marcos	Ano com um elevado índice de participação. Existiu oportunidade para explorar praticamente todas as metodologias de ensino planeadas.

Indicadores de sucesso

Edição	Inscritos	N/Adm	Aprovados	%Aprovados
1 ^a	10	0	9	90,0%
2 ^a	9	0	5	55,6%
3 ^a	13	0	10	76,9%



ANEXO VIII – FICHA DE DISTRIBUIÇÃO DE HORAS POR RESULTADOS DE APREENDIZAGEM

CURSO: **Mestrado em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais**

UNIDADE CURRICULAR: **Métodos Matemáticos e Algoritmia para a Computação Gráfica**

ÁREA CIENTÍFICA: **Tecnologias e Sistemas de Informação**

UC – **ANUAL** ☐ SEMESTRAL **X** TRIMESTRAL ☐ OUTRA ☐

OBRIGATÓRIA **X** OPCIONAL ☐

Distribuição das horas creditadas ao aluno para obtenção de 4 créditos (ECTS)

Resultados de aprendizagem (RA)	Horas de contacto com o docente							Horas de trabalho independente			Horas de avaliação	Total
	Colectivas		Laborato- riais	T. de campo	Seminário	Tutorias	Estágios		Trab° grupo	Trab° projecto		
	T	TP										
Explicar o funcionamento dos principais componentes dos sistemas de computação gráfica assim como as características das arquitecturas do tipo vector e raster.	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	5
Descrever, em termos metodológicos e funcionais, a geometria da representação de objectos gráficos no ecrã, sua natureza discreta, os conceitos de janela e viewport, o sistema de coordenadas, pixel e resolução.	2	1	0	0	0	0	0	4	4	0	1	12

Analisar, em termos metodológicos, funcionais e de eficiência, os métodos matemáticos e a algoritmia da geração de primitivas, de preenchimento e recorte (clipping) de áreas bidimensionais.	6	1	0	0	0	0	0	6	5	0	1	19
Analisar, em termos metodológicos, funcionais e de eficiência, os métodos matemáticos e algoritmia da visualização e das transformações geométricas bi- e tridimensionais de objectos.	6	2	0	0	0	0	0	6	10	0	1	25
Analisar, em termos metodológicos, funcionais e de eficiência, os métodos matemáticos e algoritmia da representação de curvas, superfícies e de sólidos.	6	2	0	0	0	0	0	6	10	0	0	24
Desenvolver autonomamente novas abordagens, conceptual e metodologicamente adequados, de aplicação de métodos matemáticos a algoritmia, ao desenvolvimento de sistemas, aplicações e produtos de computação gráfica.	2	1	0	0	0	0	0	10	14	0	0	27
TOTAL	23	7	0	0	0	0	0	34	45	0	3	112

ANEXO IX - PROPOSTA DE CRIAÇÃO DE MESTRADO E CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM COMPUTAÇÃO GRÁFICA E AMBIENTES VIRTUAIS

(Truncada de alguns anexos)

UNIVERSIDADE DO MINHO

ESCOLA DE ENGENHARIA

**Departamento de Informática
Departamento de Sistemas de Informação**

PROPOSTA DE CRIAÇÃO DE

**MESTRADO EM COMPUTAÇÃO GRÁFICA E AMBIENTES
VIRTUAIS**

E

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM COMPUTAÇÃO GRÁFICA E
AMBIENTES VIRTUAIS**

Junho de 2002

ÍNDICE

1.- INTRODUÇÃO	3
2.- OBJECTIVOS E JUSTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADE	5
2.1- PRESSUPOSTOS DE ORGANIZAÇÃO.....	7
2.2- EXPERIÊNCIAS E RECOMENDAÇÕES DE OUTRAS ENTIDADES.....	9
3.- ORGANIZAÇÃO DO CURSO	12
3.1.- ORGANIZAÇÃO E DURAÇÃO DO CURSO	12
3.2.- ÁREA CIENTÍFICA DO CURSO	12
3.3.- ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO DO CURSO.....	12
3.4.- REGRAS PARA A CONCESSÃO DO GRAU	12
3.5.- CALENDARIZAÇÃO E PLANO DE ESTUDOS.....	12
3.6.- CRÉDITOS FASE CURRICULAR E POR ÁREA CIENTÍFICA.....	15
3.7.- CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS E MAPA DE ECTS.....	17
3.8.- QUESTÕES DE FUNCIONAMENTO	17
3.9.- DIRECÇÃO DE CURSO	17
4.- CONDIÇÕES DE ACESSO E CRITÉRIOS DE SELECÇÃO	17
4.1.- ACESSO.....	17
4.2.- SELECÇÃO	18
4.3.- NUMERUS CLAUSUS	18
4.4.- PROPINAS	18
5.- RECURSOS HUMANOS E MATERIAIS	18
5.1.- RECURSOS HUMANOS	18
5.2.- RECURSOS MATERIAIS	19
5.3.- ORÇAMENTAÇÃO	20
ANEXO A – Dossier de Informação do Curso	22

1.- INTRODUÇÃO.

Neste documento propõe-se a criação de um Mestrado e de um Curso de Especialização em **Computação Gráfica e Ambientes Virtuais**, que daqui em diante passaremos a designar genérica e conjuntamente por “cursos”, cujo início deverá ter lugar no ano lectivo de 2003/2004.

O Departamento de Informática e o Departamento de Sistemas de Informação da Escola de Engenharia são os departamentos proponentes do curso e, simultaneamente, os departamentos envolvidos na sua organização e leccionação, sendo porém desde já esperado que outros departamentos da Universidade do Minho, da Escola de Engenharia ou não, venham a colaborar nestes cursos.

Os cursos de Mestrado em Engenharia da UM seguem, em geral, dois tipos de orientação: de *espectro largo*, visando a aquisição de conhecimentos complementares à formação de base e que são abrangentes, ou em alternativa, verticais, ou de *espectro fino*, visando uma aquisição aprofundada de conhecimentos especializados numa determinada área.

Na área da Informática, consideram-se de espectro largo os actuais cursos de Mestrado em Informática e em Sistemas de Informação, ambos tendo por objectivo a actualização tecnológica de profissionais de informática e/ou a formação complementar de licenciados oriundos de outras áreas. Não existe, de momento, qualquer mestrado em Informática de carácter vertical, ie. especialista.

No actual contexto tecnológico e industrial, nacional, europeu e mundial, existem claras necessidades de formação específica que apenas podem ser satisfeitas, em termos de uma formação efectiva, se os formandos/candidatos se apresentarem como possuidores de um conjunto de pré-requisitos relativos a uma dada formação generalista de base.

Pretende-se assim, satisfeitos os requisitos anteriormente mencionados relativamente à formação de base dos potenciais candidatos, criar uma formação especializada e de sucesso, dada a actual procura, numa área que, genericamente, exige conhecimentos de **Informática** mas que se concentra na especialidade designada por **Computação Gráfica**.

No actual contexto de reestruturação do Ensino Superior segundo as directivas apontadas em resultado da Declaração de Bolonha (1999) e da Convenção de Salamanca (2001), a criação de cursos de mestrado e de especialização de *formação complementar especializada*, ou seja, de espectro fino, será crucial às Escolas como resposta à “pipeline” educativa que, não estando ainda definitiva, começa a clarificar-se (cf. Circular ENG/G/CC-03/2002 da Escola de Engenharia).

A proposta de criação deste mestrado e curso de especialização, designados por **Mestrado e Especialização em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais**, está enquadrada por tal tipo de contexto global.

Na UM têm sido desenvolvidas ao longo dos últimos anos actividades de índole pedagógica, de prestação de serviços e de I&D na área da computação gráfica e dos ambientes virtuais. Docentes de vários departamentos da Escola de Engenharia, mas não só, têm desenvolvido competências nestas áreas científicas. Tais docentes/investigadores foram, ao longo dos anos, a título individual ou não, desenvolvendo projectos nestas áreas, quer em colaboração com unidades de I&D da UM quer com diversas instituições da comunidade científica nacional e internacional. Muitos destes docentes fazem mesmo parte de organizações nacionais e internacionais da área, designadamente o Grupo Português de Computação Gráfica, de que alguns foram mesmo fundadores, a Eurographics Association, o DSVIS-EUROGRAPHICS, o ERCIM WK GROUP on User Interfaces4All, a ACM SIGGRAPH, a Fundação INI-GraphicsNet, entre outras.

A maior parte destes docentes/investigadores são, desde há vários anos, membros regulares das Comissões de Programa e Científicas de diversas conferências nacionais e internacionais das áreas de Computação Gráfica e Sistemas Interactivos e Multimédia.

Comprovando esta visibilidade e reconhecimento quer nacionais quer internacionais, foram já organizados na Universidade do Minho os seguintes Congressos nestas áreas:

- *6º Encontro Português de Computação Gráfica, Braga, Fevereiro de 1994;*
- *DSVIS'99 – Design, Specification and Verification of Interactive Systems, Braga, Junho de 1999;*
- *COOPMEDIA 2000, 1º Workshop em Sistemas Multimédia Cooperativos e Distribuídos, Julho de 2000;*
- *1st Ibero-American Symposium in Computer Graphics, Julho de 2002.*

Em 2001, a Escola de Engenharia da Universidade do Minho, reconhecendo a importância desta área, desenvolveu uma ligação institucional com o Centro de Computação Gráfica de Darmstadt ZDGV (Zentrum für Graphische Datenverarbeitung), que conduziu à criação do Centro de Computação Gráfica (CCG) em Guimarães, centro que se posiciona no papel de interface de I&D nestas áreas de forma horizontal para toda a Universidade do Minho.

