



Rui Alberto Linheiro Martins

Licenciado

Biomimética no projecto de estruturas espaciais

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre
em Engenharia Civil - Perfil Estruturas e Geotecnia

Orientador: Professor Corneliu Cismasiu
Co-orientador: Nome, Categoria, Escola

Júri:

Presidente: Nome Completo do Presidente do Júri
Arguente: Nome Completo do Arguente
Vogal: Nome Completo do Vogal



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março de 2012

“Copyright” Rui Alberto Linheiro Martins, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciencias e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

As seguintes pessoas ajudaram com correcções, sugestões e material para melhorar este documento. Colocaram grande empenho para me ajudar a colocar este documento na sua presente forma. Gostaria de agradecer sinceramente a todos eles. Naturalmente, todos os erros que encontrar neste livro são meus. Se encontrar alguma palavra que esteja escrita correctamente, deve ter sido uma das pessoas abaixo que me enviou essa linha.

Rosemary Bailey, Marc Bevand, Friedemann Brauer, Jan Busa, Markus Brühwiler, Pietro Braione, David Carlisle, José Carlos Santos, Neil Carter, Mike Chapman, Pierre Chardaire, Christopher Chin, Carl Cerecke, Chris McCormack, Wim van Dam, Jan Dittberner, Michael John Downes, Matthias Dreier, David Dureisseix, Elliot, Hans Ehrbar, Daniel Flipo, David Frey, Hans Fugal, Robin Fairbairns, Jörg Fischer, Frank Fischli, Erik Frisk, Mic Milic Frederickx, Frank, Kasper B. Graversen, Arlo Griffiths, Alexandre Guimond, Cyril Goutte, Greg Gamble, Andy Goth, Neil Hammond, Rasmus Borup Hansen, Joseph Hilferty, Morten Høgholm, Björn Hvittfeldt, Martien Hulsen, Werner Icking, Jakob, Eric Jacoboni, Alan Jeffrey, Byron Jones, David Jones, Johannes-Maria Kaltenbach, Michael Koundouros, Andrzej Kawalec, Alain Kessi, Christian Kern, Tobias Klauser, Sander de Kievit, Kjetil Kjernsmo, Jörg Knappen, Flori Lambrechts, Axel Liljencrantz, Maik Lehardt, Rémi Letot, Johan Lundberg, Alexander Mai, Martin Maechler, Hendrik Maryns, Aleksandar S Milosevic, Henrik Mitsch, Claus Malten, Kevin Van Maren, Philipp Nagele, Richard Nagy, Lenimar Nunes de Andrade, Manuel Oetiker, Urs Oswald, Martin Pfister, Demerson Andre Polli, Hubert Partl, Maksym Polyakov, Nikos Pothitos, John Reffing, Mike Ressler, Brian Ripley, Young U. Ryu, Bernd Rosenlecher, Chris Rowley, Risto Saarelma, Gilles Schintgen, Hanspeter Schmid, Craig Schlenter, Baron Schwartz, Christopher Sawtell, Miles Spielberg, Geoffrey Swindale, Laszlo Szathmary, Boris Tobotras, Josef Tkadlec, Scott Veirs, Didier Verna, Fabian Wernli, Carl-Gustav Werner, David Woodhouse, Chris York, Fritz Zaucker, Rick Zaccane, e Mikhail Zotov.

Adicionalmente, o tradutor agradece o contributo das seguintes pessoas:

José Alves Castro, Rold Júnior, José Pedro Oliveira, Marcos Marado Torres, Paulo Rocha.

Resumo

Texto do resumo com um máximo de 300 palavras. Texto do resumo com um máximo de 300 palavras. Texto do resumo com um máximo de 300 palavras. Texto do resumo com um máximo de 300 palavras. Texto do resumo com um máximo de 300 palavras.

Palavras chave:

Incluir 4 a 6 termos chave

Abstract

An abstract of maximum 300 words. An abstract of maximum 300 words. An abstract of maximum 300 words. An abstract of maximum 300 words. An abstract of maximum 300 words. An abstract of maximum 300 words.

