

Resumos dos Trabalhos

Abimael Loula – LNCC/MCT

Título: Métodos de Elementos Finitos Estabilizados para Problemas Elípticos

São ressaltadas algumas limitações de formulações clássicas de Galerkin e apresentadas alternativas para superá-las. Discutem-se técnicas de estabilização baseadas em formulações de Petrov-Galerkin em um único campo bem como formulações mistas e híbridas ampliadas com resíduos de mínimos quadrados, abordando-se questões relacionadas a consistência, estabilidade, convergência e estimativas a priori de erro.

Alvaro L. G. A. Coutinho – UFRJ

Títulos: 3-D Turbulent Dynamical Flow-Bottom Interaction Simulation

Autores: Paulo L. Paraizo¹, Marco A. Moraes¹, Renato N. Elias², Alvaro L. G. A. Coutinho²

1. Cenpes, Petrobras, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.
2. High Performance Computing Center and Civil Engineering Dept, Rio de Janeiro Federal University , Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.

Abstract: The application of mathematical modeling in sedimentological studies is still in its infancy for practical purposes due to several reasons: complexity of the problems, lack of theoretical models, simplicity and drawbacks of mathematical models, and suspicion by the geological community. Despite that, the growing evidence of these studies as a complementary approach is being demonstrated by the increasing number of papers dealing with the subject in the last years.

The mechanism of turbulent flows transporting and depositing a huge amount of sand is a good example of a relevant problem being investigated by numerical models. Historically, Depth-averaged models have been extensively used to represent the Navier-Stokes equation that governs fluid flows. Depth-average models are a simplified model in the sense that they do not take into account the vertical variability of flow properties. More recently, Direct numerical simulations (DNS) have been used, in which the full 3D Navier-Stokes is solved, allowing the vertical reproduction of the flow properties as well as the complete scale representation of the turbulence, because of the adoption of very refined grid. The main drawback of the DNS is the computational time, since the full 3D equation is solved for a grid built to represent every scales of the turbulent flow field. This alternative reduces the ability to simulate geological situations, because of the time involved for reproducing each flow.

In this work we present a method to simulate a full 3D Navier-Stokes equation in unstructured grids, in which the turbulence is solved only for the larger scales, with a technique named Large Eddy Simulation (LES). This allows the reproduction in 3D of the flow properties, and can be run in a significantly coarser grid than the DNS. The sedimentation obtained in our model is quantitatively validated against the more precise DNS results. We implemented a dynamical interaction between the flow and the bottom that allows the flow to be influenced by the previous sedimentation, either in one or

multiple flows, without the necessity of remeshing. We validate the reproduction of the depositional elements (lobes and channel levee systems) against quantitative outcrop data, and performed a preliminary comparative study of steady versus unsteady flows. We also tested the flow over irregular surfaces, mimicking real cases, benefiting from the unstructured grids characteristics to deal with complex geometries.

Andre Nachbin - IMPA

Título: Ondas aquáticas em meios heterogêneos

Resumo: Este tema de pesquisa trata da dinâmica de ondas aquáticas (i.e. ondas de superfície ou ondas internas) na região costeira. Tanto no regime de águas rasas (ondas longas) ou no de profundidades intermediárias, estas ondas interagem com a topografia do fundo do mar levando ao estudo de ondas refletidas e ondas transmitidas. Este é um problema de grande importância ambiental pois estuda a forma e a energia de um grande distúrbio marítimo ao chegar próximo da região de arrebentação. Um exemplo de grandes distúrbios são tsunamis. Nestes modelos a topografia desempenha o papel de um meio heterogêneo de propagação, e neste contexto é muito interessante modelá-la como sendo uma fronteira aleatória do domínio fluido (corte vertical do mar), ou um coeficiente aleatório de um modelo reduzido de EDPs. Farei um apanhado dos fenômenos físicos de interesse, uma sinopse da teoria matemática em questão, com ilustrações e informação das simulações numéricas.

Palavras chave: Drill-string nonlinear dynamics: deterministic and stochastic models.

Dan Marchesin – IMPA

Título: Limitações da simulação numérica como método de investigação científica

Resumo: Simulação numérica é o primeiro método de investigação científica inventado depois do século XVI.

