



O engenheiro das ondas

Estudos sobre a dinâmica das águas marinhas e estruturas flutuantes resultaram em soluções que permitem a extração de petróleo em alto-mar

Marcos de Oliveira | RETRATO Léo Ramos

IDADE 67 anos

ESPECIALIDADE

Mecânica dos fluidos e hidrodinâmica marítima

FORMAÇÃO

Graduação em engenharia civil na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP), em 1971. Mestrado e doutorado no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), de 1973 a 1978

INSTITUIÇÃO

Poli-USP

PRODUÇÃO CIENTÍFICA

30 artigos, 2 livros (ainda não publicados). Orientou 12 mestrados e 5 doutorados

Formado em engenharia civil, o paulistano José Augusto Penteado Aranha trilhou durante 40 anos o caminho da hidrodinâmica marinha, estudando as ondas, correntes marítimas e suas relações com navios, plataformas de petróleo e tubulações que ligam essas estruturas aos poços no fundo do mar. Tomou gosto pela área quando fez mestrado e doutorado no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), nos Estados Unidos. “Mecânica dos fluidos e hidrodinâmica marinha são campos abertos que têm mais porosidade com outras áreas”, explica Aranha. Liderou grupos no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), entre 1978 e 1989, e depois na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP). Ele esteve à frente dos estudos sobre o comportamento e relação das ondas com as plataformas, navios e *risers*, tubulações que levam o petróleo e o gás até a superfície. Contribuiu assim para a Petrobras explorar petróleo em profundidades maiores que 400 metros (m), em meados da década de 1980, atingindo até as águas ultraprofundas a mais de 1.000 m a partir da lâmina d’água, nos anos 1990. Uma capacitação que continuou no pré-sal a partir de 2008.

Aranha tem se dedicado ao desenvolvimento de um método de análise que permita estimar a vida útil dos *risers* de uma forma consistente e econômica. A relação entre correntes e *risers* leva à formação alternada de vórtices, que geram tensões no sistema e podem levar à ruptura das tubulações. Quando isso ocorre, petróleo e gás vazam no mar, trazendo grandes prejuízos ambientais e financeiros.

Nos seus estudos sobre modelagem matemática desenvolveu uma fórmula para calcular a interação das ondas e correntes

marítimas com plataformas de petróleo e navios que ficou conhecida como Fórmula Aranha. Ela é usada para calcular a deriva e o amortecimento de ondas em águas profundas. Embora com a equação incorporada aos manuais da ciência e com a contribuição para a indústria petrolífera, Aranha não gosta muito de falar de si mesmo. “É muito difícil, sem cair em coisas que são ridículas”, diz Aranha. Casado com a artista plástica Carmen Sylvia Guimaraes Aranha, do Museu de Arte Contemporânea (MAC) da USP, com dois filhos, Aranha está prestes a se aposentar, aos 67 anos. Ele pretende continuar os estudos sobre a dinâmica das ondas e correntes marítimas. Nos últimos anos tem feito várias críticas ao ensino da engenharia. Não concorda com um aprendizado focado no utilitarismo, defende uma visão ampla em que o aluno possa descobrir as formas de pensar que levaram à construção da ciência.

O senhor se formou em engenharia civil e se dedicou à hidrodinâmica marinha? São áreas distantes?

Eu era um estudante desmotivado na Poli. No quarto ano concluí que continuando naquela toada meu destino seria um serviço burocrático. Então comecei a estudar o que sempre gostei, a parte mais teórica da matemática e da física. No início me interessei pelos modelos matemáticos em estruturas e, quando cheguei aos Estados Unidos para o mestrado, me dei conta de que a mecânica dos fluidos era um campo mais interessante por ser mais aberto, por ter mais porosidade com outras áreas.

Mecânica dos fluidos é uma área também da física, curso de graduação que o senhor também cursou?

É da física aplicada. Tem interfaces grandes, muitos físicos trabalham com mecânica dos fluidos, justamente porque é um campo ainda aberto. Não concluí a física. Foram dois anos à noite, em paralelo com a engenharia, porque naquele tempo podia. Também estava ciente dos desafios da Petrobras. Ao longo de minha estadia no MIT eu já tinha claro que uma das áreas potenciais do Brasil seria a exploração do petróleo.