Keywords:

Insert four to six keywords. . .

Índice de Matérias

Copyright	i
Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Lista de abreviaturas, siglas e símbolos	xv
1 Introdução	1
1.1 Motivação e enquadramento do tema	1
1.2 Estado da arte	1
2 Análise de Dados	3
2.1 Tabelas de resultados	3
2.2 Mais uma secção	4
2.2.1 E uma subsecção	4
3 Modelos	5
3.1 Mais uma secção	5
3.2 Algumas equações	5
3.2.1 E alguns gráficos	6
3.3 Base de dados bibliográficas	7
3.3.1 Livros	8
3.3.2 Artigos em revistas científicas internacionais	8
3.3.3 Artigos em actas de conferências científicas internacionais	8
3.3.4 Teses	9
Referências bibliográficas	11
A Nome deste apêndice	13
B Outro nome para mais um apêndice	15

C Finalmente, o último apêndice
--

17

Índice de Figuras

3.1	Esta é a imagem de uma ponte e de um gráfico, lado ao lado	6
3.2	Caption for figure in TOC	7
3.3	Aircrafts.	7

Índice de Tabelas

2.1	Algumas das linguagens em maior perigo de extinção.	3
2.2	Exemplo de tabela numerada	4
2.3	Memory usage comparison (in MB).	4

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

Abreviaturas

EC1 Eurocodigo 1

EC2 Eurocodigo 2

EC8 Eurocodigo 8

Siglas

FCT Faculdade de Ciências e Tecnologia

UNL Universidade Nova de Lisboa

Símbolos

σ tensão

ϕ variável que agrupa todas as variáveis cinemáticas fundamentais

δW_{ext} trabalho virtual das forças exteriores

σ tensão

ϕ variável que agrupa todas as variáveis cinemáticas fundamentais

δW_{ext} trabalho virtual das forças exteriores

σ tensão

ϕ variável que agrupa todas as variáveis cinemáticas fundamentais

Capítulo 1

Introdução

Imagination is more important than knowledge.
(Albert Einstein)

O documento principal é o `template.tex`. Aqui é preciso completar os campos para a identificação da dissertação: título, autor, orientador, etc. Em seguida, é preciso editar os ficheiros `agradecimentos.tex`, `resumo.tex`, `abstract.tex`, `cap_1.tex`, `cap_2.tex`, etc.

1.1 Motivação e enquadramento do tema

Tal como acontece com as línguas humanas, as linguagens de programação têm sido criadas, desenvolvidas e adaptadas desde os primórdios da computação. Algumas destas linguagens têm-se renovado em potencialidades e aplicações, e perdurado, enquanto outras se encontram praticamente extintas [6].

1.2 Estado da arte

Segundo [5], actualmente conhecem-se mais de duas mil e trezentas linguagens, embora muitas delas corram sério risco de extinção, por não serem usadas nem tão pouco produzidos compiladores para as actuais arquitecturas.

A documentação destas linguagens é importante, porque, como afirma A. Heinz¹:

As linguagens computacionais evoluem, e relacionam-se umas com as outras de maneira complexa. Quase todas as linguagens podem ser vistas como versões melhoradas de outras. Por vezes é difícil saber onde marcar a fronteira e afirmar “esta é uma linguagem separada”.

Mais algumas referências bibliográficas para artigos em revistas científicas, conferências e dissertações de mestrado [2, 3, 11]. Caso se pretende incluir uma referência bibliográfica que não apareça no texto, usa-se o comando `\nocite{}`.

¹Retirado de: Heinz, Alois, (1996), em http://www.informatik.uni-freiburg.de/Java/misc/lang_list.html (em 24 Dez. 2004).

Capítulo 2

Análise de Dados

Grande parte das linguagens de programação actuais são sucessoras de outras mais antigas, ou sofreram fortes influências das que as precederam.