Simulações numéricas prometem substituir experimentos em laboratório que são muito caros ou impossíveis de realizar. Também prometem lançar luz sobre fenômenos cuja complexidade (tais como não-linearidade) os torna impossíveis de analisar com as técnicas matemáticas existentes. De fato, a pesquisa em muitas áreas, especialmente com grande importância econômica e social, passou a ser feita em grande parte via simulações. As limitações em velocidade de processamento e memória das máquinas frequentemente passaram a ser vistas pelos praticantes de simulação como o principal obstáculo para conseguir resultados mais realistas, corretos e úteis.

Argumentarei em minha apresentação que as limitações das pessoas que usam simulações numéricas como ferramenta principal de investigação são frequentemente a causa de inferências erradas baseadas nestas simulações.

Em minha opinião, as equipes que trabalham com simulação numérica devem ter a maior competência possível na área científica em que esta simulação é utilizada, bem como competência em Análise Numérica, e em áreas da matemática referentes à modelagem matemática utilizada na simulação.

Apresentarei exemplos em que erros científicos são causados ao se procurar soluções numéricas de problemas que, no limite, não tem solução como a procurada. A computação científica de fato valoriza antigas preocupações dos matemáticos, a de saber se problemas em estudo possuem realmente solução, e de que tipo, se a solução é única, e se é bem posta.

Não é verdade que outra preocupação, a de achar explicitamente as soluções, passou a ser irrelevante, face ao poder do método computacional. O conhecimento de soluções explícitas para certos subproblemas simplificados que ocorrem ao se resolver o problema em questão frequentemente dão origem a métodos numéricos que são 10, 100, 1000, etc, vezes mais rápidos ou precisos do que métodos genéricos, usualmente utilizados na "simulação numérica direta". Darei exemplos de tais métodos.

Minha conclusão é que o computador é a ferramenta multidisciplinar por excelência, e que ele deve ser utilizado levando em conta este seu caráter.

Fabio Dorini - Universidade Tecnológica do Paraná

Título: Lidando com incertezas nos dados de equações advectivas.

Resumo: As equações advectivas, ou equações de primeira ordem, têm um papel importante na modelagem matemática por representarem vários processos ligados ao transporte. Um modelo que seja mais fidedigno deve considerar aleatoriedade dos dados destas equações uma vez que estes dados provêm de experimentos em laboratórios ou testes exploratórios. Na busca de informações sobre "soluções" para a equação do transporte que leve em consideração a aleatoriedade dos parâmetros envolvidos, a velocidade e as condições iniciais, apresentaremos parte dos resultados de nossa pesquisa recente no assunto, definindo o que entendemos por solução, alguns exemplos nos quais é possível obter expressões para a função densidade de probabilidade e, na ausência destas expressões, como podemos utilizar métodos numéricos para estimar propriedades estatísticas destas soluções. Resultados computacionais e comparativos, principalmente com o método Monte Carlo, serão apresentados.

Fernando A Rochinha – COPPE – UFRJ

Título: Quantificação de Incertezas em Iteração Fluido-Estrutura

Resumo: A Simulação Computacional vem desempenhando um papel cada vez mais relevante em várias atividades em Engenharia e Ciências Aplicadas. Seu impacto tem sido reconhecido a ponto de ser incorporada através de disciplinas regulares na formação de engenheiros. No entanto, para que passe a integrar, de maneira consistente, a cadeia decisória em vários segmentos importantes, torna-se necessário um grande esforço no sentido de aumentar sua credibilidade, ou seja, aumentar a compreensão de como os cenários traçados por uma simulação representam, de forma fidedigna, a realidade. Esse é um esforço que tem sido organizado no bojo de uma nova área de pesquisa, hoje conhecida como Verificação & Validação (V&V) . Mais do que um conjunto de procedimentos sistemáticos, V&V constitui um arcabouço envolvendo conceitos, idéias e teoria que busca estabelecer como um modelo computacional específico pode ser

construído, ou mesmo modificado, para prover previsões confiáveis, e, idealmente, aferir quantitativamente o grau de confiabilidade destas.

Nesse contexto, Quantificação de Incertezas (QU) desempenha um papel de destaque. No presente trabalho, serão apresentados alguns resultados recentes na área de modelagem de Vibrações Induzidas por Vórtices (VIV), a que corpos esbeltos imersos em meios líquidos são expostos, com forte ênfase em QU. Destaque é dado para técnicas de modelagem estocástica .