Este conjunto de factores, aliado à crescente procura de profissionais com formação sólida nas áreas da computação gráfica e dos ambientes virtuais, o que vem acontecendo em resultado da inovação dos processos industriais e da crescente implementação de processos de controlo de qualidade, propicia um contexto ideal para a criação, com sucesso, de um mestrado e de uma especialização nesta área.

2.- OBJECTIVOS DO CURSO E JUSTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADE.

Apesar das crescentes necessidades sentidas em áreas como a indústria em geral (automóvel, aeronáutica, mecânica, e outras), a arquitectura e a engenharia civil, a medicina moderna, o ensino interactivo à distância, a informação geográfica, as comunicações avançadas, a arqueologia, a herança cultural, os serviços de conteúdos de imagem e muitas outras, de profissionais com competências especializadas na captura, criação, armazenamento, tratamento e divulgação quer de representações gráficas quer de imagens, não existe actualmente em Portugal qualquer curso de mestrado ou especialização em computação gráfica e/ou em ambientes virtuais.

Em Portugal, especialmente nos últimos anos, temos vindo a observar um crescente reforço das actividades de I&D na área da Computação Gráfica, por parte de diversas instituições científicas e tecnológicas, com a consequente necessidade de recursos humanos adequadamente qualificados. De realçar aqui instituições como o INESC, INETI, ADETTI, IPN, ou no contexto da UM, o Centro de Computação Gráfica, entre outros.

No caso do CCG, a disponibilidade de capital humano com elevada qualificação científica e técnica nas áreas da Computação Gráfica e afins, é um factor crítico para o sucesso e desenvolvimento do CCG como instituição de I&D visando a obtenção de níveis de desempenho que garantam reconhecimento nacional e internacional.

A criação destes cursos permite assim à U.M. complementar, e até rentabilizar, o seu investimento no CCG, pois não só potencia a formação e posterior disponibilização de técnicos especializados nas áreas em questão, o que é fundamental para o sucesso da instituição como um todo, como também constitui uma base essencial para uma bem sucedida colaboração entre ambas as instituições ao nível de projectos de I&D.

Na Universidade do Minho, tal como se afirma no capítulo anterior, existem actualmente investigadores que foram desenvolvendo trabalhos de reconhecido valor nestas áreas, trabalhos que, apesar de terem sido feitos de forma dispersa, lhes permitiram, ainda assim, constituir-se como investigadores reconhecidos nacional e internacionalmente. Existe portanto na Universidade do Minho “massa crítica” e “know-how” multi-departamental suficiente para a criação, internamente suportada, de tais cursos.

Não sendo possível desenvolver no âmbito dos projectos de licenciatura tal contexto agregador, nem tal fazendo sentido neste momento, este curso surge como um projecto capaz de agregar tal “know-how”, em particular num contexto em que o seu aparecimento, pelo menos a nível nacional, reflecte inovação, liderança e sentido de oportunidade, dadas as já referenciadas, e óbvias, carências do sector industrial e do sector dos serviços em tal área.

Estes cursos têm como principal objectivo formar profissionais com sólida formação de base e competências em Computação Gráfica, por forma a poderem fazer face às necessidades de desenvolvimento de software aplicacional na área da computação gráfica e dos ambientes virtuais, pretendendo-se encorajar a inovação e a auto-aprendizagem.

No caso do curso de mestrado pretende-se ainda, através dos projectos de dissertação, fomentar e aumentar as actividades de I&D na área.

Assim, a estrutura curricular do curso, tal como adiante apresentada, tem uma organização curricular que visa a obtenção dos seguintes objectivos parciais de formação. Em primeiro lugar, pretende-se fornecer aos formandos dos cursos, após uma estrutura de disciplinas que visa a sua homogeneização através do conhecimento da história da área e de alguma tecnologia básica, um conjunto de conhecimentos fundamentais que se constituem como um núcleo de saber matemático e algorítmico específico e essencial para as mais diversas derivações dentro destes. No final desta fase os formandos deverão ter adquirido os conhecimentos fundamentais que lhes permitirão fazer computação gráfica por si só. Posteriormente, e em função das suas opções, os formandos poderão adquirir conhecimentos especializados que lhes permitam conhecer os problemas e dominar as técnicas mais específicas de algumas das principais áreas de aplicação.

A integração dos conhecimentos fundamentais com os conhecimentos específicos a serem ministrados nas disciplinas para as áreas particulares de Visão, Modelação, Visualização, Realidade Virtual e Interação Humano-Computador, visam, genericamente, torná-los aptos para o desenvolvimento de soluções especializadas à execução de cada operação, à modelação de ambientes e fenómenos de iluminação, à complexidade temporal e espacial de certos problemas e à adequação dos resultados finais aos objectivos inicialmente estabelecidos, tendo em conta os factores humanos envolvidos, entre outros.

O plano curricular desenvolvido permite aos formandos, fase por fase, adquirir competências que lhes permitem ficar:

- *Conhecedores de todo o desenvolvimento realizado na área da Computação Gráfica, da sua história e dos requisitos matemáticos e algorítmicos particulares;*
- *Conhecedores das Tecnologias de Programação subjacentes, em especial a Tecnologia de Programação Orientada aos Objectos;*
- *Conhecedores dos problemas de geometria computacional e respectiva matemática associada, cf. técnicas de modelação e de especificação de curvas, de superfícies e de vários tipos de objectos sólidos;*
- *Conhecedores dos conceitos e tecnologias relacionadas com a área da Visão por Computador;*

- *Conhecedores das técnicas de simulação para aplicações em ambientes virtuais, incluindo computação gráfica em tempo real, animação, criação de mundos sintéticos e outros;*
- *Conhecedores das técnicas de iluminação global, criação de imagens com nível de fotorealismo e quantificação do mesmo;*
- *Familiarizados com aspectos relacionados com factores humanos e usabilidade, em especial no que diz respeito ao desenvolvimento de Interfaces Gráficas com o Utilizador;*
- *Aptos a aplicar os conhecimentos anteriores nos problemas que envolvem a construção de Ambientes Virtuais;*
- *Sensibilizados para as questões de desempenho, incluindo a computação em ambientes distribuídos e de “clustering”, e em modelos adaptativos de cliente-servidor;*
- *Opcionalmente, com experiência em áreas aplicacionais distintas tais como os Jogos de Computador, os Sistemas GIS, a Arqueologia Virtual, o Processamento de Imagens Médicas e outras.*

2.1.- PRESSUPOSTOS DE ORGANIZAÇÃO DO CURSO.

A actual indefinição, dada a fase de transição, quanto ao modelo de créditos a adoptar em propostas de criação de cursos de pós-graduação, ECTS (*European Credit Transfer System*) ou U.C. (*Unidades de Crédito*), obriga a que nesta proposta ambas sejam usadas. Assim, enquanto que nesta secção, mais genérica quanto à organização dos cursos, serão usados os créditos EC, no capítulo seguinte, mais específico, todos os pesos curriculares e por áreas serão apresentados usando ambos os modelos.

Esta proposta, que neste ponto segue já o modelo de EC do ECTS, é baseada nos seguintes pressupostos:

- A componente escolar do curso está orientada para candidatos com formação prévia em Informática. Também serão considerados candidatos com formação prévia em Matemática/Engenharia, desde que demonstrem possuir capacidade e experiência em informática. Atendendo a que o nível de conhecimentos e a experiência dos candidatos será certamente distinta aquando da sua admissão nos cursos, sendo também certo algum desconhecimento sobre a área de Computação Gráfica, propõe-se a existência de uma fase de formação inicial de 4 semanas visando a sua homogeneização e uma apresentação rigorosa e clarificadora da área de formação;
- O Mestrado tem 2 semestres de parte escolar (40 semanas, 20 + 20) e um ano de dissertação, num total de 120 EC dos quais 60 constituem a parte escolar e 60 a componente de dissertação;

- O curso de Especialização coincide temporal e curricularmente com o curso de Mestrado, pelo que corresponde a um total de 60 EC;
- Propõe-se a existência de 4 conjuntos principais de disciplinas que, no que se segue, designaremos por “**módulos lectivos**”, possuindo pesos, calendários e objectivos identificados a seguir:
 - **Módulo de Homogeneização:** pode ser visto como uma única disciplina; porém, na actual proposta este módulo corresponde à leccionação de 2 disciplinas básicas, em regime obrigatório, durante 4 semanas, sendo tais disciplinas avaliadas segundo um critério a definir (cf. avaliação contínua, trabalhos de síntese, ou outros). Qualquer que seja a solução de avaliação, este módulo corresponde a **10 % dos EC** totais da parte curricular dos cursos.
 - **Módulo Nuclear:** formado por um conjunto de disciplinas onde serão leccionados os conhecimentos fundamentais na área de Computação Gráfica e Ambientes Virtuais, disciplinas que são obrigatórias e que pertencem ao 1º e 2º semestres dos cursos. Este conjunto de disciplinas nucleares corresponde a uma percentagem de **46,66 % dos EC** no total da formação.
 - **Módulo de Integração Prática:** dedicado ao desenvolvimento prático de projectos referentes às mais diversas matérias leccionadas, e que terão um peso de cerca de **33,33 % do total de créditos EC** da parte escolar; As disciplinas de Projecto Integrado que integram este módulo, serão bi-semesterais, ou seja, existirão 2 por semestre, visando integrar as matérias teóricas das disciplinas em leccionação;
 - **Módulo Complementar e Aplicacional:** será constituído fundamentalmente por uma disciplina designada *Seminários de Computação Gráfica*, com a duração de 4 semanas lectivas, ou seja totalizando **10% dos créditos EC**, disciplina que poderá ser desdobrada na forma de “módulos intensivos”, dedicados a áreas mais específicas da Computação Gráfica ou a aplicações da mesma, em regime semanal a definir.