A primeira linguagem digna desse nome, o Fortran, surgiu em 1954, e ainda hoje se mantêm alguns dialectos. Na sua longa vida esta linguagem influenciou e inspirou dezenas de outras, como o Lisp, e o Algol 58. Esta última linguagem esperava-se que fosse para as linguagens computacionais o mesmo que o Esperanto para as línguas naturais – isto é, uma linguagem universal, que tornasse o software mais portátil.

2.1 Tabelas de resultados

Muito mais linguagens foram criadas desde então, sendo que algumas têm caído em desuso e correm mesmo risco de desaparecerem. A tabela 2.1 resume algumas das que correm maior risco de desaparecimento.

Data de Criação	Linguagem
1964	PL/1
1969	Smalltalk
1970	Pascal
1975	Modula
1988	Oberon
1960	APL
1970	Icon

Tabela 2.1: Algumas das linguagens em maior perigo de extinção.

Através da análise de dados provenientes de uma estação GPS de referência pode-se determinar a perturbação do sinal, que geometricamente é uma curvatura. Esta curvatura depende do local da Terra onde é feita a observação e da distância zenital, que varia de satélite para satélite ao longo de um dia sideral. Através da análise de dados provenientes de uma estação GPS de referência pode-se determinar a perturbação do sinal, que geometricamente é uma curvatura. Esta curvatura depende do local da Terra onde é feita a observação e da distância zenital, que varia de satélite para satélite ao longo de um dia sideral.

Tabela 2.2: Exemplo de tabela numerada

Secção	A_1	A_2	A_3	Sim	Não	Talvez	Também	Mais	Menos	Total
C	4	3	2	0	0	3	5	3	2	0
Triangular	5	6	0	0	0	6	4	4	0	2
Quadrada	5	8	0	0	0	7	3	3	0	5
Vlasov	6	7	0	0	0	7	5	5	0	2

2.2 Mais uma secção

Através da análise de dados provenientes de uma estação GPS de referência pode-se determinar a perturbação do sinal, que geometricamente é uma curvatura. Esta curvatura depende do local da Terra onde é feita a observação e da distância zenital, que varia de satélite para satélite ao longo de um dia sideral. Através da análise de dados provenientes de uma estação GPS de referência pode-se determinar a perturbação do sinal, que geometricamente é uma curvatura. Esta curvatura depende do local da Terra onde é feita a observação e da distância zenital, que varia de satélite para satélite ao longo de um dia sideral.

	Virtual memory [MB]	
	Euler	Navier–Stokes
Wing only	1,000	2,000
Aircraft	5,000	10,000
(ratio)	5.0×	5.0×

Tabela 2.3: Memory usage comparison (in MB).

2.2.1 E uma subsecção

Através da análise de dados provenientes de uma estação GPS de referência pode-se determinar a perturbação do sinal, que geometricamente é uma curvatura. Esta curvatura depende do local da Terra onde é feita a observação e da distância zenital, que varia de satélite para satélite ao longo de um dia sideral. Através da análise de dados provenientes de uma estação GPS de referência pode-se determinar a perturbação do sinal, que geometricamente é uma curvatura. Esta curvatura depende do local da Terra onde é feita a observação e da distância zenital, que varia de satélite para satélite ao longo de um dia sideral. Através da análise de dados provenientes de uma estação GPS de referência pode-se determinar a perturbação do sinal, que geometricamente é uma curvatura. Esta curvatura depende do local da Terra onde é feita a observação e da distância zenital, que varia de satélite para satélite ao longo de um dia sideral.

Capítulo 3

Modelos

Embora algumas sejam designadas de *general purpose*, na realidade é difícil que uma mesma linguagem seja, em simultâneo, ótima para qualquer função. Em última análise a própria evolução das necessidades computacionais leva a que uma linguagem se torne obsoleta, mas normalmente o que leva ao aparecimento de uma nova é a proposta de uma funcionalidade original, ou de uma nova sintaxe, por ser mais poderosa ou mais simples. Por exemplo, a linguagem C++ é uma extensão da linguagem C para suportar programação orientada a objectos. A sintaxe das duas linguagens tem inegáveis semelhanças, e os compiladores de C++ compilam também código C.

