

Uma Interface de Parametrização e Visualização para o programa *FastComp*

Resumo. O *FastComp* é uma ferramenta computacional para determinação das forças que uma junta compósita aparafusada sujeita a cargas multiaxiais suporta até se dar a ruptura. O propósito principal do presente trabalho foi o desenvolvimento de uma interface gráfica para o referido programa que permita uma interacção agradável e intuitiva com o mesmo, e também a visualização dos resultados por ele obtidos. Assim, tendo por base os princípios de uma boa interacção homem/máquina, foi desenvolvido um programa computacional através de tecnologias interligadas (*VTK* e *C#*), de forma a obter uma interface eficiente, eficaz e de bom desempenho.

Palavras-chave: Interface gráfica; interacção homem/máquina; visualização; *VTK*; *C#*.

1. Introdução

A principal razão de ser da Visualização Científica é a transformação de elevados volumes de dados em imagens. No entanto, o sucesso da visualização não depende somente dos resultados que produz, mas também do ambiente no qual é realizada. Esse ambiente é determinado não só pelo *hardware* utilizado, que impõe restrições na velocidade do processo de visualização e no volume de dados a considerar, mas também pelo *software* de visualização usado.

A visualização não revolucionará a engenharia, a medicina ou as finanças, se os seus utilizadores não a puderem usar de forma fácil e eficiente. A tecnologia deve chegar aos utilizadores tendo em atenção as suas necessidades concretas. Assim, se os usuários não forem envolvidos no processo de desenvolvimento, criam-se sistemas inúteis, daí a importância de uma interface gráfica construída sobre os alicerces de uma boa interacção homem/máquina. A interface define o modo como o utilizador interage com um programa, por isso deve ser fácil de utilizar mas eficaz, intuitiva mas eficiente. Uma boa interface complementa adequadamente o potencial de um programa computacional.

O propósito principal deste trabalho (Gonçalves, 2005) foi o desenvolvimento de uma interface gráfica para o programa computacional *FastComp* (Portela & Melro, 2004). Este programa tem vindo a ser desenvolvido no Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, constituindo uma ferramenta computacional que permite determinar as forças a que uma junta compósita aparafusada sujeita a cargas multiaxiais suporta até se dar a ruptura. O desenvolvimento de uma interface gráfica para o *FastComp* teve por objectivos principais permitir uma interacção agradável e intuitiva com o referido programa e uma visualização adequada dos resultados finais obtidos pelo mesmo de

modo a facilitar a sua análise.

Na secção seguinte, é apresentada uma análise dos princípios e aplicações do *FastComp*. A terceira secção aborda as tecnologias utilizadas no desenvolvimento da interface pretendida, nomeadamente: a linguagem de programação *C#*, a biblioteca gráfica *VTK* e o *wrapper* que torna possível a interacção das anteriores. A quarta secção introduz os pontos a considerar no desenvolvimento de uma interface como uma adequada interacção homem/máquina e a secção seguinte apresenta a interface desenvolvida. Finalmente, a sexta secção aborda resumidamente a avaliação da interface levada a cabo por alguns utilizadores. Conclusões e propostas para futuros desenvolvimentos são o assunto da última secção deste artigo.

2. *FastComp*

O número de aplicações dos materiais compósitos é cada vez maior. O facto de apresentarem um bom comportamento mecânico em ambientes corrosivos e sob solicitações de fadiga, as elevadas resistência e rigidez e o peso reduzido, são os principais factores que contribuem para a crescente procura de compósitos nos mais diversos domínios da engenharia (Oliveira & Creus, 2000).

Na indústria aeronáutica, a utilização destes materiais já se vulgarizou. A *ESA – European Space Agency*, por exemplo, utiliza materiais compósitos na construção dos conhecidos foguetões *Ariane*. Nestes foguetões, os vários componentes cilíndricos que constituem a estrutura são ligados por intermédio de juntas aparafusadas. É exactamente nessas juntas, mais propriamente nos furos para os parafusos de ligação, que os compósitos apresentam maiores problemas: podem ocorrer rupturas (Portela & Melro, 2004).

Como já referido, o *FastComp* é uma ferramenta computacional que analisa uma junta compósita dupla de um só parafuso sujeita a cargas aplicadas nas placas e no parafuso. Assim, dadas as cargas aplicadas, a geometria das placas, as especificações do laminado e as propriedades elásticas e mecânicas dos materiais envolvidos, o programa determina não só os campos de tensões e de deformações em torno do furo do parafuso, mas também a carga e o modo de ruptura da junta.

Deve-se referir que até à conclusão deste trabalho não existia nenhuma interface gráfica adequada para parametrizar a aplicação do *FastComp*, nem para visualizar e analisar os resultados obtidos pelo mesmo.

3. Ferramentas de Desenvolvimento

3.1. *C#*

Este trabalho foi realizado com recurso ao ambiente de desenvolvimento *Visual Studio .NET 2002*, utilizando como linguagem de implementação o *C#* (Sharp & Jagger, 2003), uma linguagem de programação orientada para objectos que incorpora elementos de *C*, *C++*, *Java* e *Pascal*, entre outros (Gonçalves, 2005).

