



EXPERIMENTAÇÃO COMO INSTRUMENTO EDUCACIONAL

Fernando Antônio Sampaio de Amorim – fernando@peno.coppe.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Escola de Engenharia, Dep. de Engenharia Naval e Oceânica.

Centro de Tecnologia, Bloco C sala 203, Cid. Universitária.

CEP 21945-970 – Rio de Janeiro-RJ

Antônio Carlos Fernandes – acfernandes@peno.coppe.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Escola de Engenharia, Dep. de Engenharia Naval e Oceânica.

Centro de Tecnologia, Bloco C sala 203, Cid. Universitária.

CEP 21945-970 – Rio de Janeiro-RJ

Alexandre Teixeira de Pinho Alho – alho@peno.coppe.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Escola de Engenharia, Dep. de Engenharia Naval e Oceânica.

Centro de Tecnologia, Bloco C sala 203, Cid. Universitária.

CEP 21945-970 – Rio de Janeiro-RJ

Resumo: *Este trabalho relata um conjunto de experimentos pedagógicos realizados pelos autores sobre o processo de formação das habilidades intelectuais dos futuros engenheiros. Os experimentos foram realizados com alunos de diversos períodos do curso de Engenharia Naval e Oceânica da UFRJ, envolvendo atividades de experimentação relacionadas ao desenvolvimento de competências essenciais para o desempenho da prática da engenharia. Os resultados obtidos mostraram-se plenamente satisfatórios, indicando ser a experimentação um excelente instrumento para o desenvolvimento de habilidades fundamentais na formação dos engenheiros. As atividades desenvolvidas estimularam o trabalho criativo e coletivo dos alunos, permitindo que se fossem tratados inúmeros aspectos da engenharia no projeto, construção e montagem dos aparatos experimentais. O trabalho experimental proporcionou aos alunos a oportunidade de estudar os fenômenos em contato com o ambiente real, operando com os conceitos e percebendo os limites e possibilidades do método científico. No trabalho ficou demonstrado que a experimentação estimula o amadurecimento profissional dos alunos e desenvolve sua criatividade.*

Palavras-chave: *Experimentação, Projeto pedagógico.*



1. INTRODUÇÃO

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional tem um caráter desregulamentador e reafirma o princípio da autonomia acadêmica das universidades, consagrado na Constituição Federal. A Lei substituiu o conceito de currículo mínimo, da antiga Lei 5540 de 1969, pelo de Diretrizes Curriculares, que estabelecem a necessidade de formulação de um projeto pedagógico para a estruturação dos currículos. O texto da LDB formula tais diretrizes como referências para a avaliação finalística que cabe ao Governo Federal. As diretrizes curriculares não devem restringir a liberdade acadêmica das universidades na formulação de currículos e concessão de títulos de graduação e pós-graduação.

Para os cursos de engenharia, o Conselho Nacional de Educação aprovou diretrizes curriculares que estabelecem como exigência principal a formação de uma série de habilidades intelectuais, competências e atitudes, fruto de projetos político-pedagógicos que estruturam os currículos. Entre elas destacam-se a criatividade, o espírito crítico e o empreendedorismo, que são, desde sempre, qualidades fundamentais para o sucesso no ofício de engenheiro. No entanto, por mais superficial que seja a avaliação dos currículos adotados pela quase totalidade dos cursos de engenharia no Brasil, verifica-se com facilidade que a principal atitude cultivada é a disciplina (quase sempre entendida como aderência a um modelo pré-estabelecido), e a principal competência a capacidade de memorização. Não poderia ser diferente. A concepção pedagógica está centrada no processo de ensino e em aulas expositivas, visando apenas a “transferência do conhecimento”. A efetividade deste processo tradicional é normalmente verificada através de provas, que, em sua grande maioria, avaliam apenas estas duas habilidades.