3.1 Mais uma secção

O exemplo seguinte mostra um programa simples em C, e o seu equivalente em C++. As semelhanças são claras, tanto aos níveis sintáctico como semântico:

<pre>#include <stdio.h> #include <stdlib.h> int main(void){ printf("Olá gente!"); return EXIT_SUCCESS; }</pre>	<pre>#include <iostream> #include <cstdlib> using namespace std; int main(void){ cout<<"Olá gente!"<<endl; return EXIT_SUCCESS; }</pre>
---	---

3.2 Algumas equações

Embora algumas sejam designadas de *general purpose*, na realidade é difícil que uma mesma linguagem seja, em simultâneo, ótima para qualquer função. Em última análise a própria evolução das necessidades computacionais leva a que uma linguagem se torne obsoleta, mas normalmente o que leva ao aparecimento de uma nova é a proposta de uma funcionalidade original, ou de uma nova sintaxe, por ser mais poderosa ou mais simples.

$$x_{n+1} = \sum_{i=1}^N \sqrt[3]{x_n^2} \quad (3.1)$$

Substituindo a equação 3.1 na definição 3.2, resulta alguma coisa. . .

$$\sin\left(\frac{n\pi x_{n+1}}{L}\right) \quad (3.2)$$

Assim se escreve uma equação, $\alpha + \beta^2$, dentro do texto.

$$\begin{array}{ll} \text{Minimize} & Y(\alpha, \mathbf{q}(\alpha)) \\ \text{w.r.t.} & \alpha, \\ \text{subject to} & \mathcal{R}(\alpha, \mathbf{q}(\alpha)) = 0 \\ & C(\alpha, \mathbf{q}(\alpha)) = 0. \end{array} \quad (3.3)$$

As equações 3.4a, 3.4b e 3.4c representam as equações Naver–Stokes 3.4.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j) = 0, \quad (3.4a)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_i u_j + p \delta_{ij} - \tau_{ji}) = 0, \quad i = 1, 2, 3, \quad (3.4b)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho E) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho E u_j + p u_j - u_i \tau_{ij} + q_j) = 0. \quad (3.4c)$$

Em última análise a própria evolução das necessidades computacionais leva a que uma linguagem se torne obsoleta, mas normalmente o que leva ao aparecimento de uma nova é a proposta de uma funcionalidade original, ou de uma nova sintaxe, por ser mais poderosa ou mais simples.

3.2.1 E alguns gráficos

Em última análise a própria evolução das necessidades computacionais leva a que uma linguagem se torne obsoleta, mas normalmente o que leva ao aparecimento de uma nova é a proposta de uma funcionalidade original, ou de uma nova sintaxe, por ser mais poderosa ou mais simples.

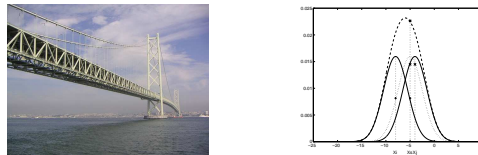


Figura 3.1: Esta é a imagem de uma ponte e de um gráfico, lado ao lado

Qualquer objecto pode ser referenciado, como por exemplo a Tabela 2.1 e a Figura 3.2.



Figura 3.2: Caption for figure.

Veja as Figuras 3.1, 3.2 e 3.3. Em última análise a própria evolução das necessidades computacionais leva a que uma linguagem se torne obsoleta, mas normalmente o que leva ao aparecimento de uma nova é a proposta de uma funcionalidade original, ou de uma nova sintaxe, por ser mais poderosa ou mais simples.



(a) Airbus A320



(b) Bombardier CRJ200

Figura 3.3: Aircrafts.