O senhor se formou e foi contratado pelo IPT?

Eu estava no IPT, e o tempo era outro. Me

“ A Fórmula Aranha está incorporada ao estudo das correntes marítimas e corpos flutuantes

formei em 1971, e digo hoje para meus alunos que, apesar do clima político adverso, o país na época acreditava em si e as possibilidades de trabalho eram muito mais abertas que as atuais. Quando eu fui fazer a entrevista no IPT, o entrevistador perguntou: “O que você quer fazer no IPT?”. “Eu quero viajar, estudar lá fora.” E não fui colocado de lado por isso. Porque existia uma percepção de que precisava mandar gente para fora. O IPT tinha um programa de investir nos pesquisadores e o único pré-requisito era ter completado o mestrado. Só que eu não queria fazer mestrado aqui. Viajei com minhas economias pessoais que eram suficientes para passar seis meses nos Estados Unidos. Fui convicto de que, ao fim, o IPT iria me financiar. O IPT financiou os quatro anos de doutoramento; no quinto ano trabalhei como pesquisador no MIT, enquanto a Carmen terminava parte de seu doutorado na Universidade de Boston. Foi um problema, porque eles acharam que eu não queria voltar, mas isso nunca passou pela minha cabeça. Nunca pensei em morar nos Estados Unidos e me tornar um estrangeiro lá.

O senhor formou um grupo que deu uma base científica para a engenharia naval do IPT?

Não. Às vezes a minha irmã descrevia meu pai para terceiros, e ele dizia: “Mas isso é outro pai, não sou eu”. De vez em quando os amigos nos descrevem e a gente não se reconhece na descrição, é como se fosse de outro que eles estão a falar. É impossível fazer qualquer coisa se não existir um grupo trabalhando junto.

O senhor ficou um ano no Inpe (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), não é? Em que ano foi?

Foram seis meses em 1987, com duas licenças-prêmios que eu tinha. Eles estavam com problemas estruturais lá na construção do satélite e fui convidado. Eram problemas complicados, mas tinha um professor da Poli, o Gaspar Ricardo, que era um engenheiro muito competente, e ele já havia encontrado a solução que se buscava.

Era sobre a órbita de satélites?

Foi no departamento de engenharia orbital, não me recordo do nome correto, mas relacionado com a estrutura física do satélite, porque existiam vibrações e uma série de coisas desse tipo, então era um trabalho de engenharia mesmo. Era o primeiro satélite brasileiro, mas depois foi desmontado, eu não sei como ficou. Mais tarde fui indicado para o conselho da Agência Espacial Brasileira. Na realidade, teve até um fato curioso, porque como eu tinha um título de PhD pelo MIT fui sondado para ser diretor do Inpe. Mas não me senti à vontade para aceitar. Eu não era da área e acho que não teria a liderança necessária.

Depois do Inpe o senhor voltou para a USP?

Em tempo integral, e fui para o Departamento de Engenharia Naval, e foram anos pessoal e profissionalmente muito bons.

E o senhor liderou outro grupo na engenharia naval, não é?

Participei, com outras pessoas, de alguns projetos importantes. Eu era chefe de departamento quando começaram a fazer o tanque de provas numérico [sistema computacional inaugurado em 2002 para simulação do comportamento de plataformas em alto-mar]. A Petrobras, que financiou a obra, achava que eu deveria ser o chefe do tanque, mas não aceitei. Não era uma questão de competência técnica, mas de estilo mesmo, precisava



Aranha, em novembro de 1973, quando fazia doutorado no MIT, nos Estados Unidos

ser uma pessoa de muito contato político e eu não gosto dessa atividade, embora a ache essencial. Ao longo de minha carreira, inclusive no Inpe, parte de minha contribuição institucional – se eu posso dizer que houve – foram as minhas ausências. Foi não aceitar algumas coisas que eu sabia que não iria gostar.

Na parte de prospecção, como foi seu contato com a Petrobras? Como o senhor entrou na área do petróleo?