O desenvolvimento de competências e atitudes como a criatividade e a capacidade crítica, aspectos estes essenciais ao projeto de engenharia e o espírito empreendedor, tanto quanto fundamentais para a transformação destes projetos em realidade, requer um modelo pedagógico centrado no processo de aprendizagem, na reconstrução coletiva do conhecimento e no trabalho intelectual criativo e independente do aluno. Neste modelo, o papel do professor muda de foco, mas cresce em importância. Esta nova conjuntura, aberta com a sanção da LDB, e completada com a aprovação pelo Conselho Nacional de Educação das Diretrizes Curriculares para os cursos de engenharia, impõe a necessidade de reflexão sobre novos métodos de ensino e aprendizagem capazes de formar as capacidades e habilidades exigidas para o sucesso profissional e a dinâmica de transformações nas quais a sociedade brasileira está inserida.

A experimentação como instrumento educacional na formação de engenheiros e outros profissionais que utilizam as ciências como fundamento básico de seu trabalho foi, em grande medida, abandonado durante muitos anos. Este enfoque começa a ser progressivamente retomado como forma de construir novos modelos de ensino e aprendizagem centrados no trabalho independente e criativo do aluno, condição essencial para formar as atitudes e capacidades intelectuais essenciais ao trabalho em engenharia. Este caminho aponta soluções que tanto podem organizar cursos como atuar como um importante instrumento complementar.

A criatividade no projeto de engenharia só se desenvolve na prática de projetar. Para desenvolver esta capacidade em nossos alunos será preciso exercitá-los constantemente durante todo o curso. As novas Diretrizes Curriculares para os cursos de engenharia formularam uma nova exigência: a adoção de projetos de integração curricular. Esta é uma boa oportunidade de promover uma reflexão sobre as formas de desenvolver as habilidades intelectuais exigidas pela LDB. A experiência de muitos cursos de arquitetura e desenho industrial que adotam com sucesso, há muitos anos, os projetos de integração em todos os

períodos, com grande repercussão na motivação dos alunos e no desenvolvimento de atitudes profissionais desde os primeiros períodos dos cursos, indicam ser este um caminho promissor. Mas é fundamental consolidar a idéia de que a responsabilidade por desenvolver as habilidades exigidas pelas Diretrizes Curriculares é de todos os professores do curso e de todas as disciplinas, não sendo exclusividade dos professores responsáveis pelos projetos de integração. Neste sentido, a experimentação didática deve ser vista como instrumento importante na maior parte das disciplinas dos cursos de engenharia.

As dificuldades e vicissitudes do ambiente acadêmico, muito longe do ideal perseguido pela maioria dos professores de engenharia, quase sempre acabam se constituindo num fator de desestímulo e desmotivação. No entanto, por melhor que venha a ser sua futura colocação profissional, o aluno irá sempre encontrar desafios a serem superados, seja pela falta de recursos, fato igualmente comum no ambiente profissional, seja pelas dificuldades inerentes a um projeto inovador ainda em fase inicial, seja, ainda, pelos entraves gerados pela cultura técnica e administrativa do ambiente profissional onde irá trabalhar. As carências materiais do ambiente acadêmico podem ser contornadas com criatividade, e, se bem trabalhadas, podem operar como mais um desafio a ser superado, contribuindo para o processo de amadurecimento dos alunos. Afinal, o cotidiano da engenharia é resolver problemas com os recursos efetivamente disponíveis.

O relato que se segue é um registro, ainda inicial e provisório, de um conjunto de experimentos pedagógicos realizados pelos autores no curso de Engenharia Naval e Oceânica da UFRJ e serve para evidenciar dois aspectos importantes. Em primeiro lugar, os trabalhos de projeto não podem e não devem ser colocados apenas nos últimos períodos do curso e devem fazer parte de todas as disciplinas relacionadas com a construção dos conhecimentos necessários à formação das competências para projetar. Em segundo lugar, a utilização de recursos de experimentação para a verificação de hipóteses de projeto representa uma das melhores maneiras de motivar os alunos a desenvolver uma compreensão mais profunda dos fenômenos envolvidos. Finalmente, o desenvolvimento de características de liderança, essenciais na coordenação dos trabalhos de projeto e na solução prática dos problemas de engenharia, só se torna possível na prática de projeto. Portanto, os trabalhos de projeto devem ser destacados como uma atividade fundamental para a formação das habilidades intelectuais dos futuros engenheiros e estar presente como uma das preocupações do corpo docente envolvido com a realização do projeto pedagógico do curso.