Embora as quatro linguagens suportadas directamente pela plataforma *.NET* (*C#*, *Visual Basic .NET*, *C++* e *JavaScript*) sejam bastante eficientes, o *C#* é a linguagem de referência da *.NET*, pois foi desenvolvida de base para funcionar na nova plataforma, sem preocupações de compatibilidade com código já existente (Petzold, 2002).

Trata-se de uma linguagem simples e segura e, por isso, fácil de aprender e de utilizar, robusta e com bom desempenho.

3.2. VTK

O *VTK – Visualization ToolKit* é uma biblioteca computacional de distribuição livre, orientada a objectos, para gráficos 2D/3D, visualização, processamento e análise de imagem (Schroeder & Martin, 1999; Tavares & Barbosa, 2004). Trata-se de uma ferramenta computacional útil em Visualização Científica, pois disponibiliza um conjunto de classes desenvolvidas em *C++*, que proporciona a leitura, o processamento e o mapeamento de técnicas de visualização de diversos tipos de dados, incluindo conjuntos de pontos, polígonos, imagens, volumes e grelhas rectilíneas, estruturadas e não estruturadas.

O *VTK* é utilizado nas mais variadas aplicações. É utilizado em escolas como ferramenta de ensino e de investigação; laboratórios científicos utilizam-no em processamento paralelo em larga escala; são construídas aplicações para áreas tão variadas como a astronomia, a acústica, a biologia, a geografia e a medicina.

O *VTK* é um sistema de *software* computacional pesado, o que o torna lento. É necessário um sistema de bom desempenho para que possam ser utilizadas com eficácia as aplicações desenvolvidas tendo por base o *Visualization Toolkit*. No entanto, tem inúmeras vantagens (Tavares & Barbosa, 2004): facilmente se criam aplicações gráficas e de visualização; é possível utilizá-lo praticamente com qualquer linguagem de programação desde que se usem os *wrappers* necessários; rapidamente se criam interfaces usando as classes adequadas; é continuamente testado nas mais variadas áreas; e é de domínio público.

3.3. Wrapper do VTK para a Linguagem C#

Apesar de o *VTK* ser principalmente direccionado para a linguagem *C++*, Frank (Frank, 2003) desenvolveu um *wrapper* para a plataforma *.NET* permitindo assim a sua utilização com a linguagem *C#*.

Um *wrapper* é uma espécie de tradutor que permite à linguagem *C#*, neste caso, utilizar as classes *VTK* escritas em *C++*. Neste trabalho, este *wrapper* revelou-se extremamente útil pois sem o mesmo não teria sido possível a utilização da linguagem *C#* com a biblioteca *VTK*.

4. Interação Homem/Máquina

Uma boa interface gráfica deve tirar partido das potencialidades do sistema

computacional em questão, desde a placa gráfica aos restantes periféricos, de modo a tornar o programa associado o mais fácil possível de usar. Em qualquer interface, gráfica ou não, o utilizador valoriza a facilidade com que consegue executar as tarefas pretendidas e a comodidade ao executá-las. Por isso, as questões chave na implementação de uma interface são a sua finalidade e os seus utilizadores alvo. Assim, é preciso identificar as necessidades do utilizador e, a partir daí, criar uma interface útil, utilizável e agradável.

Essencialmente, o processo de desenvolvimento de uma interface envolve quatro actividades básicas (Preece, Rogers & Sharp, 2002):

- identificar necessidades. É necessário estudar o comportamento do utilizador e o modo usual como ele executa as tarefas de forma a moldar a interface às suas necessidades;
- idealizar interfaces que respondam a essas necessidades;
- construir versões interactivas das interfaces para que possam ser utilizadas. Devem-se confrontar os futuros utilizadores com estes cenários para a interface efectuando testes para averiguar a sua eficiência;
- avaliar o que está a ser construído ao longo de todo o processo de desenvolvimento.

Estes passos complementam-se e devem ser repetidos tantas vezes quantas necessárias. Ao avaliar o que foi construído identificam-se novas necessidades e idealizam-se mudanças a efectuar na interface em questão, ou desenvolvem-se novas interfaces.

A melhor forma de identificar as necessidades dos utilizadores é mantendo-os envolvidos em todo o processo de criação. Os utilizadores podem ser uma fonte de informação para o desenvolvimento da interface através de entrevistas, questionários ou da sua observação no local habitual de trabalho para determinar os aspectos que a interface deverá focar. Podem também ser consultados sobre decisões respeitantes ao aspecto da interface, sendo objectos de consulta as diferentes versões já implementadas ou ainda em fase de desenho (Cybis, 2003).

Como na altura da elaboração deste trabalho o *FastComp* ainda não tinha utilizadores para além dos seus criadores, a interface gráfica considerada neste trabalho foi desenvolvida com base em trocas de ideias com os mesmos. Assim, através de conversas com os implementadores do *FastComp* foram determinados todos os aspectos a considerar, bem como a melhor forma de o fazer.

Depois de terminada a interface foi realizada uma avaliação envolvendo vários utilizadores, assunto da secção 6. Esta avaliação focou alguns dos principais aspectos de usabilidade da mesma.