Maicon Ribeiro Correa – UFJF

Título: Aproximações de fluxos em problemas elípticos de segunda ordem

A determinação numérica de fluxos em problemas elípticos de segunda ordem permeia diversas aplicações nas ciências exatas, e a precisão no seu cômputo é peça chave para a simulação de processos transientes associados. Em particular, os esquemas numéricos devem ser capazes de lidar com coeficientes heterogêneos descontínuos e de preservar propriedades de conservação locais. Um exemplo clássico é o escoamento de um fluido incompressível em um meio poroso saturado, usualmente modelado pelo sistema de EDP's composto pela equação de conservação da massa do fluido mais a Lei de Darcy. Neste sistema, conhecido como Problema de Darcy, o fluxo representa a velocidade de escoamento. A bem estabelecida classe de métodos de elementos finitos baseada em interpolações nodais para os fluxos não herda a física correta, que está relacionada com a continuidade do fluxo normal e descontinuidade da componente tangencial entre dois elementos de permeabilidades distintas. Métodos de elementos finitos mistos clássicos aplicados a este problema utilizam diferentes espaços de aproximação para a velocidade e a pressão, como consequência da satisfação das hipóteses do teorema de Brezzi para o problema aproximado, fornecendo aproximações localmente conservativas para o fluxo. Nesta apresentação descrevemos algumas metodologias para o cálculo de fluxos em problemas elípticos de segunda ordem, abordando questões relativas à sua análise numérica e aplicações.

Mark Ainsworth - Strathclyde University, UK

Title: Optimal Order Algorithms for the Assembly of Finite Element Systems

Abstract: The use of high order polynomials for finite element approximation in conjunction with adaptive mesh refinement and local order enrichment has been shown, both theoretically and analytically, to deliver exponential rates of convergence. However, the cost of assembling the finite element system for such approximations may offset the advantages of using fewer degrees of freedom. It can be shown that the cost of assembling the system for p -th order approximation in d -spatial dimensions must grow at least as $O(p^2d)$. However, this rate has thus far only been attained using spectral element approximations on tensor product elements. We present a new approach using Bernstein-Bezier polynomials and show that it attains the optimal rate even on simplicial elements in $d = 1, 2, 3$ dimensions.

Olivier Roussel - CERFACS, Toulouse, France

Title: Coherent Vortex Simulation of weakly compressible turbulent flows using adaptive multiresolution method.

Abstract: An adaptive multiresolution method based on a second order finite volume discretization is presented for solving the three-dimensional compressible Navier-Stokes equations in Cartesian geometry. The explicit time discretization is of second order and for flux evaluation a 2-4 Mac Cormack scheme is used. Coherent Vortex Simulations (CVS) are performed by decomposing the flow variables into coherent and incoherent contributions. The coherent part is computed deterministically on a locally refined grid using the adaptive multiresolution method while the influence of the incoherent part is neglected. The computational efficiency of this approach in terms of memory and CPU time compression is illustrated for turbulent mixing layers in the weakly compressible regime and for low Reynolds numbers. Comparisons with direct numerical simulations allow to assess the precision and efficiency of CVS.

Philippe Devloo FEC – FEC-Unicamp

Title: Hierarchical high order finite element approximation spaces for $H(\text{div})$ and $H(\text{curl})$

Abstract: The aim of this talk is to present a systematic procedure for the construction of a hierarchy of high order finite element approximations for $H(\text{div})$ and $H(\text{curl})$ spaces based on quadrilateral and triangular elements with rectilinear edges. The principle is to choose appropriate vector fields, based on the geometry of each element, which are multiplied by an available set of H^1 hierarchical scalar basic functions. We show that the resulting local vector bases can be combined to obtain continuous normal or tangent components on the elements interfaces, properties that characterize piecewise polynomial functions in $H(\text{div})$ or $H(\text{curl})$, respectively.

Ralf Deiterding - Oak Ridge National Laboratory, and Manuel Lombardini - California Institute of Technology

Title: Simulating Shock-driven Turbulence with a Hybrid Adaptive Scheme

Abstract: Turbulent flows exhibit a cascade of smooth features that span a broad range of scales. In the large-eddy simulation approach, eddies larger than the grid resolution are resolved by the transport scheme, while the turbulent activity below that scale is modeled. When additionally shock waves are present and interact with turbulent flow regions, the requirements on the numerical method become contradictory and standard finite volume methods perform very poorly. Shock-capturing schemes handle discontinuities reliably but tend to introduce large amounts of numerical dissipation to turbulent regions that can render the modeling of subgrid terms obsolete. Low-numerical dissipation centered schemes, on the other hand, suffer from Gibb's phenomenon and need to be stabilized near discontinuities, e.g., by artificial viscosity. As a remedy to these problems, hybridized methods, which switch dynamically between an upwind shock-capturing and a centered