2. ALGUNS POUCOS COMENTÁRIOS DE NATUREZA TEÓRICA

Segundo o dicionário do Aurélio, experimentação é um substantivo feminino que tem dois significados básicos:

1. Ato de experimentar, experimento.
2. Filos. Método científico que consiste em observar um fenômeno natural, sob condições determinadas que permitem aumentar o conhecimento que se tenha das manifestações ou leis que regem o esse fenômeno.

A ação de experimentar, com o objetivo de compreender os fenômenos físicos, é uma das formas mais eficientes de aprender, sobretudo no que se refere ao entendimento dos conceitos fundamentais envolvidos. Também é uma ação fundamental no processo de desenvolvimento tecnológico, porque lhe confere um caráter científico e racional. A experimentação é um poderoso instrumento para desenvolver a criatividade e a capacidade crítica dos alunos.

A experimentação deixou de ser um recurso pedagógico na imensa maioria das Escolas de Engenharia no Brasil e foi substituído por um modelo centrado em aulas expositivas, portanto, no processo de ensino. Este modelo assume como hipótese, principalmente em relação à física clássica, que os principais conceitos já foram “ensinados” no ensino fundamental e no ensino médio. Mesmo que esta hipótese, extremamente duvidosa, seja considerada verdadeira, é fácil constatar que o processo de ensino utilizado não parte do fenômeno real, mas de uma redução abstrata e tão simplificada que acaba por perder a relação com o fenômeno real. O resultado principal é que as relações matemáticas que deveriam descrever os fenômenos acabam se transformando em “formulações” alienadas do seu significado físico real e dos conceitos com quais operam.

Por outro lado, quando existe algum tipo de experimentação, quase sempre ela é apresentada aos alunos como uma seqüência tediosa de ações das quais eles não são os sujeitos, reduzidos a observadores do trabalho dos técnicos de laboratório ou do professor. O aluno não participa do planejamento e da preparação das experiências e não é convidado a tomar a iniciativa de formular hipóteses e elaborar propostas de aperfeiçoamento do processo. Portanto, a experiência é realizada independentemente da sua ação e participação.

Vigotsky, 1974, nos mostra que os alunos constituem o seu conhecimento construindo relações e conexões entre o que já sabem e aquilo que identificam como um vazio de conhecimento que precisa ser preenchido. Neste sentido, o processo de aprendizagem depende fundamentalmente, de um forte desejo de se completar, isto é, preencher aquilo que é identificado como uma deficiência que precisa ser superada. Não é possível apreender sem motivação e vontade. Portanto, nesta perspectiva a principal responsabilidade do professor é despertar o desejo de apreender estimulando os alunos a perceber que não sabem, mas podem aprender, e indicando o caminho do processo de aquisição do conhecimento.

Se tomarmos como referência para o modelo de ensino e aprendizagem, a construção do conhecimento novo a partir do conhecimento existente criando uma rede de relações e conexões, tal como propõe Vigotsky, 1974, é necessário ter o fenômeno como referência, e, naturalmente, a experimentação se apresenta como o principal instrumento. Neste caso, será preciso compreender que o essencial é o fenômeno e não o protocolo experimental, nem tampouco a instrumentação. Também será preciso utilizar a experimentação como um caminho de descoberta e invenção, nem que seja do próprio experimento. Quando for o caso de trabalhar resultados previamente conhecidos, será preciso destacar a importância histórica das hipóteses e deixar aos alunos a proposição de formas inovadoras de verificá-las. A repetição de um protocolo experimental predeterminado para a verificação de hipóteses já conhecidas perde completamente o sentido pedagógico da experimentação. No caso das experiências educacionais que serão relatadas neste artigo, a experimentação foi utilizada tanto para estudar matérias conhecidas, como para fenômenos novos para os alunos.