Em última análise a própria evolução das necessidades computacionais leva a que uma linguagem se torne obsoleta, mas normalmente o que leva ao aparecimento de uma nova é a proposta de uma funcionalidade original, ou de uma nova sintaxe, por ser mais poderosa ou mais simples.

3.3 Algumas indicações sobre a base de dados bibliográficas

A base de dados com as referências bibliográficas encontra-se no ficheiro bib.bib. A seguir, apresentam-se os campos que devem ser preenchidos para quatro tipo de publicações mais usuais. O *label* para cada entrada na base de

dados deve se único. Os campos que começam com *ALT* são opções alternativas (por exemplo, nos livros, ou se indica o autor ou o editor, mas nunca os dois). Os campos que começam com *OPT* são opcionais. Caso completados, é preciso retirar tanto o *ALT* como o *OPT* do nome dos campos.

3.3.1 Livros

```
@Book{label,
  ALTauthor = {},
  ALTeditor = {},
  title = {},
  publisher = {},
  year = {},
  OPTkey = {},
  OPTvolume = {},
  OPTnumber = {},
  OPTseries = {},
  OPTaddress = {},
  OPTedition = {},
  OPTmonth = {},
  OPTnote = {},
  OPTannote = {}
}
```

3.3.2 Artigos em revistas científicas internacionais

```
@Article{label,
  author = {},
  title = {},
  journal = {},
  year = {},
  OPTkey = {},
  OPTvolume = {},
  OPTnumber = {},
  OPTpages = {},
  OPTmonth = {},
  OPTnote = {},
  OPTannote = {}
}
```

3.3.3 Artigos em actas de conferências científicas internacionais

```
@InProceedings{label,
  author = {},
  title = {},
  OPTcrossref = {},
  OPTkey = {},
}
```

```
    OPTbooktitle = {},
    OPTpages = {},
    OPTyear = {},
    OPTeditor = {},
    OPTvolume = {},
    OPTnumber = {},
    OPTseries = {},
    OPTaddress = {},
    OPTmonth = {},
    OPTorganization = {},
    OPTpublisher = {},
    OPTnote = {},
    OPTannote = {}
}
```

3.3.4 Teses

```
@MastersThesis{label,
    author = {},
    title = {},
    school = {},
    year = {},
    OPTkey = {},
    OPTtype = {},
    OPTaddress = {},
    OPTmonth = {},
    OPTnote = {},
    OPTannote = {}
}
```


Referências bibliográficas

- [1] Balay, Satish, Kris Buschelman, Victor Eijkhout, William D. Gropp, Dinesh Kaushik, Matthew G. Knepley, Lois Curfman McInnes, Barry F. Smith e Hong Zhang: *PETSc Users Manual*. Relatório Técnico ANL-95/11 - Revision 2.3.0, Argonne National Laboratory, 2004.
- [2] Bhattacharyya, A., L. Sweeney e Faulkner M. G.: *Experimental characterization of free convection during thermal phase transformations in shape memory alloy wires*. Smart Material and Structures, 11:411–422, 2002.
- [3] Fugazza, D.: *Shape-memory alloy device in earthquake engineering: mechanical properties, constitutive modelling and numerical simulations*. Tese de Mestrado, Rose School. European School of Advanced Studies in Reduction of Seismic Risk, Pavia, Italy, September 2003.
- [4] Jameson, Antony, Niles A. Pierce e Luigi Martinelli: *Optimum aerodynamic design using the Navier–Stokes equations*. In *Theoretical and Computational Fluid Dynamics*, volume 10, páginas 213–237. Springer-Verlag GmbH, Janeiro 1998.
- [5] Knuth, Donald E.: *The T_EXbook*, volume A de *Computers and Typesetting*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 2ª edição, 1984.
- [6] Lamport, Leslie: *A document preparation system*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 2ª edição, 1994.
- [7] Marta, A. C., C. A. Mader, J. R. R. A. Martins, E. van der Weide e J. J. Alonso: *A methodology for the development of discrete adjoint solvers using automatic differentiation tools*. International Journal of Computational Fluid Dynamics, 21(9–10):307–327, Outubro 2007.
- [8] Marta, Andre C., Sriram Shankaran, D. Graham Holmes e Alexander Stein: *Development of adjoint solvers for engineering gradient-based turbomachinery design applications*. In *Proceedings of the ASME Turbo Expo 2009: Power for Land, Sea and Air*, número GT2009-59297, Junho 2009.
- [9] Martins, Joaquim R. R. A., Juan J. Alonso e James J. Reuther: *High-fidelity aerostructural design optimization of a supersonic business jet*. Journal of Aircraft, 41(3):523–530, Maio 2004.