O curso está organizado em 2 semestres lectivos de 20 semanas cada, incluindo os respectivos períodos de avaliações, tendo cada um deles as seguintes características:

- *As 2 disciplinas de homogeneização serão leccionadas durante 4 semanas, cada uma delas com uma carga horária semanal de 6 horas, distribuída da forma mais conveniente em função dos seus objectivos;*

- *A carga horária total semestral presencial por disciplina curricular fora do plano de homogeneização, porque funciona durante 10 semanas do plano curricular, é de 30 h, divididas em sessões de 3 horas, em esquema a definir;*
- *Estão adicionalmente previstos 4 cursos intensivos no 2º semestre, leccionados cada um numa única semana, ou em regime equivalente, ou seja, completando as 48 horas definidas para tal regime;*
- *Estão previstas no calendário duas semanas por semestre lectivo para as apresentações dos trabalhos realizados pelos alunos e outras avaliações, ou então para seminários;*

2.2.- EXPERIÊNCIAS E RECOMENDAÇÕES DE OUTRAS ENTIDADES.

O *Computing Curricula 2001* elaborado pela IEEE/ACM identifica a área de “Computação Gráfica e Visualização”¹, como uma das áreas a integrar no conhecimento sobre Ciências de Computação, e subdivide-a em 5 campos inter-relacionados:

- **Computação Gráfica:** definida como a arte e a ciência de comunicar informação usando imagens que são geradas e apresentadas usando computadores. Este campo requer:
 - A concepção e construção de modelos que representam a informação com formatos adequados à criação de imagens;
 - A concepção de dispositivos e técnicas que permitam ao utilizador possa interactivar com o modelo ou vistas do mesmo;
 - A concepção de técnicas que permitam a criação de imagens a partir dos modelos.
- **Visualização:** definida como a apresentação de relações presentes em conjuntos de dados abstractos, com o objectivo principal de comunicar informação facilitando a sua compreensão;
- **Realidade Virtual:** que permite aos utilizadores navegar e interactivar em modelos tridimensionais gerados usando computadores, podendo incluir outros sentidos que não apenas a visão para aumentar a sensação de imersão;
- **Visão por Computador:** definida como a percepção de propriedades e estruturas de um mundo tridimensional, usando uma ou mais imagens bidimensionais.
- **Interação Humano-Computador:** definida como uma área importante para a concepção de interfaces com o utilizador, em

¹ <http://www.computer.org/education/cc2001/final/gv.htm>

geral com características gráficas, que devem ser ergonómicas, satisfazer critérios de usabilidade, ou seja, serem fáceis de usar, e que são motivantes e efectivas do ponto de vista das tarefas a realizar pelos utilizadores finais dos sistemas software.

Estas cinco áreas serão consideradas, para efeito de classificação das áreas científicas das disciplinas, como as **5 áreas fundamentais**.

A área de “Computação Gráfica” é reconhecida como extremamente motivante para os alunos, uma vez que lhes permite criar os seus próprios sistemas gráficos, ambientes virtuais ou sistemas de tratamento de imagens, e obter resultados com uma componente lúdica significativa. Porém, um programa ao nível do Mestrado deve sempre realçar as componentes matemáticas e físicas subjacentes a toda esta área, assim como os factores humanos que determinam o sucesso das aplicações.

A nível prático tem sido realçada a importância de os primeiros trabalhos permitirem aos estudantes obterem rapidamente resultados visíveis e interessantes, através da utilização de ferramentas adequadas e enunciados detalhados, com a consequência de a motivação dos mesmos aumentar consideravelmente².

Experiências anteriores³ têm demonstrado que um curso de Computação Gráfica, envolvendo necessariamente disciplinas sobre assuntos tão diversos como Matemáticas, Programação, IHC e as próprias disciplinas de especialização, tem muito a ganhar, em termos de motivação dos estudantes e integração destas disciplinas, se os exemplos e trabalhos elaborados nas disciplinas de carácter mais genérico versarem sobre tópicos relacionados com a especialização.

Num exemplo concreto apontado no artigo referido, a discussão sobre algoritmos iterativos ou recursivos poderia utilizar como exemplo o preenchimento de uma região de pontos, em lugar dos tradicionais algoritmos numéricos como o factorial e a série numérica de Fibonacci. No currículo apresentado, assume-se que todas as disciplinas contribuem para um corpo geral de conhecimento relacionado com Computação Gráfica, propondo-se portanto que os seus programas, e principalmente a componente prática, sejam relacionados com esta área. Uma vez que se verifica uma forte dependência entre algumas disciplinas, os seus programas detalhados foram cuidadosamente articulados de forma a não criarem compassos de espera.

Por tudo isto, e ainda porque se pretende desde já alinhar o plano curricular por algumas das directivas emanadas das reuniões de Bolonha e Salamanca que foram consideradas realistas e interessantes,

² Jansen and Nieuwenhuizen, “Computer Graphics Education at Delft University of Technology”, Proc. of the EuroGraphics Workshop on Graphics and Visualization Education, Oslo, 1994

³ M. P. dos Santos, “Computer Graphics in the Scope of Informatics Engineering Education”, Proceedings of the Computer Graphics and Visualization Education'99, Eurographics Workshop co-sponsored by ACM SIGGRAPH, pp. 31 - 37, Coimbra ,1999

propõe-se a introdução semestral de **disciplinas de integração prática de conhecimentos**, designadas por **Projecto Inter-Disciplinar**, ainda que com forte supervisão a nível da realização dos respectivos projectos.

Em resumo, a estruturação deste curso obedece a um esquema bastante inovador e experimental, mas que cremos extraordinariamente moderno e adaptado às necessidades actuais de uma formação que, a este nível, se pretende muito especializada e pautada por um grande rigor e qualidade das respectivas competências.

3.- ORGANIZAÇÃO DO CURSO.

3.1.- ORGANIZAÇÃO E DURAÇÃO DO CURSO.

Os cursos têm a sua parte curricular organizada quer de acordo com o regime de unidades de crédito (U.C.) quer de acordo com o regime de EC.

Segundo o regime de unidades de Crédito (U.C.) previsto no n° 1 do artigo 7° da Lei n° 108/88, de 24 de Setembro e no n° 1 do artigo 1° do Decreto-Lei n° 11/89, de 11 de Maio, a parte curricular dos cursos têm a duração de 1 ano lectivo (2 semestres), exigindo a obtenção de um mínimo total de **20 créditos**.

Segundo o modelo de ECTS, a parte lectiva dos cursos terá uma extensão total de 40 semanas, divididas em 2 semestres, sendo a carga semanal estimada de 40 horas, das quais 12 horas serão presenciais. Tal perfaz um valor total de **60 EC para o Curso de Especialização** e de **120 EC para o curso de Mestrado**, neste ultimo incluindo a parte relativa à elaboração da tese.

A aprovação da parte curricular habilita à concessão de um *Diploma de pós-graduação em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais*. A conclusão do Mestrado habilita à concessão de um *Diploma de Mestre em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais*.

Este curso surge como uma criação conjunta dos Departamentos de Informática e de Sistemas de Informação da Universidade do Minho, funcionando, por razões logísticas, em Braga e em Guimarães.

3.2.- Área Científica do Curso.

Informática.

3.3.- Área de Especialização.

Computação Gráfica.

3.4.- Regras para a Concessão do Grau.

A concessão dos graus anteriormente referidos obriga à completa frequência e realização das tarefas referentes aos 60 EC para a Especialização e dos 120 EC para o Mestrado.

3.5.- Calendarização e Plano de estudos.

O plano de estudos proposto é constituído por 3/4 fases principais:

- 1- **Fase de Homogeneização:** leccionação de 2 disciplinas de homogeneização, com carácter obrigatório, durante 4 semanas, perfazendo um total de 2 U.C.;
- 2- **1ª. Fase Curricular:** leccionação de 4 disciplinas, obrigatórias ou resultantes de opções, por um período de 5 semanas, ao qual se segue uma disciplina de *Projecto multidisciplinar* com a duração de 2 semanas, e um período para avaliação de 1 semana. Em seguida existe um novo período lectivo de 5 semanas lectivas e nova disciplina de *Projecto multidisciplinar* durante 2 semanas. A semana de avaliação completa o total de 16 semanas (ver tabela seguinte);

Sem	Disciplinas				Horas			
1	H1		H2		12			
2					12			
3					12			
4					12			
5	D1	D2	D3	D4	12			
6					12			
7					12			
8					12			
9					12			
10	PROJECTO MULTID. 1							
11								
12	Avaliações							
13	D1	D2	D3	D4	12			
14					12			
15					12			
16					12			
17					12			
18	PROJECTO MULTID. 2							
19								
20	Avaliações e Recurso							
21	D5	D6	D7	D8	12			
22					12			
23					12			
24					12			
25					12			
26	PROJECTO MULTID. 3							
27								
28	Avaliações							
29	D5	D6	D7	D8	12			
30					12			
31					12			
32					12			
33					12			
34	PROJECTO MULTID. 4							
35								
36	Avaliações e Recurso							

37	Seminários de CG (Módulos Intensivos)	12
38		12
39		12
40		12

3- **2ª. Fase Curricular:** com a mesma estrutura da anterior mas com uma duração total de 20 semanas, sendo as últimas 4 semanas reservadas à leccionação de *módulos intensivos* integrados na disciplina de *Seminários de CG*, devendo ser completados um mínimo de 4 módulos intensivos;

4- **Dissertação:** um ano no caso do Mestrado.