Projeção também é um substantivo feminino que significa tanto projeção como o ato de projetar. Em nosso departamento, existe a idéia fortemente hegemônica que a atividade de projetar pressupõe o domínio do conhecimento, e, portanto, deve ser realizada no fim do curso. O sentido subjacente é o de que se deve conhecer previamente “tudo” sobre embarcações. Esta proposição tem uma base epistemológica profundamente equivocada. Conhecer será sempre aprender a conhecer na prática da realização do trabalho, em nosso caso, no trabalho de engenharia e na superação dos desafios. O conhecimento é um processo em contínua evolução. É possível capturar, no máximo, uma pequena parte do conhecimento apresentado. Os alunos precisam entender que são sujeitos deste processo de produção e acumulação do conhecimento técnico científico.

A projeção pode ser um excelente instrumento para entender a natureza deste processo, porque só há sentido em projetar se existir o compromisso de se dar um passo adiante, por menor e menos significativo que possa ser. Projetar como cópia ou mera reprodução é a negação da essência do processo de projetar. O projetista pode até não conseguir dar o passo adiante que pretendia, mas é fundamental que realize um esforço neste sentido. Para fazer isto, é preciso partir da história do projeto. Entender como e porque as coisas foram projetadas e realizadas de uma forma determinada. O impulso fundamental da criatividade em projeto é a humildade para se reconhecer que ainda há muito a aprender. Esta humildade sempre surgirá concretamente, se impondo como um imperativo quando surgir o confronto com o desconhecido que se coloca como desafio a ser superado, como vazio a ser preenchido. A necessidade de aprender só se tornará consciente no difícil confronto com a realidade, ou seja, quando aparecem as barreiras e as dificuldades, muitas vezes simples, mas que paralisam e impedem o avanço, que exigem que o vazio de conhecimento seja preenchido a partir daquilo que já se sabe, que já foi apropriado.

3. EXPERIMENTAÇÃO DIDÁTICA

Esta atividade foi induzida e estimulada pelo projeto REENGE que financiou a instalação de uma oficina para a construção de modelos no Laboratório de Arquitetura Naval. Financiou, também, as bolsas de iniciação tecnológica do primeiro grupo de alunos que iniciou as atividades como um trabalho extracurricular. Os primeiros trabalhos foram realizados no âmbito do projeto Pólo Náutico, e tinham como objetivo capacitar os alunos envolvidos para o projeto e a construção de embarcações de recreio a vela. A metodologia adotada era a de aprender fazendo, um dos suportes filosóficos e metodológicos do projeto REENGE. A idéia inicial era a de aprender a tecnologia de construção em fibra de vidro construindo modelos reduzidos, ao mesmo tempo em que se desenvolvia um método para a validação experimental de hipóteses de projeto relativas ao desenvolvimento de concepções para a geometria do casco, tendo como base o ensaio com modelos rebocados e rádio-controlados em águas abertas (sem o controle pleno das condições do ensaio). A Cidade Universitária da UFRJ fica localizada na Ilha do Fundão na Baía da Guanabara, onde existe a enseada do Catalão com excelentes condições para a realização dos ensaios.

4. ATIVIDADE DO LABORATÓRIO DE ARQUITETURA NAVAL

O primeiro trabalho realizado como atividade de uma disciplina de graduação no Laboratório de Arquitetura Naval, como parte de uma disciplina de graduação, foi a construção de modelos geométricos com os alunos de Introdução à Engenharia Naval. O objetivo pedagógico é o desenvolvimento do raciocínio espacial, ou a visão espacial, dos alunos. Em particular, são trabalhadas as relações plano-espaco envolvidas na representação de superfícies complexas através de projeções ortogonais bidimensionais. Esta habilidade intelectual ficou bastante prejudicada com a redução dos conteúdos de geometria e com a retirada dos cursos de geometria descritiva e desenho geométrico do currículo do ensino médio. O trabalho foi inspirado na experiência da professora Maria Helena Silveira no Programa de Qualificação Profissional realizado pela sub-reitoria de Desenvolvimento e Extensão da UFRJ entre 1986 e 1990. Este programa tinha como objetivo oferecer formação profissional para os alunos das escolas públicas de primeiro grau situadas no entorno do Campus da Cidade Universitária, e se iniciava com uma etapa de aceleração da escolaridade com o propósito de consolidar os conceitos fundamentais de uma educação para o trabalho de caráter politécnico. Neste contexto, um dos objetivos das aulas de artes, em especial as de pintura e modelagem em argila, era o desenvolvimento da visão geométrica espacial dos