4.1. Usabilidade

Segundo Nielsen (Nielsen, 2003), a usabilidade compreende cinco componentes de qualidade: facilidade de aprendizagem, facilidade de memorização, eficiência, segurança e satisfação. Preece (Preece, Rogers & Sharp, 2002) menciona também eficácia e utilidade. As sete componentes de qualidade inerentes ao termo usabilidade são então:

- facilidade de aprendizagem: refere-se a quão facilmente se aprende a usar uma interface;
- facilidade de memorização: diz respeito a quão facilmente os utilizadores se recordarão do modo de utilização de uma interface depois de a terem aprendido a usar. Se as operações a aprender são ilógicas ou obscuras os utilizadores tendem a esquecer o que fazer se usarem poucas vezes a referida interface;
- eficiência: mede a rapidez com que o utilizador realiza as suas tarefas, ou seja, mede o nível de produtividade;
- segurança: envolve a protecção do utilizador de condições perigosas e situações indesejáveis. Há que prevenir que o utilizador cometa erros graves, reduzindo, por exemplo, o risco de activação de botões ou teclas erradas;
- satisfação: mede quanto os utilizadores apreciam uma interface;
- eficácia: mede a adequação de uma interface, se a mesma permite a realização correcta das tarefas a que se propõe;
- utilidade: refere-se à capacidade da interface apresentar as funcionalidades certas para que o utilizador atinja os seus objectivos.

Preece (Preece, Rogers & Sharp, 2002) também introduz no campo da usabilidade alguns princípios de *design*:

- visibilidade: a compreensão de uma interface depende, entre outras coisas, da ordenação, do posicionamento e da distinção dos objectos (imagens, texto, botões, etc.), pois os utilizadores vão apreender mais facilmente os diferentes itens se estes forem apresentados de modo organizado e bem visível;
- *feedback*: acção/reacção. A interface deve reagir às acções do seu usuário. Ao pressionar um botão, por exemplo, espera-se que uma certa funcionalidade seja activada e o tempo de resposta apropriado e consistente com a funcionalidade envolvida;
- restrições: respeitam à determinação de maneiras de restringir a interacção num determinado momento. Em interfaces gráficas é usual desactivar certas opções de um menu, restringindo assim o utilizador às acções permitidas nesse estágio da actividade;
- consistência: operações semelhantes devem ter processos idênticos. Se um botão azul abre um documento e um verde o grava, noutra situação o botão azul pode mostrar um gráfico e o verde gravá-lo, por exemplo;
- atribuição correcta: refere-se aos atributos de um objecto que permitem a um utilizador saber como o usar. Por exemplo, um campo em branco sugere a acção “escrever aqui”, enquanto que um botão traduz “clicar aqui”.

Quando interrogado sobre o factor mais importante em usabilidade, Jakob Nielsen respondeu (Oliver, 2002) “é compreender verdadeiramente as tarefas que os utilizadores estão a tentar realizar, porque se estiver a resolver o problema errado, pode chegar a uma grande solução mas não estar a ajudar ninguém”.

5. Interface Desenvolvida

A interface desenvolvida é constituída por uma “janela-mãe” que representa o ambiente de trabalho do utilizador. Abrindo um novo procedimento de análise, ou um já existente, é apresentada uma única janela para a introdução dos dados de entrada a serem considerados pelo programa *FastComp*. Essa janela está dividida em separadores, correspondendo cada um à introdução de dados referentes a diferentes domínios: tipos de materiais, Figura 1; estrutura do laminado, Figura 2; geometria das placas, Figura 3; cargas aplicadas, Figura 4; e opções dos critérios de ruptura a considerar e dos dados de saída pretendidos, Figura 5. Esta estrutura foi escolhida devido à sua simplicidade e, por isso, facilidade na aprendizagem de utilização.

The screenshot shows the 'Materials' tab of the 'Analysis 1.fcp' software. It features a 'Material ID' field with the value '2' and a 'Material Name' field. Below these are two columns of input fields: 'Engineering constants' and 'Material allowables'. The 'Engineering constants' column includes E1 (171420 MPa), E2 (9080 MPa), G12 (5290), ν12 (0,32), G1c (0,2774 N/mm), and G1c (0,7879 N/mm). The 'Material allowables' column includes Xt (2293,36 MPa), Xc (1200,07 MPa), Yt (160,18 MPa), Yc (199,81 MPa), St (130,2 MPa), and St (75,28 MPa). On the right side, there are buttons for 'New material', 'Delete material', and navigation arrows.

Figura 1 – Separador da interface desenvolvida para introdução das constantes dos materiais a considerar no *FastComp*.

The screenshot shows the 'Plies/Laminate creation' tab of the 'Analysis 1.fcp' software. It features a 'Number of plies' field with the value '12'. Below this is a grid of input fields for 16 plies. The grid has four rows: 'Ply number', 'Material ID', 'Thickness (mm)', and 'Orientation (°)'. The 'Ply number' row contains numbers 1 through 16. The 'Material ID' row contains dropdown menus, with the first one set to '1' and the second to '2'. The 'Thickness (mm)' row contains numerical values, with the first one set to '0,125' and the second to '2'. The 'Orientation (°)' row contains numerical values, with the first one set to '90' and the second to '0'.

