

PROJETOS DE INTERAÇÃO UNIVERSIDADE-EMPRESA EM MECÂNICA DOS FLUIDOS COMPUTACIONAL

Clovis Raimundo Maliska

Laboratório de Simulação Numérica em
Mecânica dos Fluidos e Transferência de Calor - SINMEC
Depto. de Engenharia Mecânica - UFSC
88040-900 - Florianópolis - SC

RESUMO

O avanço tecnológico que estamos presenciando mundialmente se traduz em processos e métodos cada vez mais sofisticados, requerendo para o seu domínio mão de obra sempre mais qualificada. Os processos de automação industrial, por exemplo, possuem embutidos, além da sofisticada tecnologia inerente ao processo, larga dose de algoritmos matemáticos e informática. O entendimento destes processos, a preparação da mão de obra qualificada e o pleno uso da moderna tecnologia podem ser alcançados em projetos de cooperação entre a universidade e as empresas.

Esta interação, se bem executada, pode se constituir em um importante mecanismo de superação da dependência tecnológica. Tem-se discutido intensivamente os caminhos desta interação em mesas redondas de congressos científicos sem, entretanto, observar-se um fortalecimento das relações entre a academia e as empresas. A execução de projetos de pesquisa e desenvolvimento onde os interesses empresariais e o crescimento científico do pesquisador são mutuamente mantidos é, sem dúvida, o caminho para a busca de inúmeras soluções para os problemas que afligem a indústria nacional.

1. INTRODUÇÃO

Uma forte interação entre a Universidade e o setor produtivo é a receita de trabalho da grande maioria das Universidades dos países desenvolvidos. Dos aspectos positivos deste processo dois merecem destaque. O primeiro deles é a redução do tempo de transformação das descobertas científicas em projetos de interesse da sociedade e, o segundo, o aporte de recursos que permite que novas descobertas sejam realizadas. No Brasil, mesmo em desenvolvimentos extremamente aplicados, não tem sido fácil esta interação em função da cultura reinante, tanto no setor produtivo como no meio acadêmico.

Em se tratando de desenvolvimentos básicos e fundamentais as dificuldades tem sido ainda maiores, pois poucas são as empresas que possuem a visão para investir neste campo. A crise econômica, obviamente, é um fator inibidor importante. Em áreas onde os reflexos sobre os custos são imediatos, como em política de custos e financeira, a penetração da academia é mais acentuada. Na solução de problemas de engenharia, muitas vezes afeto a produtos que ainda mantém uma parcela do mercado, a necessidade de investimentos em pesquisa e desenvolvimento não é facilmente perceptível. Por outro lado, no meio acadêmico, pelo menos na área tecnológica, os pesquisadores não tem tido a sensibilidade para interpretar os anseios do setor produtivo.

Com a rápida disseminação da poderosa ferramenta de cálculo que é o computador, um grande passo pode ser dado no sentido de fazer com que sejam aprimorados os métodos e

processos usados na indústria. Tais métodos e processos, conforme já salientado, são viabilizados por algoritmos matemáticos e computacionais. Urge, portanto, disseminar a "cultura" do uso destas ferramentas no setor produtivo pois o ganho em qualidade e poder de competição dos produtos é extremamente grande. O desafio que está posto, portanto, é criar mecanismos para concretizar a penetração da matemática aplicada e computacional na indústria. E a Universidade tem muito a contribuir para este objetivo.

Este artigo tem como objetivo relatar nossa experiência em projetos de interação com empresas e institutos de desenvolvimento do país na área de Mecânica dos Fluidos Computacional. Esta área é bastante representativa do que se pode realizar em engenharia com as ferramentas matemáticas e computacionais existentes.

O trabalho se divide em duas partes. Na primeira, considerações gerais sobre a problemática da interação Universidade-Empresa e suas implicações no desenvolvimento tecnológico são tecidas, enquanto que na segunda nossa atenção é dirigida para a descrição dos fatos positivos e negativos dos projetos de cooperação por nós realizados. Os projetos abrangem as áreas de Aerodinâmica, em interação com o Instituto de Aeronáutica e Espaço/CTA no desenvolvimento do Veículo Lançador de Satélites-VLS), de Escoamentos Ambientais, em cooperação com a Eletrosul para a previsão de dispersão de poluentes em corpos d'água e de Simulação de Reservatórios de Petróleo, com a Petrobrás para o desenvolvimento de simuladores bi e tridimensionais, e de Transferência de Calor, em projetos menores.