alunos. Este trabalho apresentou resultados excelentes e motivou, alguns anos mais tarde, a experiência com a construção dos modelos geométricos de navios. Os resultados obtidos no programa de Qualificação Profissional confirmaram mais uma vez a proposição de Lev Vigotsky de que as mãos são os caminhos mais rápidos para o cérebro. Neste sentido, assim como a pintura e a modelagem com argila foram caminhos para desenvolver a visão espacial de adolescentes de 14 a 18 anos com fortes deficiências de formação escolar, a construção de modelos geométricos poderia ser um caminho para desenvolver uma habilidade intelectual muito importante para os futuros engenheiros navais.

O trabalho consistia em construir um modelo geométrico a partir de um plano de linhas que era fornecido a cada grupo de três alunos. A escala do modelo deveria ser tal que todos tivessem comprimento aproximado de 1 metro. A técnica proposta como ponto de partida consistia em cortar gabaritos das seções transversais (balizas), das seções horizontais longitudinais (linhas d'água) e do perfil longitudinal em madeira compensada de 4,0 mm de espessura. A proposta inicial terminava na montagem deste modelo espacial do plano de linhas. Na discussão com os alunos, surgiu a idéia de preencher os vazios com algum material para representar a superfície real. O material escolhido foi a espuma de poliuretano. Os vazios entre os gabaritos foram, então, completados com este material, sendo, em seguida, modelado com lixa para compor a geometria do casco.

A construção de modelos geométricos se mostrou um trabalho muito mais amplo do que havia sido imaginado inicialmente, pois trouxe muitos outros elementos da engenharia, tais como a precisão das medidas para assegurar a qualidade dimensional das peças, a necessidade de planejar e organizar o trabalho em grupo para obter maior produtividade, a utilização de desenhos e planos para construir um objeto real. A reação da primeira turma foi grande porque boa parte dos alunos se julgava incapaz de realizar as tarefas propostas. Quando surgiram os primeiros resultados, o quadro se inverteu e a motivação foi grande a ponto de contaminar as turmas subseqüentes. Outro aspecto importante foi que os próprios alunos começaram a se envolver com o desenvolvimento das técnicas de construção do modelo.

A primeira grande modificação proposta por eles foi a substituição do compensado por painéis laminados e prensados de madeira e resina (duraplac ou eucatex). Este material é mais barato, não absorve umidade e não se deforma com facilidade. O passo seguinte foi o de buscar revestir a superfície com massa impermeabilizante (resina de poliéster) e possibilitar a realização de ensaios com os modelos construídos. As primeiras experiências com resinas a base de epóxi não deram bons resultados. A solução veio com a utilização de massa acrílica para preparação de superfícies para pintura. Um material mais barato e mais fácil de lixar. Os modelos construídos com esta técnica ficaram muito bonitos, mas pouco resistentes e acabavam sendo danificado nos ensaios. A solução foi o revestimento da superfície com véu de fibra de vidro. Os ensaios que eram realizados na disciplina de Introdução à Engenharia Naval não danificavam o modelo, porque visavam estudar os fenômenos relativos ao equilíbrio das embarcações. No entanto, a recuperação do Canal de Ondas permitiu a realização de ensaios de reboque para estudar a resistência hidrodinâmica ao movimento. Esta atividade utilizou os modelos construídos pelos alunos da disciplina de Introdução à Engenharia, que, por isso mesmo, passaram a se envolver com mais afinco na construção de modelos melhores e mais resistentes. Este esforço tem passado de período a período, e vem se constituindo num importante elemento de integração dos alunos dos primeiros períodos no curso de engenharia naval.