Figura 2 – Separador da interface desenvolvida para introdução das características do laminado a considerar pelo *FastComp*.

Para que seja mais fácil compreender e aprender a utilizar a interface, esta apresenta todos os campos de introdução de dados previamente preenchidos para que o utilizador perceba mais facilmente o que é pretendido ou, até, possa utilizar esses mesmos valores na análise poupando, assim, tempo na sua introdução.

Para que o utilizador não duvide que a sua acção teve uma reacção, sempre que uma funcionalidade é activada, premindo um botão ou seleccionando um item de um menu, o cursor do rato transforma-se numa ampulheta para informar que algo está a ser executado. Além disso, a interface identifica sempre o que está a ser processado, através de mensagens no painel inferior da “janela-mãe”. Também nesta janela, o painel à esquerda apresenta todas as propriedades dos vários materiais considerados, para que sejam visíveis mesmo quando o separador *Materials* é abandonado.

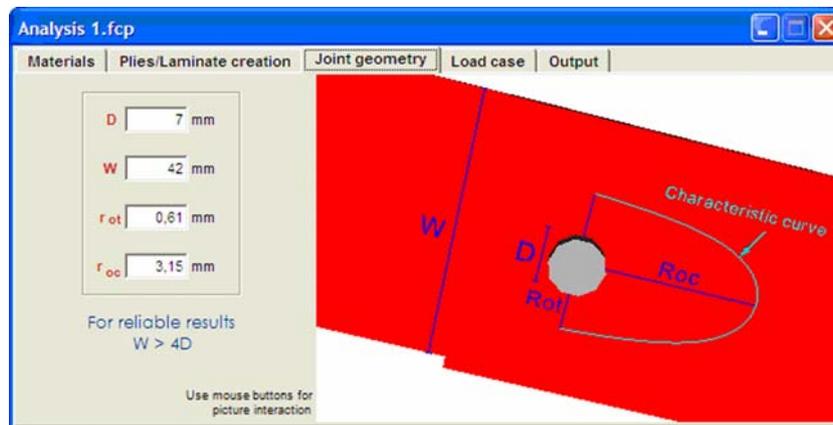


Figura 3 – Separador da interface desenvolvida para introdução da geometria da junta a considerar pelo *FastComp*.

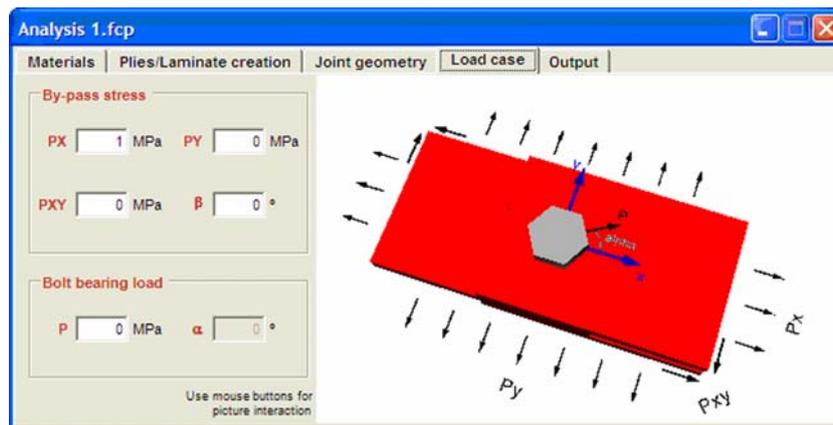


Figura 4 – Separador da interface desenvolvida para introdução das cargas aplicadas na junta e no parafuso a considerar pelo *FastComp*.

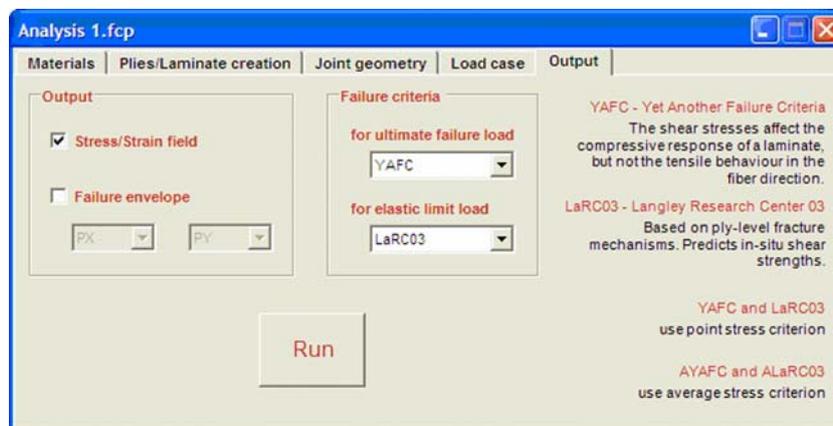


Figura 5 – Separador da interface desenvolvida para selecção dos dados de saída e critérios de ruptura a considerar pelo *FastComp*.