No IPT já existia um contato grande com a Petrobras. Durante a década de 1980, era o IPT que liderava a área de engenharia naval no país, mais do que a Coppe [Coordenação dos Programas de Pós-graduação e Pesquisa em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)]. Quando vim para a USP em 1989, e também havia algum contato com a empresa, começamos a reforçar essa parceria e conversamos com a Petrobras para que ela mantivesse um fluxo contínuo de pesquisas, para desenvolvermos capacitação no Brasil. Eles de certa forma financiaram o departamento com cerca de R\$ 1 milhão por ano, na moeda de hoje, para vários projetos de pesquisa.

Qual era a demanda da Petrobras ao procurar a academia?

O problema maior era com os sistemas de produção fluando em mar aberto e também os projetos de *risers*, que representam quase um terço do orçamento de uma plataforma semissubmersível. Tem desgaste, problemas de interação com a corrente marítima, com movimentos dos corpos flutuantes [plataformas e siste-

mas semissubmersíveis], além de navios FPSO [*floating, production, storage and offloading*] que fazem armazenamento e descarga de petróleo. São coisas muito grandes oscilando nas ondas e não só o *riser*, como o próprio sistema flutuante precisa ficar ali, ancorado. Outro aspecto são os navios que chegam ao largo e operam com a plataforma: é preciso saber o movimento relativo entre ambos, as ondas...

Em que parte entra a matemática?

Na modelagem matemática dos sistemas e na conexão entre as partes. Modelagem aqui significa traduzir em equações uma realidade física.

Medir as ondas e as correntes marítimas?

Existiam algumas informações, mas havia a necessidade de fazer modelos que representassem aquilo e verificávamos os modelos com testes no tanque de ondas do IPT. Foi uma época interessante.

Em 1998 foi instalado o primeiro riser? Como foi essa história?

Foi o primeiro *riser* rígido porque eles eram até então flexíveis e inadequados para grandes profundidades. Aí tem um problema de tempo de vida, fadiga, por causa das oscilações do mar e da própria corrente marítima. Geralmente, essa oscilação não rompe o *riser*, mas tem um desgaste por fadiga grande. É como pegar um arame e começar a entortar, daqui a pouco ele rompe. Então é preciso quantificar bem esse tipo de coisa porque, além de razões ambientais e de operação, há também a questão do segu-

ro para eventuais acidentes: o prêmio do seguro é tanto maior quanto mais preciso for o cálculo para demonstrar que o sistema funciona de forma correta.

E a Petrobras conseguiu relevância nessa área.

No nível de produção de petróleo e geofísica é uma empresa cientificamente muito considerada. Eu duvidava disso, mas participei de alguns workshops com o pessoal de fora, e eles consideravam muito a Petrobras nessas áreas.

O senhor chegou a fazer algumas sugestões para a Petrobras, para o Procap (Programa de Capacitação Tecnológica em Águas Profundas)?

Fizemos uma coisa que não é reconhecida. Eu ainda estava no IPT quando um grupo de lá – eu estava entre eles – queria fazer um planejamento estratégico na área de pesquisa para a Petrobras. Elencamos uma série de projetos, marcamos reunião com o presidente do Cenpes [Centro de Pesquisas da Petrobras], Guilherme Estrella, e eles ficaram impressionados com o projeto. Aí morreu um pouco o assunto, e depois veio o Procap, em 1986, e de certa forma uma articulação de políticas tecnocientíficas dentro da Petrobras.

O que vocês propuseram exatamente?

Um amplo plano de pesquisa. Projetos definidos, na área de engenharia naval principalmente. Também em plataformas, estudos dentro de um tempo alargado, mais de cinco anos, para poder realmente criar coisas, porque não adiantava ter um projeto de seis meses, contratar pessoas e daqui a pouco descontratar. A ideia do nosso lado era essa, como também ir mais para a área de pesquisa do que de prestação de serviços. Achávamos que teríamos um retorno mais interessante. A receptividade foi muito boa dentro da Petrobras, mas demorou, e depois veio o Procap, e não fizeram citação nenhuma ao nosso trabalho.