A utilização de desenhos de planos de linhas que constam dos relatórios feitos pelos alunos da disciplina de Projeto III, e disponíveis na rede interna do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, trouxe o elemento de projeção que estava faltando no trabalho realizado em Introdução à Engenharia Naval. A construção dos modelos passou a operar como

uma verificação da qualidade da geometria dos navios projetados pelos alunos que estavam concluindo o curso. Embora o projeto não tenha sido feito pelo mesmo grupo que estava construindo o modelo, o elemento de verificação fica evidente, contribuindo para envolver os alunos do primeiro período numa reflexão sobre o caráter do processo de projeto do navio e dos elementos relativos ao projeto da geometria do casco a partir de um problema real.

A proposta inicial era de que os alunos realizassem os experimentos no modelo que construísem. Isto, no entanto, se mostrou inviável pela falta de tempo. A solução foi utilizar os modelos construídos nos períodos anteriores. Havia um pequeno temor de que esta solução pudesse reduzir a motivação e o compromisso com a qualidade do resultado final. Porém, aconteceu justamente o contrário. Principalmente quando os alunos dos períodos mais adiantados começaram a utilizar os modelos em algumas disciplinas de hidrodinâmica.



Figura 1: Trabalho de construção dos modelos.



Figura 2: Primeira fase de construção dos modelos.

Os experimentos que são realizados em Introdução à Engenharia Naval têm como objetivo principal estudar os conceitos de flutuação e equilíbrio, e discutir o método científico, suas características essenciais e limitações. Os focos do trabalho são a formulação das hipóteses, a modelação física e matemática, e a utilização de tais modelos, uma vez confirmadas as hipóteses, como instrumentos de previsão no processo de projeto. Outro aspecto importante é a utilização do método científico como instrumento de descoberta e de construção do conhecimento, não apenas no contexto da ciência, mas, sobretudo, como instrumento de trabalho do engenheiro. Este aspecto é fundamental porque cria um contraponto com disciplinas como física e física experimental, onde o método não é discutido mas apenas apresentado como um cânone. Portanto, sem as tensões que estimularam o seu desenvolvimento. Também não há descoberta, nem construção do conhecimento. Apenas reprodução do já se conhece, ou devia conhecer, nos termos do cânone. Também não há

construção ou reconstrução do conhecimento, apenas a afirmação de um protocolo que acaba se confundindo com o método científico. Constitui, portanto, apenas uma representação reduzida do método, alienada do esforço de observação e entendimento dos fenômenos físicos que são tratados. Estuda-se apenas a última e mais abstrata apropriação dos modelos, com uma atenção exagerada na matemática, que é apenas uma linguagem que descreve os fenômenos, deixando em segundo plano os conceitos e os fundamentos do próprio método. A maioria dos engenheiros precisará operar com os conceitos, sobretudo no trabalho de projeto e, em especial, na fase de formulação da concepção de projeto. Mesmo na fase de análise e avaliação dos resultados de modelos de previsão e simulação, é preciso uma sólida formação conceitual e um profundo conhecimento dos fenômenos físicos envolvidos. A forma mais eficiente de garantir esta formação é através da utilização intensiva de recursos de experimentação, onde o método científico se transforme num instrumento familiar de investigação e descoberta.



Figura 3: Modelos prontos.

5. ATIVIDADE DO LABORATÓRIO DE ONDAS E CORRENTE (LOC)

Com a recuperação do tanque de ondas e a criação do Laboratório de Ondas e Corrente foi possível promover um avanço na utilização de recursos de experimentação nas disciplinas de Hidrodinâmica. A primeira atividade foi a construção de uma torre para realizar o reboque de modelos que seriam tracionados através de pesos em queda livre, semelhante aos experimentos realizados por Willian Froude e outros pesquisadores no final do século XIX. Este aparato extremamente simples pode ser utilizado para estudar uma série de fenômenos relacionados à resistência hidrodinâmica ao avanço e a manobrabilidade. A referência ao experimento de Froude traz dois elementos de grande importância no processo de aprendizado: a colocação do estudo do fenômeno na sua perspectiva histórica de desenvolvimento e o entendimento de que se pode chegar a resultados sofisticados com recursos experimentais muito simples.