No que respeita a segurança, a interface está protegida de qualquer engano ou má utilização. Todas as caixas de texto para introdução de dados têm dispositivos de segurança que verificam a correcta introdução dos dados. Por exemplo, é verificado se os caracteres inseridos para o número de lâminas, *Number of plies* na Figura 2, correspondem a um número inteiro compreendido entre 4 e 16 ou não. Se não, a interface apresenta uma mensagem de erro. Esta validação é realizada em tempo real, para que não seja sequer possível sair da caixa de texto enquanto esta não for correctamente preenchida.

Uma outra forma de manter a segurança da aplicação é a desactivação de certas funcionalidades como, por exemplo, a introdução de um valor para o ângulo de aplicação da carga no parafuso sem que este tenha realmente uma carga aplicada. Assim, é impedida a consideração desse valor pelo *FastComp*, prevenindo possíveis erros de cálculo. Foram implementadas outras restrições, nomeadamente na utilização de menus, para que não seja possível, por exemplo, activar a visualização dos resultados finais sem que estes tenham sido calculados.

As imagens interactivas presentes nos separadores *Joint geometry* e *Load case*, Figuras 3 e 4, são totalmente construídas com recurso a classes disponibilizadas pelo *VTK* e têm como propósito facilitar a compreensão dos dados requeridos nos respectivos separadores.

Ao premir o botão *Run* do separador *Output* da interface é gerado um ficheiro de texto com todos os dados de entrada e iniciado automaticamente o programa *FastComp*.

Com os dados escolhidos no exemplo considerado neste artigo, o *FastComp* gera três ficheiros: um com os dados de ruptura, outro com a distribuição das deformações e um último, representado na Figura 6, com a distribuição das tensões para as quatro

primeiras lâminas¹.

Terminada a execução do *FastComp*, a interface mostra a janela com os resultados obtidos sobre o modo de ruptura do laminado em estudo, Figura 7.

A utilização do menu *Output* da interface gráfica desenvolvida neste trabalho permite a visualização de, por exemplo, a distribuição das tensões de corte, coluna “STRESS S12” na Figura 6.

Ao seleccionar *s12* no menu *Output*, Figura 8, os dados relevantes do ficheiro “stress_field.txt” são processados através das funcionalidades da biblioteca *VTK* e a distribuição das tensões para cada uma das quatro lâminas é apresentada numa nova janela, Figura 9.

NODE NUMBER	PLY NUMBER	XX COORD	YY COORD	STRESS S11	STRESS S22	STRESS S12
1.	1.	0.00	-10.50	-98.2359	29.8684	0.0000
2.	1.	0.00	-9.97	-92.0008	30.1559	0.0000
3.	1.	0.00	-9.45	-85.1104	30.5078	0.0000
4.	1.	0.00	-8.92	-77.5423	30.9446	0.0000
5.	1.	0.00	-8.40	-69.3245	31.4956	0.0000
6.	1.	0.00	-7.87	-60.5868	32.2037	0.0000
7.	1.	0.00	-7.35	-51.6595	33.1329	0.0000
8.	1.	0.00	-6.82	-43.2632	34.3825	0.0000
9.	1.	0.00	-6.30	-36.8906	36.1116	0.0000
10.	1.	0.00	-5.77	-35.5927	38.5859	0.0000
11.	1.	0.00	-5.25	-45.6796	42.2712	0.0000
12.	1.	0.00	-4.72	-80.6022	48.0322	0.0000
13.	1.	0.00	-4.20	-170.4469	57.5891	0.0000
14.	1.	0.00	-3.67	-387.2550	74.6711	0.0000

Figura 6 – Exemplo de parte de um ficheiro de texto com os dados referentes à distribuição das tensões, a ser utilizado pela interface desenvolvida na visualização dos resultados obtidos pelo *FastComp*.

Final failure	Elastic limit
Failure mode: Damage by fibre tensile rupture	Damage mechanism: Damage by matrix tensile cracking
Failure angle: 90.00 °	Failure angle: -82.50 °
Failed ply nr.: 10	Failed ply nr.: 1
Loads: Px 418.30 MPa, Py 0.00 MPa, Pxy 0.00 MPa, P 0.00 MPa	Loads: Px 217.95 MPa, Py 0.00 MPa, Pxy 0.00 MPa, P 0.00 MPa

Figura 7 – Janela de visualização dos resultados obtidos pelo *FastComp* relativos ao modo de ruptura de um laminado.

¹ O *FastComp* está programado para apresentar apenas as primeiras quatro lâminas porque, normalmente, o laminado é constituído por grupos de lâminas iguais quatro a quatro.



Figura 8 – Menu da interface desenvolvida para a visualização dos resultados gráficos obtidos pelo *FastComp*.