As disciplinas de homogeneização (H) totalizam 2 UC. As disciplinas obrigatórias e opcionais (D) totalizam 12 UC. As disciplinas de projecto totalizam 4 UC. O Seminário de Computação Gráfica, qualquer que venha a ser a sua estruturação, totaliza 2 UC. Temos assim um total de 20 Unidades de Crédito para a parte lectiva dos cursos.

As disciplinas que constituem o plano curricular proposto para o arranque destes cursos em 20003/2004 são apresentadas em seguida divididas por semestre e com indicação da respectiva área científica.

Homog.	Disciplina	Área Científica
H1	Tópicos de CG	Matemática
H2	Tópicos de Programação e Interacção	Interacção Humano-Computador
1º Semestre		
D1	Modelos Matem. e Algoritmia	Computação Gráfica
D2	Fundamentos de CG	Computação Gráfica
D3	Visão por Computador	Visão por Computador
D4	Realidade Virtual	Realidade Virtual
Projecto1	Projecto Inter-Disciplinar	*
Projecto2	Projecto Inter-Disciplinar	*
2º Semestre		
D5	Modelação Gráfica e Proced.	Computação Gráfica
D6	Iluminação e Fotorealismo	Computação Gráfica
D7	Opção I (1 de 4)	*
D8	Opção II (1 de 4)	*
Projecto3	Projecto Inter-Disciplinar	*
Projecto4	Projecto Inter-Disciplinar	*
Opções		
	Realidade Virtual II	Realidade Virtual
	Animacção	Computação Gráfica
	Sistemas de Imagem Médica	Visualização
	Técnicas Avançadas de IHC	Computação Gráfica
	Psicologia da Visão	Psicologia

Seminários	Exemplos de Temas de Seminário	Área Científica
	Jogos de Computador	Computação Gráfica
	Sistemas de Alto Desempenho para CG	Computação Gráfica
	Metodologia da I&D em TI	Informática
	Percepção de Imagem	Visão

Tabela 1 – Plano Curricular

3.6.- CRÉDITOS POR FASE CURRICULAR E POR ÁREA CIENTÍFICA.

A tabela seguinte apresenta o conjunto de créditos agrupados por cada uma das fases curriculares anteriormente apresentadas, distinguindo os créditos devidos às disciplinas que obedecem a um esquema presencial (leccionação efectiva) dos projectos que, ainda que tenham supervisão, não possuem componente lectiva.

Note-se, no entanto, que se preconiza, em termos de funcionamento, que tais projectos sejam lançados pela equipa docente dessa fase, muito cedo relativamente à fase destinada à sua conclusão e avaliação. Tal filosofia não transparece nos créditos atribuídos por U.C., mas faz parte da contabilização realizada em termos de carga de trabalho do aluno no modelo de créditos ECTS (ver Anexo A).

Fase		EC	UC
Homogeneização		6	2
1ª Fase Curricular			
	Disciplinas (leccionação)	14	6
	Projectos e Avaliação	10	2
2ª Fase Curricular			
	Disciplinas (leccionação)	14	6
	Projectos e Avaliação	10	2
Seminários de CG		6	2
Totais		60	20

Tabela 2 – Créditos por Fases Curriculares

A tabela apresentada a seguir representa a estrutura do curso de forma não temporal mas seguindo uma organização por **áreas científicas**, onde para cada uma das áreas, se indicam os créditos atribuídos a cada uma das disciplinas a essa mesma área anteriormente indexada.

Área	Disciplinas	EC	UC
	Obrigatórias		
Matemática	<i>Tópicos de CG</i>	3	1
Interacção HC	<i>Tópicos de Programação e Interacção</i>	3	1

Computação Gráfica	Modelos Matemáticos e Algoritmia	3,5	1,5
	Fundamentos de CG	3,5	1,5
	Modelação Gráfica e Procedimental	3,5	1,5
	Iluminação e Fotorealismo	3,5	1,5
Visão por Computador	Visão por Computador	3,5	1,5
Realidade Virtual	Realidade Virtual	3,5	1,5
Interdisciplinar	Projecto I	5	1
(com avaliações)	Projecto II	5	1
	Projecto III	5	1
	Projecto IV	5	1
	Seminários de CG	6	2
Totais Obrigat.		53	17
	Opcionais		
	Opção I e II (2 de 5)		
Realidade Virtual	Realidade Virtual II	3,5	1,5
Computação Gráfica	Animação	3,5	1,5
Visualização	Sistemas de Imagem Médica	3,5	1,5
Interacção HC	Técnicas Avançadas de IHC	3,5	1,5
Psicologia	Psicologia da Visão	3,5	1,5
Totais Opções		7	3
Totais Curso		60	20

Tabela 3 – Créditos por Disciplinas

Esta tabela distingue também entre disciplinas obrigatórias e opcionais, tendo ainda em consideração os créditos que são devidos à realização dos projectos interdisciplinares e às avaliações.

Finalmente, apresenta-se a tabela que indica, por **área científica**, os correspondentes créditos:

Área Científica	EC	UC
Matemática	3	1
Psicologia <i>Opcionais</i>	3,5	1,5
Computação Gráfica		
<i>Obrigatórias</i>	17,5	6
<i>Opcionais</i>	3,5	1,5
Interacção Humano Computador		
<i>Obrigatórias</i>	3	1
<i>Opcionais</i>	3,5	1,5
Visão por Computador	3,5	1,5
Visualização <i>Opcionais</i>	3,5	1,5
Realidade Virtual		
<i>Obrigatórias</i>	3,5	1,5
<i>Opcionais</i>	3,5	1,5

Tabela 4 – Créditos por Área Científica

Esta tabela não está normalizada relativamente ao que em geral deve ser apresentado a aprovação cf. a minuta em vigor para cursos de pós-graduação. No entanto, pretende-se que, pelo menos ao nível dos Conselhos Científicos dos departamentos proponentes, os valores reais de créditos sejam perfeitamente claros.

Na tabela final a apresentar em minuta formal, as disciplinas anteriormente consideradas como **interdisciplinares**, que não foram nesta tabela sequer contabilizadas, irão incorporar os créditos da área genérica dos cursos, ou seja, da área científica de informática.

3.7.- CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS E MAPA DE EC.

Ver Anexo A.

3.8.- QUESTÕES DE FUNCIONAMENTO.

Estes cursos funcionarão sob um regime de dois dias por semana, e, por razões logísticas relacionadas com equipamentos e equipa docente, funcionarão em Braga, no Departamento de Informática, e em Guimarães, no Departamento de Sistemas de Informação. Tendo sido estes cursos pensados para funcionarem 2 dias por semana, o escalonamento da leccionação das disciplinas teve já em conta este quadro, tendo já sido encontrada uma solução que permite que num dado dia os alunos tenham toda a formação em Gualtar e no dia seguinte toda a formação em Azurém.

3.9.- DIRECÇÃO DO CURSO.

A Direcção dos Cursos será constituída por 5 elementos. Um Director dos Cursos designado pelos Directores dos Departamentos proponentes, e quatro outros elementos de direcção, dois de cada departamento proponente, igualmente por aqueles designados.

4.- CONDIÇÕES DE ACESSO E CRITÉRIOS DE SELECÇÃO.

4.1.- ACESSO.

A componente escolar do curso está orientada para candidatos com formação prévia em Informática. Também serão considerados candidatos com formação prévia em Matemática/Engenharia, desde que demonstrem possuir capacidade e experiência em informática.

4.2.- SELECÇÃO.

Os candidatos à matrícula nos cursos serão seleccionados pela Comissão Directiva segundo critério por esta definido e aprovado em Conselho Científico da Escola de Engenharia.

4.3.- NUMERUS CLAUSUS.

Propõe-se que inicialmente o número total de alunos seja de 20. Competirá à Comissão Directiva dos cursos, em função das candidaturas apresentadas, determinar em cada ano quantas destas vagas devem ser atribuídas ao curso de Mestrado e quantas ao curso de Especialização.

4.4.- PROPINAS.

A definir pela Comissão Directiva, sendo no entanto desde já de notar que, dadas as necessidades de equipamento de suporte laboratorial aos cursos, o valor destas se possa aproximar bastante do valor máximo actualmente concedido pela FCT para bolsas de Mestrado.

5.- RECURSOS HUMANOS E MATERIAIS.

5.1.- RECURSOS HUMANOS.

5.1.1.- EQUIPA DOCENTE.

Os departamentos de Informática e de Sistemas de Informação possuem um corpo de doutorados capaz de, por si só, garantir a leccionação destes cursos com a excelência pretendida. A disciplina de *Tópicos para CG* poderá posteriormente ter o envolvimento do Departamento de Matemática, caso algum docente deste departamento venha a demonstrar interesse nesta área específica. O Departamento de Electrónica Industrial dará a sua colaboração na disciplina de *Visão por Computador*. Por sua vez, o Instituto de Educação e Psicologia, dado o trabalho já realizado na área, assegurará a leccionação da disciplina opcional de *Psicologia da Visão*.