finite volume flux, have recently been proposed. Here, we consider primarily the WENO/TCD hybrid method by Hill & Pullin (J. Comput. Phys. 194 (2004)). Utilizing numerous test cases we report on the efficiency and reliability of available switching criteria. A new shock indicator is presented that constructs an approximate characteristic decomposition at cell interfaces and detects shocks unambiguously by recourse to Liu's entropy condition. Further on, we discuss the incorporation of the hybrid method into our block-structured parallel adaptive mesh refinement framework AMROC, highlighting particularly modifications in the partitioning algorithm to accommodate for a method with highly non-uniform workload. A brief overview of realistic large-scale LES computations of shock-driven turbulent mixing done with the software concludes the presentation.

Regina Célia Cerqueira de Almeida – LNCC/MCT

Título: Métodos de Estabilização para Problemas de Transporte.

Resumo: É bem conhecido que o método de elementos finitos de Galerkin é inapropriado para a obtenção de soluções de problemas de transporte singularmente perturbados. Nos últimos 30 anos, várias metodologias têm sido propostas na literatura para contornar esta dificuldade. Nesta palestra, uma revisão dos métodos estabilizados para esta classe de problemas é apresentada, indicando os principais avanços e desafios, desde os primeiros desenvolvimentos até as abordagens mais atuais.

Rubens Sampaio - PUC-Rio

Title: Drill-string nonlinear dynamics: deterministic and stochastic models.

Abstract: The presentation analyzes the nonlinear dynamics of a drill-string including uncertainty modeling. A drill-string is a slender exible structure that rotates and digs into the rock in search of oil. A mathematical-mechanical model is developed for this structure including uid-structure interaction, impact, geometrical nonlinearities and bit-rock interaction. After the derivation of the equations of motion, the system is discretized by means of the Finite Element Method and a computer code is developed for the numerical computations using MATLAB. The normal modes of the system in the prestressed con_guration are used to construct a reduced order model for the system. To take into account uncertainties, the nonparametric probabilistic approach, which is able to take into account both parameter and model uncertainties, is used. The probability density functions related to the random variables are constructed using the Maximum Entropy Principle and the stochastic response of the system is calculated using the Monte Carlo Method. A novel approach to take into account model uncertainties in a nonlinear constitutive equation (bit-rock interaction model) is developed using the nonparametric probabilistic approach. To identify the dispersion parameter of bit-rock interaction model, a methodology is proposed applying the Maximum Likelihood Method and a statistical reduction in the time domain (using the Karhunen-Loeve decomposition). Finally, a robust optimization problem is performed to find the operational parameters of the system that maximizes its performance, respecting the integrity limits of the system, such as fatigue and instability.

Keywords: Random vibration, modal analysis, orthogonal decomposition, smooth modes, model reduction

Saulo Pomponet Oliveira, Universidade Federal do Paraná

Título: Cálculo e aplicabilidade da expansão truncada de Karhunen-Loève no contexto do método de elementos finitos para equações diferenciais estocásticas.

Resumo: Se um processo estocástico gaussiano possui uma função de covariância positiva definida, então ele pode ser escrito como uma expansão de Karhunen-Loève (KL), que é uma série cujos termos são variáveis aleatórias independentes com pesos determinísticos. Os pesos dependem dos autovalores e autovetores da equação de Fredholm de segunda espécie associada à função de covariância. Esta série produz uma separação entre a parte espacial e a parte aleatória do processo gaussiano. Tal separação é útil, em particular, na solução numérica de equações diferenciais com dados de entrada dependentes de processos gaussianos por métodos de elementos finitos. Com a expansão de KL pode-se adotar uma estratégia semelhante à semi-discretização no espaço e no tempo para problemas transientes. Esta apresentação trata de estratégias de discretização da equação de Fredholm associada a uma função de covariância de um processo gaussiano, que permite calcular um número finito de termos da expansão KL, e do uso desta expansão truncada em métodos de elementos finitos.

Valdemir Garcia Ferreira – ICMC USP

Título: Esquemas upwind TVD/CBC de alta resolução para equações de conservação.

Resumo: Serão discutidos conceitos básicos para se desenvolver um esquema upwind de alta resolução no contexto dos critérios de estabilidade TVD/CBC. Esquemas particulares desenvolvidos no LCAD/ICMC/USP serão apresentados. Utilizando-se desses esquemas particulares, uma ampla variedade de resultados numéricos para leis de conservação hiperbólicas e aplicações em problemas de escoamentos de fluidos serão mostradas.