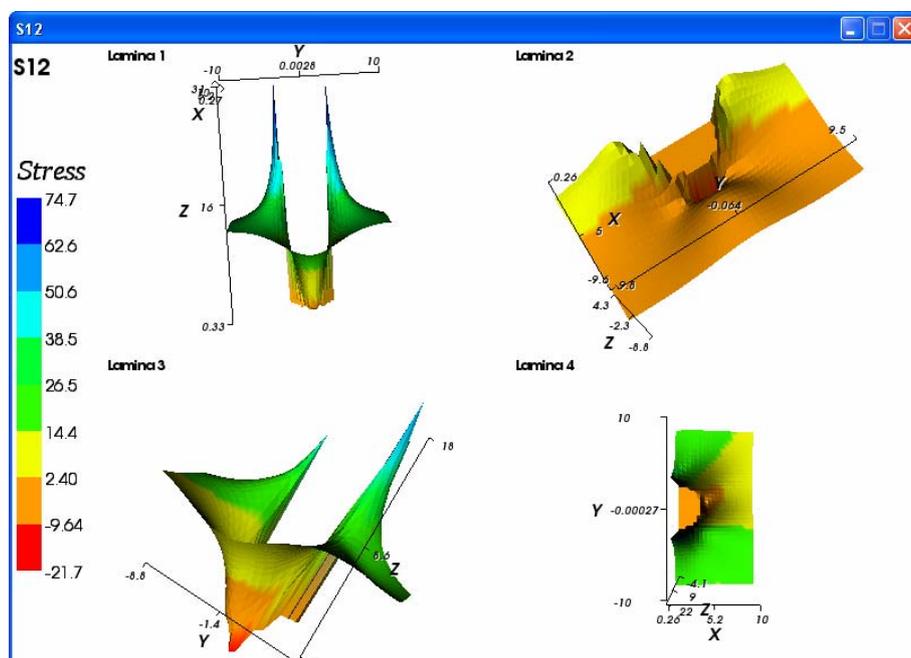


Figura 9 – Exemplo de visualização gráfica dos dados de saída do programa *Fastcomp* relativos à distribuição das tensões de corte (s_{12}), usando a interface desenvolvida.

6. Avaliação

Qualquer utilizador quer sistemas de fácil aprendizagem e utilização, para além de eficazes, eficientes e seguros. Para que todas estas exigências sejam satisfeitas de forma adequada, é preciso avaliar a interface em desenvolvimento antes de a considerar como terminada.

Ao implementar uma interface, o construtor não deve assumir que os utilizadores são iguais a ele, nem presumir que o facto de estar a seguir todas as regras existentes para a excelente execução da interface é garantia de uma boa usabilidade da mesma. A avaliação é sempre necessária para verificar se os utilizadores sabem e gostam de

usar o produto em questão.

A avaliação permite recolher dados sobre a usabilidade de um produto a partir de um grupo específico de utilizadores. Seja qual for o tipo de avaliação implementado, é importante considerar:

- as características dos utilizadores do produto que fazem parte da avaliação, como por exemplo idade, sexo, experiência prévia, etc. Utilizadores jovens vão exigir da interface uma aparência e um comportamento bem diferentes dos exigidos por utilizadores menos jovens. O mesmo se verifica entre pessoas que trabalham frequentemente ou raramente com interfaces gráficas;
- os tipos de actividades que os utilizadores vão desenvolver usando a interface em questão;
- o ambiente do estudo de avaliação, que pode ser numa situação controlada ou no local usual de trabalho dos utilizadores;
- a natureza do produto a ser avaliado, que pode ser uma série de desenhos, um protótipo de *software* ou uma interface já terminada.

Como já referido, a avaliação é necessária ao longo de todo o processo de desenvolvimento de um produto, e não apenas no final do processo de criação. Aliás, muito pelo contrário: muitas vezes o designer de *software* precisa de respostas a certas questões de modo a verificar se as suas ideias vão realmente de encontro ao que os utilizadores precisam e desejam. Assim, a avaliação guia todo o processo de desenvolvimento de uma interface.

Preece et al. (Preece et al., 1994) apresenta quatro razões para a avaliação de um produto:

- percepção do mundo real: conhecer o modo como os utilizadores empregam o *software* nos seus locais de trabalho e tentar aperfeiçoar o seu *design* para que se adapte melhor ao ambiente em questão. Durante uma visita ao local de trabalho podem ser colectados dados gerais sobre a iluminação, o ruído ou o estado da tecnologia computacional que se podem repercutir na construção da interface em causa. Por exemplo, para um local de fraca iluminação talvez seja melhor desenvolver uma interface de cores fortes para que a sua visibilidade seja a melhor possível;
- comparação de *designs*: ocasionalmente, o designer de uma interface quer comparar dois ou mais *designs* de modo a perceber qual será melhor para, por exemplo, evidenciar as tarefas mais importantes;
- construção com um objectivo: ao designer é dado um objectivo e a sua meta é garantir que o seu produto o atinge. Esse objectivo pode ser, por exemplo, que 60% dos utilizadores sejam capazes de imprimir correctamente um documento. É através da avaliação que se sabe se a missão pretendida foi ou não cumprida;
- conformidade com um padrão: se o *software* a desenvolver pertence ou vai ser vendido a uma empresa, há certos padrões dessa empresa que devem ser levados em atenção, como o logótipo, por exemplo.

Durante as primeiras etapas de desenvolvimento de uma interface, as avaliações têm como principais objectivos a predição da usabilidade, a percepção das exigências dos utilizadores e o teste informal das ideias formadas pelos designers. Mais

tarde, as avaliações concentram-se mais na identificação das dificuldades dos utilizadores de modo a ajustar melhor o produto às suas necessidades.