Conforme a tabela seguinte, apenas indicativa para o arranque dos cursos, conta-se ainda com dois convidados nacionais, especialistas nas matérias que irão leccionar, sendo ainda de esperar a contribuição de outros especialistas nacionais e estrangeiros no programa de módulos intensivos que irá constituir a estrutura da disciplina de *Seminário de Computação Gráfica*.

Nome	Categoria	Observações
<i>Adérito Fernandes Marcos</i>	Prof. Associado	DSI
<i>António Nestor Ribeiro</i>	Assistente	DI (Doutorado em 2002/2003)
<i>António Ramires Fernandes</i>	Prof. Auxiliar	DI
<i>Fernando Mário J. Martins</i>	Prof. Associado	DI
<i>João Álvaro Carvalho</i>	Prof. Associado c/ Agregação	DSI
<i>João Luis Monteiro</i>	Prof. Associado	DEI
<i>Joaquim Jorge</i>	Prof. Associado	IST-UL (convidado)
<i>Jorge Santos</i>	Prof. Associado	IEP
<i>José Carlos Maia Neves</i>	Prof. Catedrático	DI
<i>José Francisco Creissac</i>	Prof. Auxiliar	DI
<i>Luis Paulo Santos</i>	Prof. Auxiliar	DI
<i>Próspero dos Santos</i>	Prof. Associado	FCT-UNL (convidado)
<i>Vitor Silva Sá</i>	Assistente	DSI (Doutorado em 2002/2003)

5.1.2.- EQUIPA NÃO DOCENTE.

A equipa de técnicos de ambos os departamentos permitirão assegurar o bom funcionamento das salas de aulas e dos laboratórios afectos aos cursos.

5.2.- RECURSOS MATERIAIS.

Dado o seu carácter de inovação e de elevada especialização, para além da sua vertente altamente tecnológica e prática, os cursos vão exigir na sua fase de lançamento (os dois primeiros anos do seu funcionamento) investimentos significativos visando:

- *a aquisição equipamento informático genérico que irá constituir os laboratórios genéricos que servirão de suporte à maior parte das disciplinas, para Braga e para Guimarães;*
- *a aquisição de sistemas software específicos para Computação Gráfica, tais como, OpenGL, Maya, 3D StudioMax, Virtual Design2, entre outros; Prevê-se a aquisição de licenças académicas destes sistemas software e, sempre que tal se justificar, o recurso aos meios disponíveis do Centro de Computação Gráfica;*
- *a aquisição de, ou recurso a, equipamento avançado para as áreas tecnologicamente mais complexas como são as áreas da realidade Virtual, da Visão por Computador e da Visualização, tal como, equipamentos de imersão (luvas, capacetes, “tracking systems” e outros);*

Estes investimentos deverão permitir criar 2 laboratórios genéricos para 20 alunos (com hardware genérico capaz e software instalado específico e adequado às necessidades curriculares, um em Braga e outro em Guimarães). Deverão ainda garantir que quer as disciplinas do plano

curricular tecnologicamente mais exigentes, quer os projectos de dissertação de Mestrado, possuirão todas as condições necessárias à sua realização ao mais elevado nível tecnológico.

5.3.- ORÇAMENTAÇÃO.

As receitas previstas incluem, como valor mínimo, os valores respeitantes às matrículas dos estudantes (tendo em consideração 20 alunos), estimando-se que, por esta via, se possa obter uma receita de cerca de **42.500 Euros** (8.500 contos).

São também previstos patrocínios empresariais que, numa fase inicial, se estimam em cerca de **10.000 Euros** (2.000 contos).

É também de prever que ambos os Departamentos proponentes possam contribuir com dotações especiais para a fase de arranque, dadas as características particulares do curso e a clara aposta de inovação a que ambos os Departamentos se comprometeram. Assim, laboratórios poderão ser partilhados entre cursos existentes e o que aqui se propõe, reduzindo substancialmente os custos de instalação.

Adicionalmente, estão já em vigor, e continuarão a estar até ao arranque efectivo do curso, diversas negociações com algumas empresas que são potenciais patrocinadoras através de mecanismos a analisar, por exemplo, a concessão de licenças de “software” que, para a área da Computação Gráfica é, em geral, bastante oneroso, o pagamento da publicidade do curso associando-se as empresas à sua promoção, e outros.

Numa primeira análise os encargos previstos são os seguintes:

- **Divulgação do Curso: (10.000 Euros – 2.000 contos);**
Dada a inovação da proposta, pretende-se realizar um razoável investimento nas acções de divulgação do curso, até mesmo no estrangeiro, em especial Espanha-Galiza, Brasil e PALOPs;
- **Docentes Convidados: (10.000 Euros – 2.000 contos);**
2 docentes nacionais convidados por 10 semanas lectivas;
3 docentes nacionais convidados por 1 semana lectiva;
3 docentes internacionais convidados por 1 semana lectiva;
- **Laboratórios e Equipamento: (7.500 Euros – 1.500 contos);**
Os laboratórios, quer em Braga quer em Guimarães poderão, numa fase de instalação, ser partilhados com laboratórios já existentes e que servem outros cursos de mestrado e especialização. Assim a verba apresentada corresponde a verba de manutenção de tais equipamentos. Espera-se, após a fase de instalação, poder comprar ou simplesmente alugar equipamento

sofisticado que é essencial, por exemplo, para a realização dos trabalhos de dissertação.

- **Software (licenças, etc.): (7.500 Euros – 1.500 contos);**
Este valor já pressupõe alguns apoios de concessão de licenças de “software”, neste momento considerados como quase certos.
- **Consumíveis e Correntes: (5.000 Euros – 1.000 contos);**
- **Bibliografia: (7.500 Euros – 1.500 contos);**
Dada a escassa bibliografia da especialidade existente na Biblioteca da U.M., torna-se muito importante realisar um esforço financeiro razoável nos primeiros anos do curso no sentido de, rapidamente, se criar uma biblioteca específica com um conjunto significativo de obras.

Temos portanto, numa primeira análise, uma orçamentação equilibrada que permite garantir que o curso agora proposto é financeiramente auto-suficiente, não acarretando quaisquer encargos adicionais para a Universidade do Minho.

ANEXO A

ESTRUTURA CURRICULAR E MAPA DE ECTS

ANEXO B

PARECERES EXTERNOS

DOSSIER DE INFORMAÇÃO DO CURSO

1.- INTRODUÇÃO.

Apresenta-se em seguida a Estrutura do Curso seguindo um esquema de contabilização de créditos baseado em unidades EC, tendo sido usado como documento de referência o documento produzido pelo Grupo de Missão para a Qualidade do Ensino-Aprendizagem produzido no âmbito do Conselho Académico da U.M., de referência Cac-230/01 de 5 de Novembro de 2001.

As ideias fundamentais recolhidas em tal documento e que serviram de guião para a apresentação destes novos cursos são em seguida enumeradas:

1. Os créditos EC representam, sob a forma de um valor numérico, atribuído a cada módulo, a quantidade de trabalho que cada módulo exige relativamente ao volume global de trabalho necessário para concluir com êxito um ano de estudos;
2. No âmbito do ECTS o volume de trabalho de um ano de estudos corresponde a 60 créditos e um semestre a 30 créditos;
3. Um ano de estudos corresponde a 2 semestres; 1 semestre corresponde a 20 semanas, tendo cada semana uma carga de trabalho de 40 horas; 1 semestre terá 800 horas e um ano lectivo terá 1600 horas;
4. Pode haver uma distribuição desigual de créditos entre os semestres de um mesmo ano, desde que o total seja 60;
5. Devem ser atribuídos créditos a todos os módulos, entendendo-se como módulo uma unidade curricular sujeita a avaliação, incluindo projectos, estágios, dissertações, etc.
6. Os créditos EC medem o volume de trabalho de uma forma relativa, indicando apenas a fracção de trabalho que um módulo exige relativamente ao volume de trabalho anual (expresso numa escala de 1 a 60), não devendo ter relação com o grau de dificuldade associado a cada módulo;
7. É expressamente recomendado que não se utilizem casas decimais para o número de créditos EC, ou, a utilizar, que se limite esta precisão às meias unidades.

2.- DIAGRAMA DE ESTRUTURA DO CURSO – EC.