2. O PROJETO DE COOPERAÇÃO UNIVERSIDADE/EMPRESA

2.1 - PRELIMINARES

Uma das mais acaloradas discussões atuais discorre sobre a influência da abertura de mercado na saúde das indústrias nacionais. A total permissão para importação de produtos que possuem alta tecnologia embutida criaria uma competição desleal com os produtos similares nacionais, o que ocasionaria o fechamento de um grande número de empresas, principalmente as pequenas.

Por outro lado, o fechamento do mercado impede que novas tecnologias sejam incorporadas aos nossos produtos, forçando o consumidor brasileiro ao uso de equipamentos e produtos com tecnologia obsoleta, não raro pagando preços mais elevados do que os dos concorrentes internacionais. Ainda mais danoso é o fato desta prática literalmente acabar com as possibilidades de exportação de nossos produtos para mercados mais exigentes por falta de qualidade técnica.

Durante o fechamento das importações, quando então qualquer produto com "similar" nacional não podia ser adquirido do exterior, nossas empresas não procuraram avançar tecnologicamente, criando uma grande distância entre a qualidade de nossos produtos e os importados. Aquele período foi a oportunidade que tivemos de, sem a existência de concorrência acirrada com produtos externos, desenvolver projetos de cooperação com as universidades e institutos de pesquisa buscando conhecer a fundo a tecnologia embutida nos produtos dos concorrentes, estudando-a, desenvolvendo métodos e formando mão de obra qualificada, para agora poder concorrer em um ambiente de saudável livre mercado.

Contida nas últimas cinco linhas acima está a tarefa que, se não foi feita no passado, deverá ser realizada o mais breve possível e com muito fôlego, com o risco de, se isto não acontecer, nos tornarmos uma nação que apenas oferta sua mão de obra aos detentores da tecnologia de ponta.

2.2 - A NATUREZA DO PROJETO DE COOPERAÇÃO

É no contexto da pesquisa e desenvolvimento, do aprofundamento dos conhecimentos sobre os gargalos tecnológicos de nossa empresa, no desenvolvimento de novos métodos e processos, na criação de uma "cultura" tecnológica sobre o assunto, que inclui a formação de mão de obra qualificada, que as universidades e institutos tem muito a contribuir.

Para que estes objetivos sejam alcançados com os projetos de cooperação, os mesmos devem ser pautados dois pontos básicos descritos a seguir.

1. Pelo setor produtivo deve ser entendido que o domínio dos processos e o aperfeiçoamento tecnológico de uma determinada área requer maturação dos conhecimentos e, portanto, não se faz a curto prazo. Se o contínuo aperfeiçoamento é desejado, logicamente o envolvimento deve ser também contínuo.
2. Pelos pesquisadores das universidades e institutos deve ser entendido que as empresas tem objetivos claros, que devem ser continuamente perseguidos. Logicamente que esta perseguição se dará lançando-se mão de todo o ferramental teórico disponível ao pesquisador. É neste ponto que reside a riqueza da cooperação, pois novos caminhos e alternativas nascem deste exercício. Repetimos, entretanto, que os objetivos devem sempre permanecer claros. Tomando emprestada a denominação americana, o pesquisador deve atuar dentro do conceito de "mission oriented project".

A não observância do item (1), dizem os pesquisadores, é a responsável pelo baixo número de projetos entre as empresas e a academia. Por outro lado, o setor produtivo insinua que os resultados dos projetos de cooperação tem sido, quase que na totalidade, teses e artigos científicos, faltando ainda "traduzir" e "aplicar" aqueles conhecimentos para a consecução dos objetivos das empresas. Sem querer detectar em qual dos dois pontos se inicia o problema, o resultado é um descrédito mútuo que deve ser eliminado, uma vez que não podemos deixar de usar este rico mecanismo de avanço tecnológico, pois corre-se o risco das empresas permanecerem atrasadas e as universidades e institutos não conseguirem justificar-se perante a sociedade como um veículo de ajuda para a melhoria da qualidade de vida da população.

2.3 - OS RESULTADOS

Sendo viável a realização de um projeto de cooperação onde o imediatismo não esteja presente é possível para o pesquisador inserir o projeto em suas linhas de pesquisa. Mantendo-se sempre em mente atingir os objetivos da empresa, este processo permite:

1. O treinamento de alunos de graduação e pós-graduação na realização de trabalhos de teses e participação no projeto;
2. O aprofundamento dos conhecimentos do pesquisador nos assuntos da empresa e
3. A maturação dos conhecimentos criando uma "cultura" tecnológica do assunto.