Os primeiros testes realizados com a equipe de alunos que selecionada para trabalhar como monitores no curso seguinte e a simples demonstração para uma turma de Hidrodinâmica III já produziram um efeito importante de motivação e envolvimento de todos com o aperfeiçoamento do aparato experimental. Ficou evidenciado que seria importante envolver todos os alunos no processo de planejamento e realização dos experimentos, não apenas aqueles que estariam atuando como monitores. Neste sentido, a primeira proposta de metodologia foi modificada. Inicialmente os alunos realizariam os ensaios a partir de um protocolo pré-determinado com o apoio dos técnicos e monitores. Decidiu-se, então, atribuir-

lhes inteiramente a responsabilidade pelo planejamento, pela organização das tarefas e pela realização dos experimentos. Os técnicos e monitores realizaram apenas um trabalho de supervisão e apoio.

No primeiro curso de Hidrodinâmica IV foram planejados dois trabalhos. O primeiro estudo foi direcionado para a avaliação da estabilidade direcional dos modelos construídos pelos alunos de Introdução à Engenharia Naval, objetivando a proposição e o teste de soluções. O segundo trabalho consistia no projeto de absorvedores dinâmicos do movimento de balanço transversal para embarcações de grande porte. O trabalho envolvia a construção de um modelo em escala do corpo paralelo de um navio petroleiro e o projeto de um sistema para reduzir as amplitudes do movimento de jogo, principalmente nas frequências ressonantes.

No trabalho de projeto do absorvedor dinâmico surgiu a idéia de promover um concurso. A idéia criou uma certa polêmica porque poderia levar os alunos a uma atitude pouco cooperativa. Isto, no entanto, não aconteceu. O aumento na motivação estimulou a produção de trabalhos de grande qualidade e os grupos cooperaram, sobretudo, na solução dos problemas relativos à construção do modelo e ao planejamento e realização dos ensaios. Todas estas atividades foram realizadas, em boa medida, fora do horário da aula, de forma independente. Na construção dos modelos e na preparação dos experimentos os alunos foram apoiados e auxiliados pelos técnicos do Laboratório de Arquitetura Naval. Todas as decisões importantes foram tomadas por eles de forma independente. No trabalho de construção dos modelos foi utilizada a infra-estrutura do laboratório, mas o trabalho foi realizado pelos alunos. Apenas as tarefas mais sofisticadas, que exigiam um treinamento ou uma habilidade maior foram realizadas pelos técnicos.

Os resultados obtidos com o trabalho do absorvedor dinâmico do movimento de jogo estimularam a realização de um concurso de projeto de asas com os alunos da disciplina de Hidrodinâmica II. Ao contrário do projeto dos absorvedores que era um trabalho em grupo, o projeto da asa deveria ser um trabalho individual. A turma era pequena, o que facilitava a organização das atividades de apoio. Foi proposta aos alunos uma técnica para a construção das asas, que foi aperfeiçoada coletivamente. A montagem e ajuste da balança para as medidas das forças de sustentação (lift) e de arrasto (drag) acabou se constituindo na maior dificuldade, tanto para os alunos, como para os monitores e técnicos que participaram do trabalho.



Figura 4: Modelo do corpo paralelo de petroleiro com reservatório de água projetado para absorver movimentos de jogo.