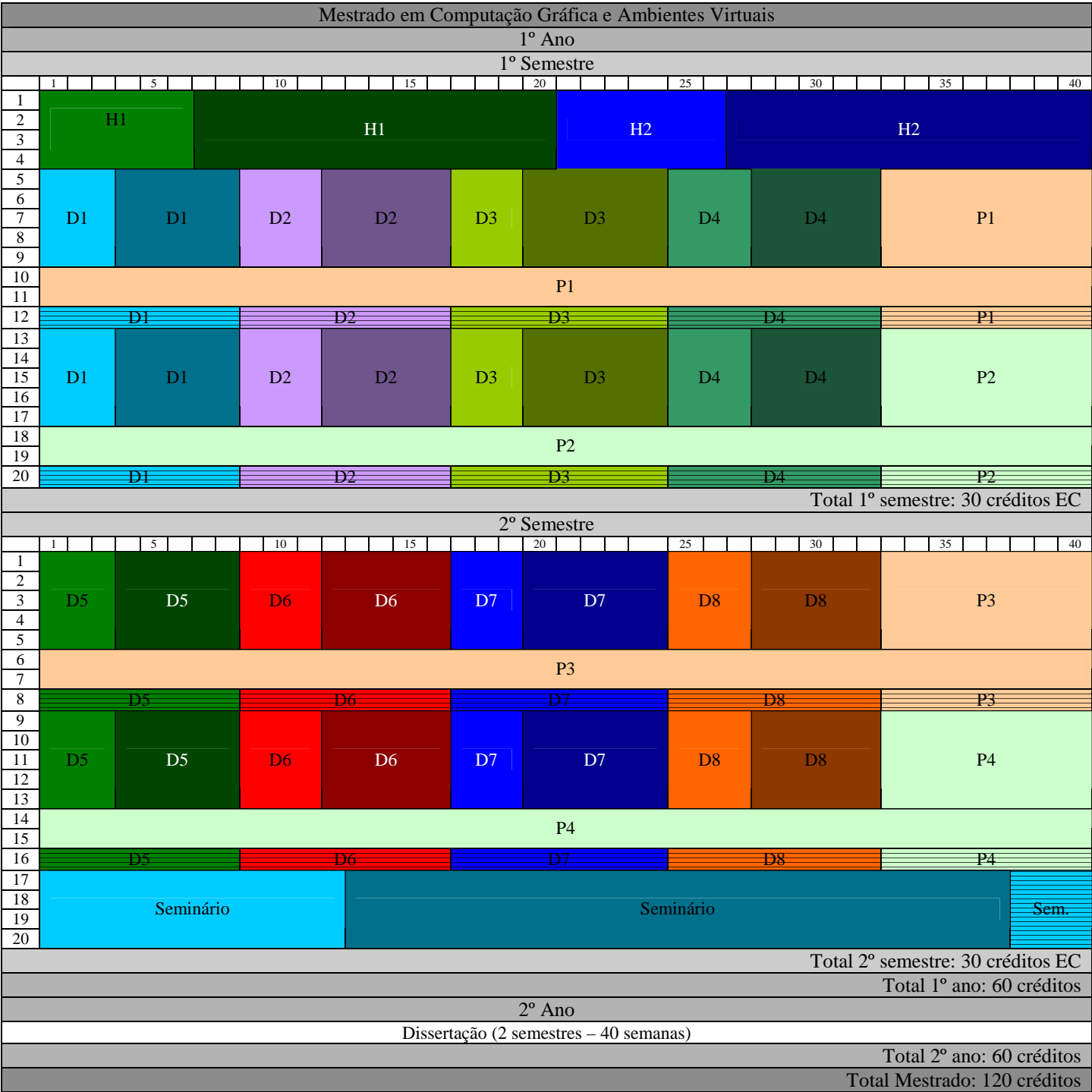


Tabela 1 - Diagrama de Estrutura do curso

Cores e Padrões	Observações
<div></div>	Período Lectivo
<div></div>	Estudo, Recolha bibliográfica e Trabalho Laboratorial
<div></div>	Estudo e Avaliação
<div></div>	Projecto Multi-Disciplinar Orientado

Tabela 2 - Cores e Padrões

Código	Designação	Horas	Créditos	Créditos EC
H1	Tópicos de Computação Gráfica	80		3
H2	Tópicos de Programação e Interacção	80		3
D1	Modelos Matemáticos e Algoritmia para Computação Gráfica	96		3,6 (~ 3,5)
D2	Fundamentos de Computação Gráfica	96		3,6 (~ 3,5)
D3	Visão por Computador	96		3,6 (~ 3,5)
D4	Realidade Virtual	96		3,6 (~ 3,5)
P1	Projecto Multidisciplinar 1	128		4,8 (~ 5)
P2	Projecto Multidisciplinar 2	128		4,8 (~ 5)
1º semestre - Totais		800		30
D5	Modelação Gráfica e Procedimental	96		3,6 (~ 3,5)
D6	Iluminação e Foto-Realismo	96		3,6 (~ 3,5)
D7	Opção 1	96		3,6 (~ 3,5)
D8	Opção 2	96		3,6 (~ 3,5)
P3	Projecto Multidisciplinar 3	128		4,8 (~ 5)
P4	Projecto Multidisciplinar 4	128		4,8 (~ 5)
Sem	Seminários de Computação Gráfica	160		6
2º semestre - Totais		800		30
1º ano- Totais		1600		60
2º ano- Totais		1600		60
Mestrado em Computação Gráfica e Ambientes Virtuais		3200		120

Tabela 3 - Designação, carga horária e créditos dos módulos.

3.- MÓDULOS – DESCRIÇÃO INDIVIDUAL.

Tópicos de Computação Gráfica	Semestre: 1º Código: H1 Carga horária: 80 horas Carga lectiva: 24 horas Créditos EC: 3 Módulo Obrigatório
Docente responsável: <i>Adérito Fernandes Marcos</i> Dep. de Sistemas de Informação Escola de Engenharia Universidade do Minho Tel. : + 351 253 510147 Fax.: + 351 253 510254 marcos@dsi.uminho.pt	
Programa resumido: A Era do Computador. O início da Computação Gráfica. CRT e Rato: dispositivos precursores da interacção gráfica. Os Pioneiros e as Aplicações. GKS e PHIGS. Introdução da CG nos currícula. EUROGRAPHICS e SIGGRAPH. Os processos de Normalização. Perspectivas actuais da CG. Vectores e Matrizes; Métodos Numéricos; Operadores Booleanos; Geometria Elementar; Polígonos e Poliedros; Geometria Analítica: Aplicações (multi)lineares; Espaços Euclidianos; Transformações Geométricas.	
Bibliografia: <ul style="list-style-type: none">Foley, van Dam, Feiner and Hughes, “Computer Graphics, Principles and Practice”, Addison-Wesley Publishing Company, ISBN: 0-201-84840-6, 1996;Mortenson, M.E, “Computer Graphics Handbook – Geometry and Mathematics”, Industrial Press Inc., ISBN 0-8311-1002-3, 1990;	

<p style="text-align: center;">Tópicos de Programação e Interacção</p>	<p>Semestre: 1º Código: H2 Carga horária: 80 horas Carga lectiva: 24 horas Créditos EC: 3 Módulo Obrigatório</p>
<p>Docente responsável: <i>Fernando Mário J. Martins/António Nestor Ribeiro</i> Dep. de Informática Escola de Engenharia Universidade do Minho</p> <p style="text-align: right;">Tel. : + 351 253 604430 Fax.: + 351 253 604471 fmm@di.uminho.pt anr@di.uminho.pt</p>	
<p>Programa resumido:</p> <p>O Paradigma da Programação Orientada aos Objectos. Encapsulamento. Mensagens, Objectos e Classes. Hierarquia de Classes e Herança. Polimorfismo. Tipos estáticos e dinâmicos. Classes Abstractas e Interfaces. Classes Genéricas. Contentores e Iteradores. Persistência em ambientes por Objectos. Ficheiros, Streams, ObjectStreams. Sintaxe das linguagens C++ e JAVA. Comparação final entre C++ e JAVA. História e Fundamentos da Interacção Humano-Computador. Contextos actuais da IHC. Desenvolvimento centrado no utilizador e avaliação. Desenho de Interfaces Gráficas. Aspectos de IHC para sistemas multimédia. Aspectos de IHC para sistemas colaborativos, cooperativos e de comunicação. Interfaces Humano-Computador e Use Cases. Prototipagem de IHC.</p>	
<p>Bibliografia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pedro Guerreiro, “Programação com Classes em C++”, FCA-Editora, Série Tecnologias de Informação, ISBN-972-722-204-8, Outubro de 2000; • F. Mário Martins, “Programação Orientada aos Objectos em JAVA2 –2ª. Edição”, FCA-Editora, Série Tecnologias de Informação, ISBN-972-722-196-3, Setembro de 2001. • Martin Helander, et al., “Handbook of Human-Computer Interaction”, North-Holland, ISBN 0-444-81876-6, 1997. • Jenny Preece, et al., “Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction”, John Wiley&Sons, Inc., ISBN 0-471-49278-7, 2002. 	

<p style="text-align: center;">Métodos Matemáticos e Algoritmia para a Computação Gráfica</p>	<p>Semestre: 1º Código: D1 Carga horária: 96 horas Carga lectiva: 30 horas Créditos EC: 3,5 Módulo Obrigatório</p>
<p>Docente responsável: <i>Adérito Fernandes Marcos</i> Dep. de Sistemas de Informação Escola de Engenharia Universidade do Minho</p> <p style="text-align: right;">Tel. : + 351 253 510 147 Fax.: + 351 253 510 254 marcos@dsi.uminho.pt</p>	
<p>Programa resumido: Hardware gráfico: Arquitectura típica dos sistemas gráficos; Arquitectura Vector; Arquitectura Raster; Geometria da representação no Ecrã: Sistemas de coordenadas no ecrã; Janela e Viewport; Pixels e Resolução; Primitivas 2D: Geração raster segmentos de recta: algoritmos DDA, Bresenham, Ponto-Médio; Algoritmos Bresenham e Ponto-Médio para geração de circunferências; geração de caracteres; efeito aliasing; Preenchimento de Áreas: Rectângulos, Arestas horizontais, Slivers, Algoritmos Boundary-Fill e Flood-Fill Recorte 2D: Algoritmo geral de recorte de linhas; Algoritmos de Cohen Sutherland e Sutherland Hodgman; Visualização Bi- e Tridimensional: Transformações geométricas: translação, rotação, variação de escala, composta; Sistema de coordenadas homogéneas; Transformação Janela-Viewport; Matemática das projecções ortogonal e perspectiva; Extensão 3D do algoritmo Cohen-Sutherland; Representação de Curvas e Superfícies: Malhas poligonais; Curvas cúbicas paramétricas (Curvas Hermite, Bézier, B-Splines, NURBS); Superfícies Cúbicas Paramétricas a 2 variáveis (Superfícies Hermite, Bézier, B-Spline); Superfícies Quadráticas; Representação de Sólidos: Modelos matemáticos versus representação raster; Definição de sólido; Operações booleanas sobre sólidos; Modelos de representação de sólidos: Instanciação de primitivas, Varrimento simétrico, Hiperpilha, Condições de Fronteira (b-reps), Decomposição Espacial (enumeração espacial, octrees, bsp, csg).</p>	
<p>Bibliografia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mortenson, M.E, “Computer Graphics Handbook – Geometry and Mathematics”, Industrial Press Inc., ISBN 0-8311-1002-3, 1990; • Foley, van Dam, Feiner and Hughes, “Computer Graphics, Principles and Practice”, Addison-Wesley Publishing Company, ISBN: 0-201-84840-6, 1996; 	