Os integrantes do projeto, como alunos de graduação e pós-graduação, são candidatos naturais para participar dos quadros da empresa e expandir ainda mais o processo de pensamento sobre o assunto. Não é necessário alertar que os resultados deste processo de tentativa de domínio científico e tecnológico de um determinado assunto não aparecem a curto prazo.

Na próxima parte deste artigo a área de Mecânica dos Fluidos Computacional é introduzida e os projetos de cooperação realizados nos últimos 7 anos pelo Laboratório de Simulação Numérica - SINMEC são descritos.

3. PROJETOS DE COOPERAÇÃO DESENVOLVIDOS EM MECÂNICA DOS FLUIDOS COMPUTACIONAL

3.1 - PRELIMINARES

Conforme salientado anteriormente, a aplicação de modelos numéricos em fluidos é um bom exemplo do uso dos recursos matemáticos e computacionais para a solução de complexos problemas de engenharia. Esta área de trabalho, denominada de Mecânica dos Fluidos Computacional, e conhecida internacionalmente como CFD (Computational Fluid Dynamics), pode ser empregada em diferentes níveis de complexidade. No Brasil ela é aplicada na maioria dos casos, como veremos, em grandes projetos, mas nos países desenvolvidos a técnica já está acoplada a outras técnicas de projeto, como CAD/CAM, permitindo uma melhoria do produto com mais baixo custo de desenvolvimento.

A técnica consiste na solução de equações ou sistemas de equações diferenciais que governam um determinado fenômeno físico. Por exemplo, imagine que estamos projetando o gabinete de um computador pessoal. Neste projeto é vital prever a temperatura de trabalho dos chips, pois disto dependerá a qualidade e vida útil do computador. A temperatura de trabalho dos chips, por sua vez depende das condições de escoamento do ar soprado pelo ventilador, e estas condições podem ser previstas pelas equações da Mecânica dos Fluidos. Quanto mais exatas forem previstas as condições de escoamento do ar, mais precisa será a determinação da temperatura de trabalho dos chips, permitindo confiabilidade ao projeto.

Neste exemplo, ou em qualquer outro desenvolvimento, o nível de precisão na solução das equações da Mecânica dos Fluidos depende da necessidade do projeto e deve ser decidido pela equipe responsável. É lógico que quanto mais acessível for às empresas o uso de técnicas mais modernas e precisas, melhor será o projeto de seus produtos. A não previsão teórica dos fenômenos físicos envolvidos, força que todo o desenvolvimento seja realizado suportado por experimentos de laboratório, tornando-o extremamente caro. A receita moderna é o uso de técnicas da Mecânica dos Fluidos Computacional associadas a experimentos selecionados em laboratório, propiciando uma otimização nos gastos de desenvolvimento.

A disponibilidade sempre maior, com preços sempre menores, dos computadores e de técnicas computacionais abre a possibilidade para que mais empresas façam uso destas ferramentas, na busca do aumento de qualidade de seus produtos. É neste momento que os projetos de interação entre as universidades e empresas desempenham um papel fundamental. É bastante menos custoso para as empresas alicerçarem-se nos pesquisadores das universidades e institutos para absorver estas tecnologias do que criar quadros especiais para este fim. O tempo necessário para se atingir a maturidade na área seria grande demais, incompatível com as escalas de tempo das competições mercadológicas. A empresa, sim, deve manter uma massa crítica mínima com capacidade de acompanhar e absorver os desenvolvimentos realizados.

3.2 - OS PROJETOS

Três importantes projetos de cooperação realizados nos últimos sete anos serão comentados, procurando apresentar os seus pontos positivos e negativos. Todos os projetos foram de longo prazo (duração maior do que dois anos), permitindo que junto com a busca dos objetivos do projeto fossem sendo realizados avanços na área numérica que, automaticamente, geraram produção científica para os pesquisadores e passam a integrar outros desenvolvimentos do grupo de pesquisa.

3.2.1 - AERODINÂMICA SUBSÔNICA E SUPERSÔNICA

Este projeto foi realizado em cooperação com o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) do Centro Técnico Aeroespacial (CTA) de São José dos Campos. O projeto teve como objetivo o desenvolvimento de um código computacional para cálculos de aerodinâmica supersônica sobre veículos espaciais. Os objetivos de longo prazo do IAE foram a transferência para as universidades (outros projetos foram realizados com outros centros de pesquisa) da tarefa de "pensar" sobre os problemas aeroespaciais nacionais.