Existem vários métodos de recolha e análise de dados de avaliação. Escolhê-los depende das questões que se querem colocar, bem como de factores logísticos como o tempo disponível para a avaliação, disponibilidade de equipamento e acesso a possíveis utilizadores.

Para a avaliação da interface desenvolvida ao longo deste trabalho foi realizada uma recolha de opiniões para apurar o que os utilizadores pensam da interface. Apesar de poderem saber utilizá-la, não significa que gostem de o fazer e, por isso, não a utilizarão no futuro.

O método de recolha utilizado foi um questionário distribuído juntamente com a interface desenvolvida a oito utilizadores que a avaliaram individualmente nos seus locais habituais de trabalho.

6.1. Questionário

O questionário desenvolvido compreendeu vinte e quatro questões, tendo as primeiras dez por objectivo definir e caracterizar o utilizador em termos de idade, sexo, habilitações académicas, área de estudo/trabalho e respectiva experiência, conhecimentos teóricos e práticos sobre materiais compósitos e experiência no uso de meios computacionais e, especificamente, de interfaces gráficas.

Utilizadores com características diferentes exigem da interface aparência e comportamentos diferentes. Por exemplo, utilizadores jovens usualmente preferem uma interface rica em opções extra, como a possibilidade de alterar as cores de um gráfico, enquanto utilizadores menos jovens geralmente preferem uma interface mais simples e sóbria, que se cinja ao estritamente necessário, para terem menos oportunidade de se distraírem durante a sua utilização.

Utilizadores com mais conhecimentos e experiência na área em que a interface desenvolvida se insere devem conseguir ser mais críticos que utilizadores que pouco ou nada sabem sobre o domínio no qual a interface se inclui. Estes últimos, provavelmente, irão dar mais relevância aos aspectos gráficos da interface enquanto os anteriores deverão fazer mais juízos acerca da sua eficácia, eficiência e utilidade.

Obviamente, utilizadores com pouca experiência na utilização de interfaces gráficas, ou até mesmo de computadores, deverão ter dificuldades acrescidas na avaliação de uma interface desse tipo.

As cinco perguntas seguintes do questionário de avaliação desenvolvido pedem ao utilizador que avalie e especifique as dificuldades com que se deparou na utilização de cada um dos separadores da janela de introdução dos dados de entrada do *FastComp*. O propósito destas questões prende-se com a identificação de possíveis melhoramentos ao nível da disposição dos itens e da terminologia utilizada.

As duas questões seguintes pedem ao utilizador para avaliar até que ponto as duas imagens presentes na janela de introdução de dados servem o seu propósito: auxiliar a compreensão dos dados requisitados.

As duas perguntas seguintes pretendem definir as dificuldades dos usuários na utilização do menu *Output* e na compreensão da visualização dos resultados, respectivamente. A questão seguinte pede para qualificar a utilidade dos eixos

cartesianos na visualização gráfica dos dados de saída.

As três questões posteriores têm por objectivo a avaliação da interface de um modo geral. A primeira incide nas dificuldades de utilização da interface; a segunda pede ao utilizador para classificar esteticamente a interface; e, a terceira, para a classificar em termos gerais, isto é, tendo em conta todas as mais valias e todas as dificuldades com que se deparou ao longo da interacção com a mesma.

Finalmente, o último ponto do questionário permite ao utilizador fazer qualquer tipo de sugestão/crítica para o possível melhoramento da interface desenvolvida.

6.2. Resultados

Dos oito utilizadores, apenas dois têm mais de 30 anos, sendo todos do sexo masculino e com trabalho na área da engenharia mecânica. Cinco dos utilizadores têm bons conhecimentos teóricos sobre materiais compósitos, mas apenas quatro desses cinco possuem experiência de trabalho com estes materiais. Os outros três utilizadores têm poucos conhecimentos sobre materiais compósitos; no entanto, as suas avaliações foram consideradas, principalmente, para efeitos de avaliação do *design*, pois, como já foi referido, utilizadores com menos conhecimentos na área darão mais relevância aos aspectos gráficos da interface. Todos utilizam frequentemente o computador, bem como interfaces gráficas.

Da análise dos resultados da recolha de opiniões (Gonçalves, 2005), é possível concluir que a utilização da janela de introdução dos dados de entrada do *FastComp* não apresentou aos avaliadores problemas consideráveis. Dois dos utilizadores apresentaram algumas dificuldades, mas não especificaram quais.

Três dos oito utilizadores são de opinião de que a ajuda prestada pelas imagens incluídas nos separadores *Joint geometry* e *Load case* não é relevante, mas não explicam porquê. Talvez essa opinião se relacione com o facto de estes avaliadores terem bastantes conhecimentos sobre materiais compósitos e, por isso, não necessitem de qualquer ajuda extra na compreensão dos dados pedidos.

De um modo geral, a janela de introdução dos dados de entrada para o programa *FastComp* parece satisfazer todos os avaliadores.