- [10] Nocedal, Jorge e Stephen J. Wright: *Numerical optimization*. Springer, 1999.
- [11] Šittner, P., V. Novák e P. Lukáš: *Load partitioning in shape memory alloys polycrystals studied by in-situ neutron diffraction and modelling*. In *IUTAM2001 Symposium on Mechanics of Martensitic Phase Transformation in Solids*, HKUST, Hong Kong, June 11-15 2001.

Apêndice A

Nome deste apêndice

Lisboa, 04 mar (Lusa) – A FIFA "acionou" o Comité de Emergência para agir quase na hora caso a Federação Portuguesa de Futebol (FPF) não aprove a 19 de março, em Assembleia Geral, a adequação dos estatutos ao novo regime jurídico das federações desportivas.

Fonte do organismo tinha revelado à Agência Lusa, logo depois da reunião de quinta-feira do Comité Executivo, em Zurique, que, caso não sejam aprovados os novos estatutos na próxima reunião magna da FPF "o Comité de Associações entregará o dossier ao Comité de Emergência para possíveis sanções, incluindo a suspensão da federação".

Na carta enviada pela FIFA à FPF, quinta-feira, o organismo é claro: "Se a FPF for suspensa, isso quer dizer que nenhuma equipa portuguesa (incluindo clubes) poderá ter qualquer contacto internacional (...)".

Apêndice B

Outro nome para mais um apêndice

Lisboa, 04 mar (Lusa) – A FIFA "acionou" o Comité de Emergência para agir quase na hora caso a Federação Portuguesa de Futebol (FPF) não aprove a 19 de março, em Assembleia Geral, a adequação dos estatutos ao novo regime jurídico das federações desportivas.

Fonte do organismo tinha revelado à Agência Lusa, logo depois da reunião de quinta-feira do Comité Executivo, em Zurique, que, caso não sejam aprovados os novos estatutos na próxima reunião magna da FPF "o Comité de Associações entregará o dossier ao Comité de Emergência para possíveis sanções, incluindo a suspensão da federação".

Na carta enviada pela FIFA à FPF, quinta-feira, o organismo é claro: "Se a FPF for suspensa, isso quer dizer que nenhuma equipa portuguesa (incluindo clubes) poderá ter qualquer contacto internacional (...)".

Apêndice C

Finalmente, o último apêndice

Lisboa, 04 mar (Lusa) – A FIFA "acionou" o Comité de Emergência para agir quase na hora caso a Federação Portuguesa de Futebol (FPF) não aprove a 19 de março, em Assembleia Geral, a adequação dos estatutos ao novo regime jurídico das federações desportivas.

Fonte do organismo tinha revelado à Agência Lusa, logo depois da reunião de quinta-feira do Comité Executivo, em Zurique, que, caso não sejam aprovados os novos estatutos na próxima reunião magna da FPF "o Comité de Associações entregará o dossier ao Comité de Emergência para possíveis sanções, incluindo a suspensão da federação".

Na carta enviada pela FIFA à FPF, quinta-feira, o organismo é claro: "Se a FPF for suspensa, isso quer dizer que nenhuma equipa portuguesa (incluindo clubes) poderá ter qualquer contacto internacional (...)".