<p style="text-align: center;">Fundamentos de Computação Gráfica</p>	<p>Semestre: 1º Código: D2 Carga horária: 96 horas Carga lectiva: 30 horas Créditos EC: 3,5 Módulo Obrigatório</p>
<p>Docente responsável: <i>António Ramires Fernandes</i> Dep. de Informática Escola de Engenharia Universidade do Minho</p> <p style="text-align: right;">Tel. : + 351 253 604430 Fax.: + 351 253 604471 af@di.uminho.pt</p>	
<p>Programa resumido: Introdução à API do OpenGL. Contexto histórico. Bibliotecas relacionadas. Sistemas de coordenadas e transformações geométricas. Primitivas gráficas do OpenGL e GLUT. Texturas: Aplicação de imagens a polígonos; coordenadas de texturas, matrizes de texturas. Filtros e outras opções existentes em OpenGL. Mipmapping. Iluminação: Tipos de luzes, componentes da luz, modos de shading: Flat, Gourard e Phong. Simulação de Iluminação. Técnicas de representação de polígonos e sua influência na performance: Display Lists, Vertex Arrays. Análise de performance e detecção de bottlenecks. Texturas Avançadas - Environment mapping, Cube Mapping, Multitexturing, Texturas, Estudo de Algumas Extensões. Níveis de detalhe - Mecanismos de controle do nível de detalhe QuadTrees, OctTrees. BSPs, Portais. Colisões. Técnicas para efeitos gráficos, por exemplo: Billboarding, Lens Flare, Reflexões (Stencil Buffer).</p>	
<p>Bibliografia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • OpenGL Programming Guide, Version 1.2 (3rd Edition), Addison-Wesley Pub Co; ISBN: 0201604582; 3rd edition (August 6, 1999); • Interactive Computer Graphics: A Top-Down Approach with OpenGL (2nd Edition), Edward Angel, Addison-Wesley Publishing; ISBN: 020138597X; 2nd edition (August 1999); • Real-Time Rendering, Tomas Moller, Eric Haines, A K Peters Ltd; ISBN: 1568811012; 1 edition (June 15, 1999); • 3D Computer Graphics (3rd Edition), Alan H. Watt, Addison-Wesley Pub Co; ISBN: 0201398559; 3rd edition (December 1999); 	

<p style="text-align: center;">Visão por Computador</p>	<p>Semestre: 1º Código: D3 Carga horária: 96 horas Carga lectiva: 30 horas Créditos EC: 3,5 Módulo Obrigatório</p>
<p>Docente responsável: João Luis Monteiro Dep. Electrónica Industrial Escola de Engenharia Universidade do Minho</p> <p style="text-align: right;">Tel. : + 351 253 510196 Fax.: + 351 253 510189 Joao.Monteiro@dei.uminho.pt</p>	
<p>Programa resumido:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sistemas de Visão <ul style="list-style-type: none"> - Introdução. Evolução histórica. - Sistema genérico de visão por computador. - Áreas de intervenção de sistemas de visão. 2. Formação de Imagem e Aquisição <ul style="list-style-type: none"> - Técnicas de Dominação. Óptica. - Sistemas de Aquisição - Imagem Digital: Resolução espacial e tonal. Conectividade e métricas. 3. Representação de Imagem <ul style="list-style-type: none"> - Espaços de cor. - Transformação de espaços de cor. 4. Calibração dos sistemas de visão /Image Restoration <ul style="list-style-type: none"> - Correção de distorções e de focagem. - Calibração e correspondência dimensional. " - Eliminação de ruído repetitivo (inerente ao processo de aquisição) - Correção de intensidade da resposta do sensor. 5. Melhoramento de Imagem <ul style="list-style-type: none"> - Operações sobre imagens: Ponto-a-ponto; Locais; Globais. - Eliminação de ruído: Combinação de Imagens; Filtros: Espaciais e de frequências. - Segmentação: Histograma; Binarização; Extracção de regiões. - Operações Morfológicas 6. Análise de Imagem <ul style="list-style-type: none"> - Codificação e representação de regiões: Rle, Chain code, aproximações poligonais. - Análise dimensional. - Análise de textura. - Reconhecimento de padrões. 7. Apresentação e Discussão de Casos <ul style="list-style-type: none"> - Exemplos nos sectores industriais nacionais. - Critérios para a selecção de soluções. 	
<p>Bibliografia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Davies, E.R., "Machine Vision: Theory, Algorithm, Practicalities", 2nd. Edition, Academic Press, SanDiego, ISBN: 0-12-206092-X, 1997; • Bernd Jahne, "Practical Handbook on Image Processing for Scientific Applications", CRC Press, ISBN: 0-8493-8906-2, 1997; 	

<p style="text-align: center;">Realidade Virtual</p>	<p>Semestre: 1º Código: D4 Carga horária: 96 horas Carga lectiva: 30 horas Créditos EC: 3,5 Módulo Obrigatório</p>
<p>Docente responsável: <i>Adérito Fernandes Marcos/Vitor Sá</i> Dep. de Sistemas de Informação Escola de Engenharia Universidade do Minho</p> <p style="text-align: right;">Tel. : + 351 253 510 147 Fax.: + 351 253 510 254 marcos@dsi.uminho.pt vjs@dsi.uminho.pt</p>	
<p>Programa resumido: Conceitos e definições fundamentais; Exemplo da Navegação em Mundos Virtuais na World Wide Web; Ambientes imersivos; Interação e Interface Humano-Computador em Ambientes imersivos; Programação e Modulação para Realidade Virtual; Sistemas de Coordenadas e Transformações no espaço; Texto e Tipos de objectos geométricos; Construção de Objectos por agrupamento Geometrias pré-definidas, pontos, linhas, faces, extrusões e terrenos, Cores Texturas, Luz, som e efeitos especiais; Interação e Animação: estudo de vários paradigmas de interação imersiva; Prática de utilização de ambientes imersivos;</p>	
<p>Bibliografia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • J. Vacca, “Virtual Reality – Strategies for Intranet and Word Wide Web Applications”, Comp. Techn. Research Corp., ISBN 1-56607-971-3, 1996; • Rory Stuart, “The Design of Virtual Environments”, Barricade Books, ISBN 1-56980-207-6, 2001; • John Vince, “Essential Virtual Reality Fast: How to Understand the Techniques and Potential of Virtual Reality”, Springer Verlag, ISBN 1-85233-012-0, 1998; • Rikk Carey, Gavin Bell, “The Annotated VRML 2.0 Reference Manmual”, Addison-Wesley, ISBN 0-201-41974-2, 1997; 	

<p style="text-align: center;">Modelação Gráfica e Procedimental</p>	<p>Semestre: 2º Código: D5 Carga horária: 96 horas Carga lectiva: 30 horas Créditos EC: 3,5 Módulo Obrigatório</p>
<p>Docente responsável: <i>António Ramires Fernandes</i> Dep. de Informática Escola de Engenharia Universidade do Minho</p> <p style="text-align: right;">Tel. : + 351 253 604430 Fax.: + 351 253 604471 af@di.uminho.pt</p>	
<p>Programa resumido: Ferramentas de modelação 3D. Primitivas e Superfícies. Modelação paramétrica. Materiais e Iluminação. Scripting. Terrenos - Geração artificial. Algoritmo das linhas, Particle Deposition, Midpoint displacement, Fractal Brownian Motion com Perlin Noise. Turbulencia. Multifractais.Sistemas de Partículas - Características de uma partícula. Breve revisão da Física: velocidade, aceleração, forças. Gestores de sistemas de partículas. Texturas Procedimentais 2D e 3D: Perlin e Worley. Sistemas Fractais baseados em gramáticas: L-Systems.</p>	
<p>Bibliografia:</p> <ul style="list-style-type: none"> Texturing and Modeling, David S. Ebert, F. Kenton Musgrave, Darwyn Peachey, Ken Perlin, Steven Worley, Morgan Kaufmann Publishers; ISBN: 0122287304; 2nd edition (September 15, 1998); 	

<p style="text-align: center;">Iluminação e Foto-realismo</p>	<p>Semestre: 2º Código: D6 Carga horária: 96 horas Carga lectiva: 30 horas Créditos EC: 3,5 Módulo Obrigatório</p>
<p>Docente responsável: <i>Luís Paulo Peixoto dos Santos</i> Dep. de Informática Escola de Engenharia Universidade do Minho</p> <p style="text-align: right;">Tel. : + 351 253 604439 Fax.: + 351 253 604471 psantos@di.uminho.pt http://www.di.uminho.pt/~psantos</p>	
<p>Programa resumido: Modelos de iluminação locais e globais, empíricos e baseados na física (Phong e Cook-Torrance); Mecanismos de transporte de luz; A equação de <i>rendering</i>; Ray tracing, radiosidade e a combinação dos dois; <i>Aliasing</i> e técnicas de <i>anti-aliasing</i>; <i>Distributed Ray Tracing</i>; Análise quantitativa do foto-realismo de uma imagem.</p>	
<p>Bibliografia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Watt, Alan and Watt, Mark; “Advanced Animation and Rendering Techniques: Theory and Practice”; Addison-Wesley; ISBN 0-201-54412-1; 1992 • Chalmers A.G., McNamara A., Daly S., Myszkowski K., Rushmeier H., Troscianko T.; “Seeing is Believing: Reality Perception in Modeling, Rendering and Animation”; SIGGRAPH 2001 Course, 21, 180 pages, ACM SIGGRAPH, August 2001. • Chalmers A.G., McNamara A., Daly S., Myszkowski K., Troscianko T.; “Image Quality Metrics”, SIGGRAPH 2000 Course, 44, 117 pages, ACM SIGGRAPH, July 2000. 	