O projeto teve a duração de 5 anos e ao final foi entregue ao IAE um código computacional, denominado MACH3D, para solução de problemas tridimensionais de aerodinâmica, tanto subsônica como supersônica[1]. Este sempre foi o alvo do projeto. Uma série de contribuições paralelas foram, entretanto, realizadas. Pode-se citar:

1. Devido a longa duração do projeto estabeleceu-se uma linha de pesquisa em aerodinâmica que permitiu que aproximadamente 20 pessoas, entre alunos de graduação, pós-graduação e professores, fossem treinadas na área. Estudos intensivos de aerodinâmica sobre a parte frontal do VLS, mostrada na Fig. 1, foram realizados e os resultados comparados com aqueles obtidos experimentalmente pelo IAE na França.
2. No início do projeto a intenção foi trabalhar com algoritmos para escoamentos supersônicos apenas. Decidiu-se ampliar os estudos incluindo também escoamentos subsônicos. Contribuições importantes na área foram realizadas, onde um esquema numérico para escoamentos de qualquer velocidade[2,3] foi desenvolvido.
3. Um esquema numérico de multi-blocos[4] para tratamento de geometrias extremamente complexas também foi desenvolvido.
4. Uma tese de doutorado e três de mestrado e mais de duas dezenas de artigos científicos foram originados com o projeto de cooperação.
5. A criação do código MACH3D, que possui embutido o esquema numérico para qualquer velocidades, pode agora ser aplicado para problemas de aerodinâmica automotiva. As Figs. 2 e 3 mostram as malhas a serem usadas nas simulações do escoamento sobre uma Ferrari e um Volkswagen 1300. Problemas de aerodinâmica de edifícios podem também ser resolvidos com o MACH3D.
6. Os objetivos fixados para o projeto forçaram outros desenvolvimentos não previstos, como a criação do software de visualização ISO-3D [5], que pode ser empregado na visualização de campos em outras áreas de engenharia, na área médica, ambiental, etc.

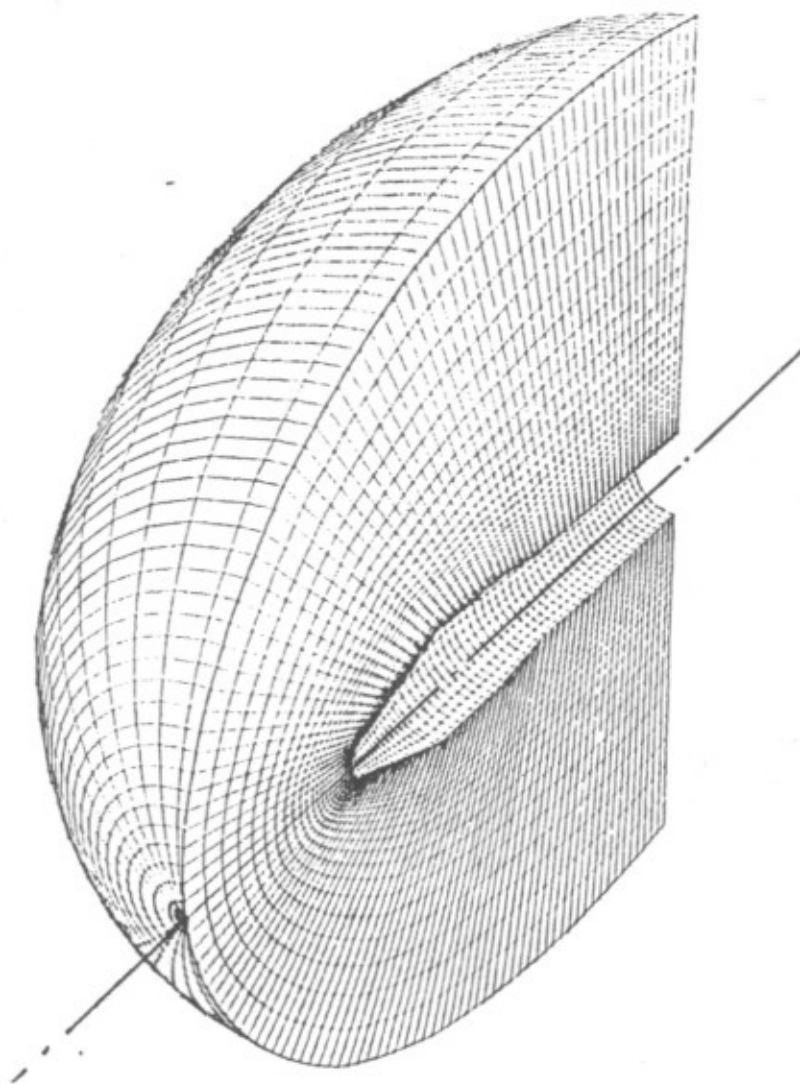


Figure 1: Parte frontal do VLS e malha computacional.