O pré-sal foi uma consequência da competência tecnológica da empresa?

A Petrobras tem áreas muito competentes, como a área de geofísica, e tem um percentual grande de acerto de furos na prospecção de petróleo. Tem também um pessoal muito competente. Lembro de um workshop que eu fui em Angra dos Reis.

Lá estavam noruegueses, americanos, franceses e ingleses. Tinha um pessoal da Petrobras, e muito pouco da academia. Havia uma questão básica relativa a cabos de amarração que eles estavam utilizando, que eram todos trançados, e não se sabia se eles durariam os 20 anos projetados. Um norueguês, em sua palestra, discorreu sobre ensaios de um fio e não era claro como extrapolar o comportamento do fio para o trançado. Após algumas discussões, o engenheiro José Formigli, que depois virou diretor da Petrobras, falou para o público: “Nós já resolvemos esse problema: fizemos as contas, e, em vez de 20 anos, nós vamos trocar o cabo de cinco em cinco e pronto”. E todo mundo ficou olhando, perplexo com uma solução tão simples. Depois até brinquei com o Formigli: “É verdade, quando a situação conceitual é caótica somos imbatíveis”. Mas pensei também que o norueguês poderia fazer os testes e desenvolver depois um fio que iria compor um cabo inovador e aí venderia o produto no mundo todo. Não sei se ele conseguiu, mas aposto que ainda ficou um bom tempo testando o fio.

O que é a Fórmula Aranha? Como ela surgiu e qual a repercussão?

Não foram necessários muitos cálculos, só acertar alguns conceitos físicos já conhecidos. Existe certo tipo de interação entre onda e corrente marítima que apresenta uma diminuição no movimento ou um aumento, dependendo da direção relativa, que deve ser contabilizado quando for necessário fazer análise desses corpos. O fenômeno havia sido descoberto experimentalmente. Eu imaginei certa situação física e a partir dela inferi que dava para ter uma fórmula fechada dependente do coeficiente de deriva calculado rotineiramente. Mostrei que a fórmula inferida era matematicamente exata no contexto teórico subjacente e, mais tarde, a Petrobras financiou um experimento no IPT que referendou o resultado. Aí virou a fórmula do Aranha, *Aranha's formula*.

Eu achei teses, citações fora do Brasil inclusive, que têm a sua fórmula como objeto de estudo.

Ficou de conhecimento público. Publiquei em 1994 e está incorporada na área oceânica, no estudo de interação das correntes marítimas e corpos flutuantes. Gostei desse trabalho, acho que foi o mais original que fiz.

Por que é interessante o estudo das ondas?

Acho muito interessante, por exemplo, pegar uma equação como a da refração, que explica por que as ondas do mar chegam paralelas à costa, e saber que ela fornece, de um lado, a Lei de Snell do século XVII e de outro, a equação de Schrödinger da mecânica quântica do século XX. Eu acho importante ter essa visão mais panorâmica, de uma teoria que não se esgota em si. A engenharia trata de muitos problemas interessantes, mas muitas vezes tão focados que se esterilizam. O sabor do saber não é muito cuidado nas engenharias.

Qual é o motivo disso?

As escolas de engenharia, particularmente no Brasil, ainda atendem demandas específicas, tanto é que a área de pesquisa na engenharia brasileira tem uma interface grande com a prestação de serviços. Nós vivemos uma época difícil, em que o pensamento saiu de moda: hoje interessam fatos, fotos e muita informação. Hipóteses e conjecturas são coisas que ficaram em segundo plano e, no entanto, dizia Novalis que “as hipóteses são como redes, só quem as lança colhe alguma coisa”, uma frase quase incompreensível hoje em dia. Hipóteses e conjecturas não desapareceram, apenas saíram de moda e acho que um dia ainda vão voltar.

Falta um olhar mais científico?