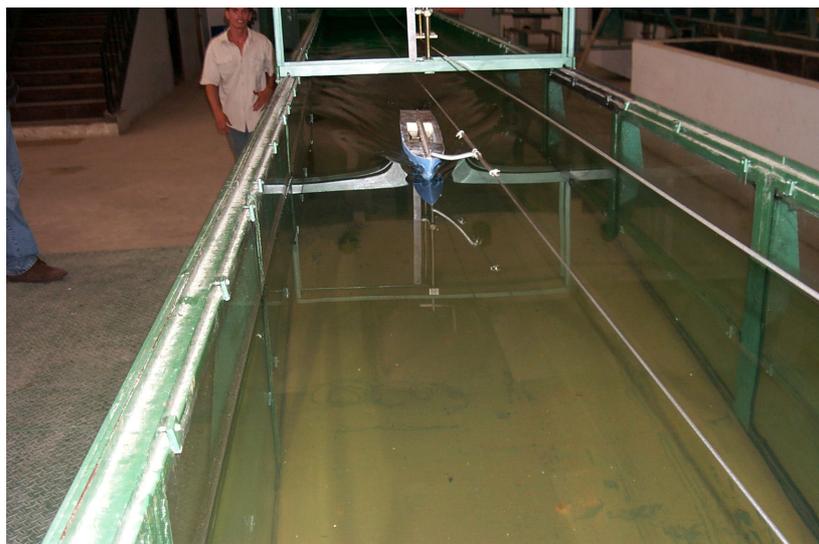


Figura 5: Realização de ensaio no tanque de ondas com modelo de fragata para corrigir problemas de estabilidade direcional.

No concurso de projeto de asas, o principal objetivo pedagógico era a verificação experimental das hipóteses de projeto, tendo por base a comparação dos resultados calculados através de modelos matemáticos com aqueles medidos no túnel de vento. O exercício mostrou-se um excelente instrumento para trabalhar os limites dos modelos físicos e matemáticos. Por outro lado, também ficou evidenciado ser este tipo de trabalho um instrumento muito bom para desenvolver a capacidade de projeto em situações em que é preciso recorrer a experimentos para validar as soluções adotadas. O concurso estimulou os alunos a se superarem. Neste sentido, o concurso se mostrou um poderoso instrumento de motivação. A busca de soluções fora dos limites usuais como forma de superar os colegas não inibiu a colaboração e a troca de informações, embora seja importante ressaltar que o aspecto da cooperação e da produção coletiva precisa ser trabalhado intensivamente pelo professor e pela equipe de monitores e técnicos.



Figura 6: Teste com a asa projetada no túnel de vento do Laboratório de Hidrodinâmica.



Figura 7: Alunos que participaram do concurso de projeto de asas na disciplina de Hidrodinâmica II.

6. CONCLUSÕES

Embora este seja ainda um relato preliminar, é possível afirmar e adiantar algumas conclusões. Em primeiro lugar, é preciso ressaltar que a experimentação se mostrou um excelente instrumento para desenvolver uma série de habilidades fundamentais na formação dos engenheiros, de qualquer habilitação, que não são trabalhadas num curso convencional, expositivo e centrado no trabalho do professor. As atividades desenvolvidas estimularam o trabalho criativo e coletivo dos alunos, permitindo que se fossem tratados inúmeros aspectos da engenharia no projeto, construção e montagem dos aparatos experimentais. O trabalho experimental proporcionou aos alunos a oportunidade de estudar os fenômenos em contato com o ambiente real, operando com os conceitos e percebendo os limites e possibilidades do método científico. Quando a experimentação é utilizada como parte do processo de projeto, é possível aprofundar a compreensão dos fenômenos envolvidos e estudar um método que pode ser utilizado no desenvolvimento inovações ou sempre que a equipe de projeto precisar aprender mais e acumular experiência. Finalmente, ficou claro que a metodologia adotada em todas as experiências realizadas em Introdução à Engenharia Naval e Hidrodinâmica estimula o amadurecimento profissional dos alunos e desenvolve sua criatividade.

7. BIBLIOGRAFIA

SILVEIRA, Maria Helena – *Saber: Um Conceito Relativo*. **Graduação**. Ano 1, Número 1. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Outubro de 1995.

VIGOTSKY, L. S. – *Aprendizagem e Desenvolvimento Intelectual na Idade Escolar*. **Graduação**. Ano 1, Número 1. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Outubro de 1995.

VIGOTSKY, L. S. – **Psicologia e Pedagogia**. *Coletânea de Artigos de Autores Soviéticos*. Editora Riuniti. Roma.1974.