3.2.2 - MECÂNICA DOS FLUIDOS AMBIENTAL

Este projeto teve como parceiro a ELETROSUL - Centrais Elétricas do Sul do Brasil, com o objetivo de desenvolver um código computacional para previsão de descargas térmicas e de poluentes em corpos d'água. A motivação para o projeto é a necessidade de elaboração do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) pela ELETROSUL quando a mesma pretende instalar usinas termoelétricas e faz a descarga da água dos condensadores em corpos d'água.

Além desta finalidade o estudo da recirculação da água de descarga dos condensadores deve ser realizada para evitar que água ainda quente seja bombeada de volta para a usina para a refrigeração dos condensadores. Os seguintes resultados foram obtidos com o projeto.

1. Desenvolvimento de um código computacional para previsão de descargas térmicas em corpos de águas rasas levando-se em consideração a

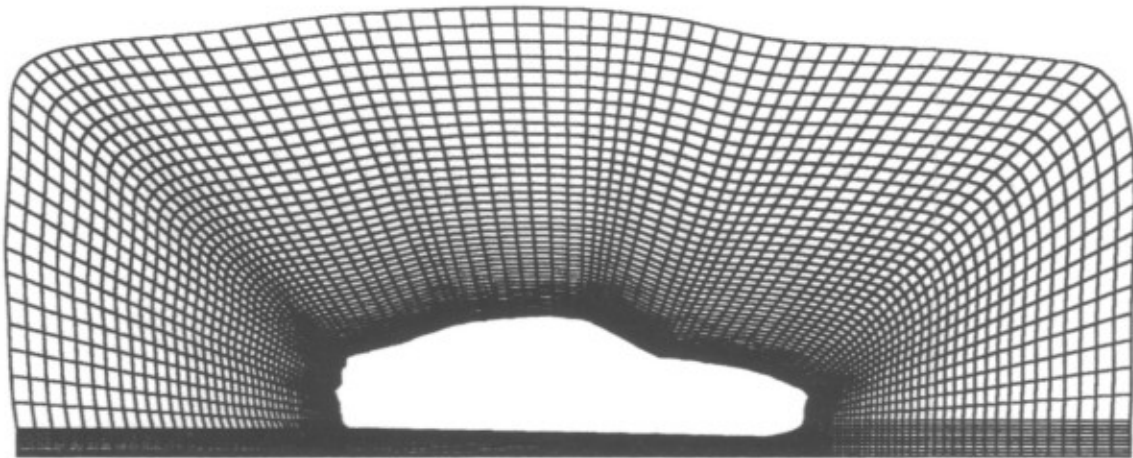


Figure 2: Malha computacional sobre uma Ferrari

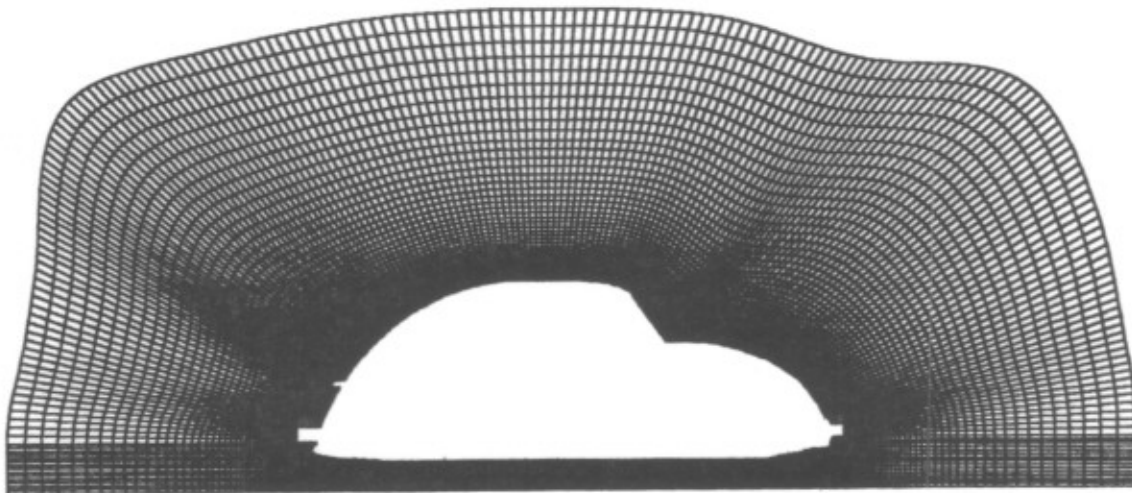


Figure 3: Malha computacional sobre uma Volkswagen 1300

batimetria[6,7]. Descargas de poluentes também podem ser analisadas com o mesmo software.