A ciência é, em larga medida, um discurso sobre a ordem, mas essa ordem, na maioria dos casos, não se mostra de forma evidente, há que buscá-la no recôndito dos fenômenos. Essa busca é ignorada nas escolas de engenharia, o que lá importa é o resultado final. O Teorema de Pitágoras não é ensinado no curso fundamental porque o estudante vai ser agrimensor, então se ensina um pouco de Platão sem ele saber que está a aprender sobre Platão. Mas a maneira de ensinar é completamente equivocada, o teorema acaba sendo um fim em si e o aluno, ao invés de brincar com triângulos, a imaginação e o rigor da lógica, é instado a memorizar a demonstração, porque é isso que será avaliado.

Os alunos têm um posicionamento crítico?

Falta da escola. Antes de ser uma escola de engenharia, deveria ser uma escola.

Os entendidos afirmam existir duas questões na educação: uma é transmitir conhecimento, e a outra, que todo mundo proclama em prosa e verso e logo se transforma em algo operacional, é a emancipação do aluno. Eu acho – e esse é o ponto que eu discuto, mas não com muito sucesso – que a emancipação é tecida com os fios da trama da descoberta, e não com a descoberta em si. Na minha percepção, não interessa saber que massa atrai massa: o que interessa é saber como, de Copérnico até Newton, se chegou a essa trama e de que maneira isso se tornou um pensamento magistral. Copérnico era um cônego e, em face da confusa órbita de Marte vista da Terra, ficou espremido entre dois dogmas da escolástica: a ordem e o geocentrismo. De forma intuitiva, ele escolheu a ordem que não é evidente *a priori* porque deslocou o centro para o Sol a partir de um raciocínio simples: o Sol descreve um círculo quando visto da Terra e nosso planeta também descreve um círculo em relação ao Sol, então é uma órbita ordenada. Depois veio Kepler, Galileu, Newton e essa foi a gênese da física.

A sua formação foi diferente?

Não foi diferente, talvez tenha sido mais crítica. É comum ouvir na engenharia mecânica que “engenheiro tem que saber o que é bomba hidráulica”. Mas por quê? Por que entupir a mente do aluno com ábacos e cálculos se ao primeiro balanço da cabeça tudo vai pelos ares, se esquece tudo? Se o aluno for bem formado em um mês ele aprende o que se ensina na escola sobre esse tema. A sensação que eu tenho de vez em quando é que a escola de engenharia – embora sempre queira mudar – não consegue sair do mesmo lugar. Eu ousou dizer que a escala de tempo de mudança na engenharia é geológica: é muito lenta. Nós vivemos em uma cultura que foi forjada por pessoas com demandas de outro tempo e necessárias ali. A engenharia no Brasil, na década de 1940, era quase como um kit de sobrevivência para um escoteiro, porque o engenheiro precisava sair para o mato, saber um pouquinho de hidráulica, de eletricidade, de construção etc. Precisava saber, mas isso passou.

Como deveria ser hoje?

Ter informações articuladas e conseguir fazer relações inteligentes, sinapses com

outros campos. Nas escolas há um monte de disciplinas que não conversam. É impossível uma mente humana normal sair de uma aula de gestão, a próxima ser mecânica quântica, a outra logística, depois álgebra linear, projeto de parafuso... e tudo ser ensinado como essencial. Como estruturar um pensamento? Eu li um artigo do alemão Husserl, da fenomenologia, que é muito interessante. Imagine um cubo de madeira. Não tem coisa mais concreta que isso e, no entanto, nós nunca o vimos por inteiro: é o contínuo movimento do olhar e a compatibilização dessas diferentes vistas que forma o “conceito de cubo”. Se isso é verdade para um cubo de madeira, imagine para um pensamento mais abstrato! É preciso passear pela coisa, construir, ver pelo avesso, pelo lado. A formatação de uma cultura – que não é erudição, mas aquilo que fica depois que a informação se perde no esquecimento – exige uma repetição de temas em áreas conexas para que o olhar – o pensamento – passeie pelos fenômenos, que essas diferentes vistas sejam compatibilizadas e sintetizadas em um conceito que quando aparece é uma descoberta. Essa dimensão do encanto está perdida nos tempos atuais, que em nome de uma pseudotransparência só entende o que é quantificado.