Animação

Semestre: 2º

Código: D7/D8

Carga horária: 96 horas

Carga lectiva: 30 horas

Créditos EC: 3,5

Módulo Opcional

Docente responsável:

Luís Paulo Peixoto dos Santos

Tel. : + 351 253 604430

António Ramires Fernandes

Fax.: + 351 253 604471

Dep. de Informática

psantos@di.uminho.pt

Escola de Engenharia

af@di.uminho.pt

Universidade do Minho

<http://www.di.uminho.pt/>

Programa resumido:

- História da Animação por Computador
- Interpolação e Técnicas Básicas
 - Função de interpolação
 - Controlo de movimento ao longo de uma curva
 - Interpolação de rotações
 - Path Following
 - Key-Frame systems
 - Deformação de objectos
- Técnicas Avançadas
 - Modelos cinemáticos hierárquicos
 - Simulação de corpos rígidos
 - Sistemas de partículas
 - Comportamento autónomo
 - Superfícies implícitas
- Fenómenos Naturais
 - Plantas
 - Água
 - Fogo
- Figuras Articuladas
 - Braços
 - Locomoção
 - Animação facial
 - Seres humanos virtuais

Bibliografia:

- Watt, Alan and Watt, Mark; “Advanced Animation and Rendering Techniques: Theory and Practice”; Addison-Wesley; ISBN 0-201-54412-1; 1992
- Parent, Rick; “Computer Animation: Algorithms and Techniques”; Morgan Kaufmann Publishers; ISBN 1-55860-579-7; 2001

<p style="text-align: center;">Realidade Virtual II</p>	<p>Semestre: 2º Código: D7/D8 Carga horária: 96 horas Carga lectiva: 30 horas Créditos EC: 3,5 Módulo Opcional</p>
<p>Docente responsável: <i>Adérito Fernandes Marcos</i> Dep. de Sistemas de Informação Escola de Engenharia Universidade do Minho</p> <p style="text-align: right;">Tel. : + 351 253 510 147 Fax.: + 351 253 510 254 marcos@dsi.uminho.pt</p>	
<p>Programa resumido: Conceitos avançados de aplicação de Realidade Virtual: Realidade Aumentada e Misturada; Visualizar e Navegar em 3D misturado; Introdução aos Dispositivos de Interação e Interface Humano-Computador para Realidade Aumentada e Realidade Misturada; Estudo de Casos (Exemplos de Aplicação na Herança Cultural, Indústria, Laser, Arte Digital); Programação e Modelação para Realidade Aumentada: Modelação de Objectos; Texturas e Mapeamento; Iluminação e Câmaras; Animação; Conceitos e Tecnologias Avançadas: Som 3D, Efeito Calor (Haptic); Análise e Discussão do estado-da-arte da Realidade Virtual;</p>	
<p>Bibliografia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • J. Vacca, “Virtual Reality – Strategies for Intranet and Word Wide Web Applications”, Comp. Techn. Research Corp., ISBN 1-56607-971-3, 1996; • Rory Stuart, “The Design of Virtual Environments”, Barricade Books, ISBN 1-56980-207-6, 2001; • John Vince, “Essential Virtual Reality Fast: How to Understand the Tecniques and Potential of Virtual Reality”, Springer Verlag, ISBN 1-85233-012-0, 1998; • Rikk Carey, Gavin Bell, “The Annotated VRML 2.0 Reference Manual”, Addison-Wesley, ISBN 0-201-41974-2, 1997; • Elizabeth Churchill Ed. et al., “Collaborative Virtual Environments”, Springer Verlag, ISBN 1-85233-244-1, 	

<p style="text-align: center;">Técnicas Avançadas de IHC</p>	<p>Semestre: 2º Código: D7/D8 Carga horária: 96 horas Carga lectiva: 30 horas Créditos EC: 3,5 Módulo Opcional</p>
<p>Docente responsável: <i>Joaquim Jorge (DEEC-IST-UTL)</i> <i>José Creissac (DI-UM)</i></p> <p style="text-align: right;">Tel. : + 351 253 604430 Fax.: + 351 253 604471 Joaquim.Jorge@inesc.pt jose.campos@di.uminho.pt</p>	
<p>Programa resumido:</p> <p>Interação Humano-Computador no novo milénio. Modelos, Teorias e “Frameworks”. Métodos e Conceitos relativos à Usabilidade das IHC. Modelos cognitivos para avaliação das Interfaces com o Utilizador. Tecnologia software para a criação de Interfaces com o Utilizador: Passado, Presente e Futuro. Interação Holística. Interação Interfaces com o Utilizador no contexto do “groupware”, da colaboração e dos processos sociais. Integração entre Computadores e Ambientes Reais.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Computação Ubíqua; • Computação Situacional; • “Roomware”; • Interfaces “tangíveis”; • “Haptic user interfaces”; <p>Aspectos avançados de IHC para sistemas colaborativos, cooperativos e sociais. IHC e Sociedade: Síntese e conclusões.</p>	
<p>Bibliografia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • John M. Carroll, “Human-Computer Interaction in the New Millenium”, Addison-Wesley, ISBN 0-201-70447-1, November, 2001. • Mary Beth Rosson, John M. Carroll, “Usability Engineering: Scenario-based Development of Human-Computer Interaction”, Morgan Kaufmann, ISBN 1558607129, October, 2001. • Jenny Preece, et al., “Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction”, John Wiley&Sons, Inc., ISBN 0-471-49278-7, 2002. 	

<p style="text-align: center;">Sistemas de Imagem Médica</p>	<p>Semestre: 2º Código: D7/D8 Carga horária: 96 horas Carga lectiva: 30 horas Créditos EC: 3,5 Módulo Opcional</p>
<p>Docente responsável: José Carlos Maia Neves Dep. de Informática Escola de Engenharia Universidade do Minho</p> <p style="text-align: right;">Tel. : + 351 253 604430 Fax.: + 351 253 604471 jneves@di.uminho.pt</p>	
<p>Programa resumido: Visão Computacional baseada em Conhecimento.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Técnicas heurísticas de verificação de consistência e segmentação de imagens.</i> • <i>Técnicas de análise baseadas em configuração.</i> <p>Tratamento Inteligente de Imagens Radiológicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Redes Neurais aplicadas à análise de Imagens: Métodos e Técnicas.</i> • <i>Métodos específicos.</i> • <i>Controlo Inteligente dos Processos de Análise.</i> <p>Processamento remoto de Imagens Médicas.</p> <p>Agentes Inteligentes e Distribuição na análise de Imagens Médicas.</p> <p>Bancos de Dados de Imagens Médicas.</p>	
<p>Bibliografia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • M. Mohammadian, Ed., “Computational Intelligence for Modelling, Control Strategies and Automation Vols 1-3: Neural Networks & Advanced Control Strategies; Evolutionary Computation & Fuzzy Logic ...”, IOS Press, ISBN 9051994761, 1999. • W.J.Nielsen & M.A.Viergever (Eds.), “Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention-MICCAI 2001”, Proc.of the 4th. International Conference, Utrech, Netherlands, October, 2001, Springer Verlag, ISBN 3540426973, Oct. 2001. 	

<p style="text-align: center;">Psicologia da Visão</p>	<p>Semestre: 2º Código: D7/D8 Carga horária: 96 horas Carga lectiva: 30 horas Créditos EC: 3,5 Módulo Opcional</p>
<p>Docente responsável: <i>Jorge Santos</i> Dep. de Psicologia Instituto de Educação e Psicologia Universidade do Minho</p> <p style="text-align: right;">Tel. : + 351 253 604240 Fax.: + 351 253 678987 jsantos@iep.uminho.pt</p>	
<p>Programa resumido: Capacidades e ineficiências dos mecanismos de Visão do ser Humano. Mecanismos cognitivos associados aos mecanismos humanos de Visão de imagens reais. Problemas de cognição relativos à Visão de imagens sintetizadas por computador. Reconhecimento de texturas, formas e objectos. Visão espacial e temporal. Percepção de movimento e espaço.</p>	
<p>Bibliografia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Shimon Ullman, “High-Level Vision: Object recognition and Visual cognition”, MIT Press, ISBN 0262210134, July, 1996. • David M. Regan, “Human Perception of Objects”, Sinauer Assoc., ISBN 0878937536, March, 2000. 	