2. O projeto de cooperação permitiu a criação de uma linha de pesquisa na área ambiental que diversificou para a análise de descargas de chaminés[8]. Três trabalhos de mestrado resultaram da cooperação e um de doutoramento está em andamento.

A Fig. 4 mostra para efeitos de ilustração a propagação de uma descarga térmica que cessa após um tempo de injeção e é dissipada pela corrente do corpo d'água.

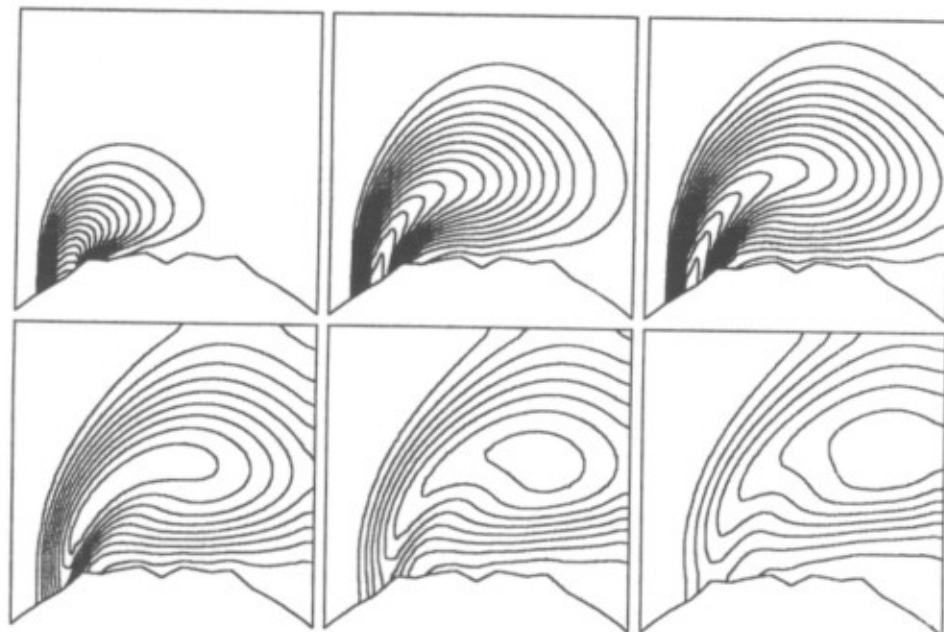


Figure 4: Avanço do ataque térmico em um corpo d'água.

Como ponto negativo deste projeto pode-se citar a não continuidade do mesmo dentro da Eletrosul. Em 1990, duas empresas nacionais que estavam preparando relatórios de impacto ambiental para a Eletrosul manifestaram o interesse de usar nosso software em seus trabalhos, em substituição a métodos menos precisos usados para quantificar a região de ataque térmico das descargas. Infelizmente os projetos foram paralizados e as pessoas da Eletrosul que coordenavam o projeto deixaram a empresa.

3.2.3 - SIMULAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE PETRÓLEO

Este projeto, patrocinado pela Petrobrás S/A, tem como objetivo criar um código computacional para a simulação tridimensional de reservatórios de petróleo. O projeto teve início em meados de 1991 com a tarefa inicial de desenvolver um código bidimensional usando coordenadas curvilíneas generalizadas. Esta tarefa foi concluída e o programa SIRP2D[9] foi entregue à Petrobrás. Atualmente encontra-se em desenvolvimento o SIRP3D, para simulações tridimensionais. Os simuladores são usados pela empresa para analisar estratégias de investimentos, previsão de produção dos poços, localização de novos poços, etc.