Esse tipo de ensino não é um sinal do nosso tempo, em que tudo precisa ser rápido, conhecer um pouco de cada coisa? Junte-se a isso o fato de que hoje – com mais razão ainda – a computação e toda a tecnologia ficam velhas em cinco anos. A função da escola da engenharia, portanto, não é ficar presa à tecnologia de ponta, porque ela já nasce neo-obsoleta. Precisamos aprender as estruturas básicas do pensamento porque isso fica para sempre. As modificações propostas em nossas escolas vêm com o carimbo internacional e se vão sem que se saiba o porquê. Já foi a reengenharia, hoje, ou terá sido ontem, a moda é o empreendedorismo, a inovação e a governança. A questão é: qual a competência que temos em falar de empreendedorismo se estamos aqui dentro da universidade? Se é inovação o que se quer, por que não vai à ciência – ela tem inovações verdadeiras – e entenda como essa trama foi traçada. Se na juventude a pessoa não tiver tempo para admirar a aventura do conhecimento, de se encantar com isso,



A escola de engenharia deveria ser uma abertura para a vida e não apenas um adestramento para o mercado

se a universidade não lhe mostrar ou o aluno não quiser vê-la, algo está perdido. Pode até ganhar dinheiro, mas eu lembro inutilmente aos meus alunos que “o objetivo da vida não é maximizar o lucro, mas minimizar o tédio”. A escola é, ou deveria ser, uma abertura para a vida e não um adestramento para o mercado.

O que fazer?

Não devemos nos envergonhar do fato de sermos uma cultura recente. O Brasil é um país com grandes qualidades. Temos que ter uma interação internacional, não podemos nos fechar, nos isolar em uma ilha. Sou a favor da internacionalização até a página três. O pesquisador precisa de um tempo para ficar aqui pensando com ele mesmo, com suas obsessões, porque, se não fizer isso, desse mato não sairá coelho. Se o que ele fizer for apenas colaboração internacional daquilo que os outros estão fazendo lá fora, ele ganha citações, jamais independência.

É preciso uma temática local?

Não só local. Em outros países, enquanto tem gente brincando de internaciona-

lização, tem um núcleo duro que está estudando e continua fazendo as coisas básicas. E nós não: atiramos para todo lado, ou melhor, para o lado que todos estão atirando, porque o risco é menor. Se me perguntam se sou contra a internacionalização, eu não sou. Agora, eu acho que é preciso formatar uma cultura interna de pensamento. É evidente que para um pesquisador de um lugar não central na pesquisa vai ser muito mais difícil ter um trabalho citado do que se ele for do MIT, por exemplo. Mas não acredito que um “país periférico” vire “central” pelo número de citações em conjunto com pesquisadores dos grandes centros: ele se transforma em “central” pelo conjunto de contribuições originais que porventura produza e se essa produção for reconhecida como própria e não da matriz. Não devemos nos envergonhar de nosso estágio, temos que lutar para ir em frente, errando e acertando. Uma das coisas que foram fundamentais na minha estadia no MIT – uma escola boa com um marketing fora de série – foi perceber que aqueles autores que eu lia são gente como a gente: eles erram, falam e fazem besteira, porque esse é o caminho humano. Nas escolas de engenharia o erro é quase um defeito de caráter.

O senhor nasceu em uma família grande com seis irmãos. O seu pai era professor também?

Não, era médico-cirurgião, ele gostaria, tentou fazer isso, mas tinha sete filhos. Tivemos sorte na vida, minha família é alegre, tem um bom senso de humor. Eu estudei no Colégio Santa Cruz com o padre Charbonneau, que era um professor entusiasmado e com boas ideias. Lá também tinha um professor de matemática muito bom que deixava a gente demonstrar teoremas.

O senhor acha que formou uma escola de matemática aplicada e engenharia oceânica aqui na USP?

Não acho que formei uma escola. E não me desmerecendo, acho que o tamanho do Brasil na área não é nada retumbante ainda e isso não deve nos envergonhar. Do outro lado, e jogando a nosso favor, eu acho que essa é uma construção que se for feita e levada a sério no sentido amplo da ciência no Brasil, há de se produzir coisas boas, não no próximo ano, mas daqui a 30, 50 anos. É preciso persistir. ■