Três utilizadores dizem não compreender inteiramente a visualização dos resultados apresentada, mas sem especificarem as suas razões. No entanto, um dos avaliadores sugere o aumento das janelas de visualização, pois diz ter dificuldade em perceber os valores apresentados. Este problema deve-se, provavelmente, ao tamanho reduzido de alguns monitores e poderá ser resolvido no futuro implementando a opção de visualização de cada uma das superfícies em janelas independentes.

A dois dos utilizadores considerados na avaliação da interface desenvolvida não agrada a presença dos eixos cartesianos na visualização gráfica das distribuições das tensões/deformações, pelo que deverá ser considerada numa futura versão da interface a representação opcional desses eixos.

Alguns avaliadores sugeriram certas alterações:

- no separador *Materials*, existir a possibilidade de seleccionar materiais cujas propriedades estejam predefinidas;
- apresentar uma descrição do modo de interacção dos botões do rato com as

imagens representadas;

- identificar as siglas *s11*, *s22*, etc., do menu *Output* (Figura 10).

De 1 a 5, a interface obteve uma média de 4,75 para a classificação estética e de 4,63 como classificação geral, ou seja, obteve resultados muito bons.

7. Conclusões e Trabalho Futuro

Aparentemente, a interface desenvolvida foi bem conseguida e parece tratar-se de uma interacção homem/máquina adequada.

Da análise dos resultados da recolha de opinião realizada com os oito utilizadores envolvidos, dever-se-á, futuramente:

- implementar a opção de visualização de cada uma das superfícies em janelas independentes;
- permitir a representação opcional dos eixos cartesianos;
- introduzir a hipótese de selecção de materiais predefinidos no separador *Materials*;
- especificar o modo de interacção com as imagens apresentadas;
- alterar ou identificar as siglas presentes no menu *Output*.

Após a introdução destas alterações, uma nova recolha de opiniões deverá ser levada a cabo, de preferência com um maior número de utilizadores. Para uma avaliação mais completa, deverão ser dadas tarefas concretas aos utilizadores para que sejam avaliadas questões específicas da interface desenvolvida. No entanto, como haverá sempre avaliadores que não especificam detalhadamente as suas dificuldades, poder-se-á posteriormente recorrer a algumas entrevistas para que se esclareçam todas as dúvidas, ou mesmo a outro tipo de avaliação, como a observação da utilização da interface por cada avaliador considerado.

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente realizado no âmbito do projecto “Segmentação, Seguimento e Análise de Movimento de Objectos Deformáveis (2D/3D) usando Princípios Físicos” com a referência POSC/EEA-SRI/55386/2004, suportado financeiramente pela FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

Referências

- Cybis, W. (2003) *Engenharia de Usabilidade: Uma Abordagem Ergonómica*. LabIUtil - Laboratório de Utilisabilidade da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. Disponível em: <<http://www.labiutil.inf.ufsc.br/apostila.htm>>. Acedido em: Novembro 2005
- Frank, M. (2003) *VTK for .NET platform*. Diploma thesis - University of West

- Bohemia, Pilsen, Czech Republic. Disponível em: <<http://herakles.zcu.cz/research/vtk.net/download/Thesis.pdf>>. Acedido em: Junho 2004
- Gonçalves, P. (2005) *Desenvolvimento de uma Interface Gráfica para o Programa FastComp*. Dissertação de Mestrado (Métodos Computacionais em Ciências e Engenharia) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal. Submetida em Dezembro de 2005
- Nielsen, J. (2003) Usability 101: Introduction to Usability. *Jakob Nielsen's Alertbox*. Disponível em: <<http://www.useit.com/alertbox/20030825.html>>. Acedido em: Junho 2004
- Oliveira, B., Creus, G. (2000) *Análise de vigas de parede delgada em material compósito*. XXIX Jornadas Sudamericanas de Ingenieria Estructural, Punta del Este, Uruguay. Disponível em: <<http://www.ppgec.ufrgs.br/branca/downloads/S2T83.pdf>>. Acedido em: Junho 2004
- Oliver, D. (2002) Jakob Nielsen told me to do it. net nº 93. Disponível em: <<http://www.netmag.co.uk/opinion/default.asp?pagetypeid=2&articleid=10303&subsectionid=500&subsubsectionid=184>>. Acedido em: Junho 2004
- Petzold, C. (2002). *Programming Microsoft Windows with C#*. Redmond, USA: Microsoft Press
- Portela, P., Melro, A. (2004) *FastComp: Strength prediction of composite laminates containing stress concentrations using complex variable theory*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal
- Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H. (2002) *Interaction Design: beyond human-computer interaction*. New York, USA: John Wiley & Sons
- Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H., Benyon, D., Holland, S., Carey, T. (1994) *Human-Computer Interaction*. Harlow, England: Addison-Wesley
- Schroeder, W., Martin, K. (1999) *VTK User's Guide*. Kitware
- Sharp, J., Jagger, J. (2003). *Microsoft Visual C# .NET Step by Step*. Redmond, USA: Microsoft Press
- Tavares, J., Barbosa, J. (2004) *Apontamentos da disciplina de Visualização Científica do Mestrado em Métodos Computacionais em Ciências e Engenharia*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal. Disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/~tavares/ensino/VISCI/visci.html>>. Acedido em: Junho 2004