Os desenvolvimentos estão sendo feitos com estreito contato com os técnicos da Petrobrás para que o simulador resultante possua as características dos simuladores comerciais disponíveis,

com os quais a Petrobrás tem familiaridade. Em discussões que temos mantido com o pessoal da Petrobrás temos ouvido que muitos desenvolvimentos realizados fora da empresa muitas vezes não podem ser utilizados por não terem sido criados dentro dos padrões internos. Em empresas do porte da Petrobrás este é um item que deve ser observado quando da realização de projetos de cooperação.

Este projeto representa um grande desafio para o Laboratório de Simulação Numérica pois pretende-se concluir o projeto apresentando um código com uma estrutura computacional similar àquelas dos simuladores comerciais e apta para receber alterações e melhorias.

As Fig. 5 mostra o gráfico de razão água/óleo nos poços produtores em uma simulação bidimensional, um parâmetro importante de comportamento do reservatório, enquanto que a Fig.6 mostra as linhas de iso-saturações de água. As linhas de iso-saturações nos permitem conhecer o avanço da frente de água provenientes dos poços injetores.

Duas dissertações de mestrado estão em desenvolvimento nesta área.

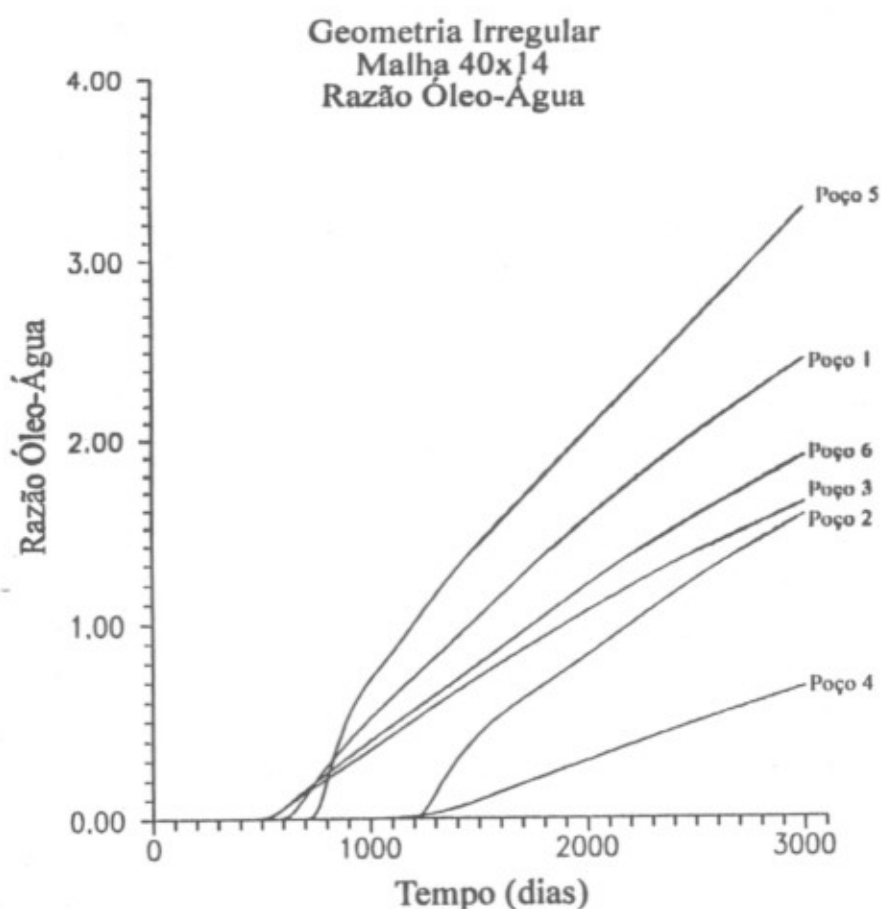


Figure 5: Razão Água/Óleo para um reservatório com 6 poços produtores e 2 injetores

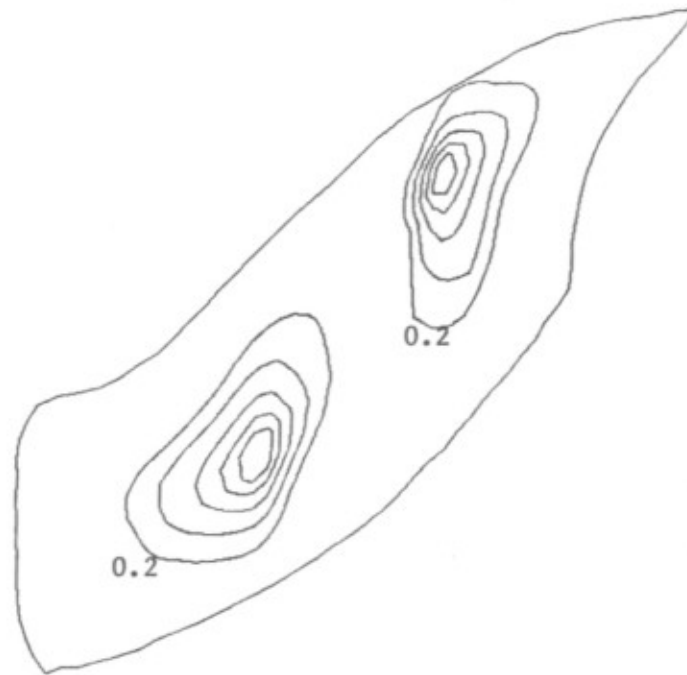


Figure 6: Iso-Saturações para os dois poços injetores

4. COMENTÁRIOS GERAIS

Um ponto importante a ser ressaltado sobre todos os projetos é relativo a forma de encarar a atividade de pesquisa quando relacionada a um projeto de cooperação de objetivos bem definidos. Tomando-se como exemplo o projeto de aerodinâmica, poder-se-ia também ter dedicado estes cinco anos de estudos resolvendo problemas bem mais acadêmicos, investigando esquemas numéricos, produzindo uma série de trabalhos científicos, sem ter, entretanto, chegado ao desenvolvimento de um programa computacional que agora pode ser usado intensivamente pelo IAE/CTA, e também pode ser empregado em uma série de outras atividades. Nos parece que o importante é a filosofia empregada, de acreditar que os desenvolvimentos científicos podem ser mais rapidamente repassados às empresas se os projetos possuírem objetivos claros a serem perseguidos. O trabalho científico e o aplicado podem, sem conflito, caminhar paralelamente.

Outro ponto, talvez mais relevante ainda que o anterior, é a manutenção da equipe de pesquisa e desenvolvimento dentro das universidades. Como as universidades não possuem nos seus quadros espaço para pesquisadores que não sejam docentes, é árduo manter uma equipe de pesquisa quando os projetos de cooperação são intermitentes. A experiência mostra que tem sido bastante difícil manter equipes constantes que apresentem capacidade de atender as necessidades do setor produtivo.

Sem boas equipes um possível trabalho de cooperação passa a envolver apenas o pesquisador, o que impede que se estabeleça um ambiente onde a formação de mão de obra e a discussão das idéias crie aquilo que denominamos de "cultura" da pesquisa sobre o assunto em pauta.

5. REFERÊNCIAS

1. MACH3D - Código Computacional para Solução de Escoamentos de Qualquer Velocidade sobre Geometrias Arbitrárias. Laboratório de Simulação Numérica em Mecânica dos Fluidos e Transferência de Calor - SINMEC - UFSC, 1992..
2. Silva, A.F.C. e Maliska, C.R., "Uma Formulação Segregada em Volumes Finitos para Escoamentos Compressíveis e/ou Incompressíveis em Coordenadas Generalizadas", II ENCIT, Águas de Lindóia, 1988..
3. Marchi, C.H., Maliska, C.R. e Silva, A.F.C., "A Boundary-Fitted Numerical Method for the Solution of Three-Dimensional All Speed Flows Using Co-located Variables", III ENCIT, Itapema, 1990..
4. Marchi, C.H., Maliska, C.R. and Silva, A.F.C., "Solução Numérica de Escoamentos em Geometrias Complexas usando a Técnica de Multiblocos", IV ENCIT, Rio de Janeiro, 1992..
5. Maliska Jr., C.R., Dihlmann, A., "ISO-3D - Visualizador Tridimensional para Campos Escalares e Vetoriais", Anais do XII CILAMCE, Congresso Íbero-Latino Americano sobre Métodos Computacionais para Engenharia, Porto Alegre, 1992..
6. Maliska, C.R., "Previsão Numérica do Impacto Térmico de Efluentes Quentes em Corpos D'Água", Revista Engenharia Ambiental, pp.44-48, Ano I, Fev. 1988..
7. Maliska, C.R., Silva, A.F.C., Polina, S. e Perez, J.A.O., "Heat TRansfer Predictions of Thermal Discharges in Water Bodies", IX COBEM, Florianópolis, SC, 1987..
8. Dihlmann, A., Maliska, C.R. e Silva, A.F.C., "Solução Numérica da Descarga de Chaminés em Ambientes Estratificados", X COBEM, Rio de Janeiro, 1991..