



## UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA INTEGRADORA NO PROJETO DO NAVIO

**Fernando Antônio Sampaio de Amorim**  
**José Henrique Sanglard**  
**Protásio Dutra Martins Filho**

Escola de Engenharia/COPPE-UFRJ  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Eng. Naval e Oceânica, Centro de Tecnologia Bloco C Sala 203,  
Cid. Universitária, Ilha do Fundão, Cx Postal 68508  
21945-970 Rio de Janeiro, R.J.

***Resumo.** O trabalho introduz uma abordagem ao processo de projeto do navio inspirado no conflito vivenciado pelo projetista para formalizar simultaneamente problema e solução, tendo em vista que qualquer representação consistente de um depende intrinsecamente da conceituação do outro.*

*A proposta metodológica evidencia os três fatores de maior importância para a abordagem: o processo através do qual uma solução é aventada, com suas potencialidades e limitações inerentes; o necessário acesso e controle às variáveis formuladas na representação do problema, aos parâmetros de projeto e ainda às suas interrelações; e, ainda, a adequação da ferramenta computacional de apoio à modelação do problema/representação da solução, que deve ser manipulada de forma a permitir o reconhecimento do espaço de soluções ali representado.*

*O relato retrata a evolução da pesquisa em que a geometria do casco é tomada como referência central para o processo, conectando os subprocessos/subproblemas adjacentes. Uma ferramenta computacional foi projetada e se encontra em desenvolvimento através de protótipos que incorporam os aspectos principais da abordagem, em especial da garantia ferramental de controle de todo o processo pelo projetista, através do reconhecimento das relações entre variáveis e parâmetros representados, bem como das dependências entre os subprocessos/subproblemas disparados.*

***Palavras-chave:** Metodologia de Projeto de Engenharia, Projeto do Navio.*

### 1. INTRODUÇÃO

A construção naval foi uma das primeiras atividades a sentir os impulsos das transformações que ocorreram no ocidente a partir da revolução industrial, no período conhecido como era moderna. Até então a principal característica da construção naval e de

outras atividades de caráter artesanal era a reprodução, com a incorporação muito lenta de inovações. O aumento da demanda por transporte de insumos para a indústria em expansão, a quantidade de excedentes cada vez maior que deveriam ser comercializados no mercado mundial, o crescimento das cidades que exigia o fornecimento constante de suprimentos em quantidade cada vez maior, e ainda os fluxos de pessoas em trabalho ou em migração para outras terras, determinaram a necessidade de navios maiores e mais rápidos, e especializados. São exemplos destas alterações as demandas pelo transporte de passageiros em grande escala, o transporte especializado de minérios e grãos, o lançamento de cabos telegráficos, o transporte de petróleo, combustíveis e outros graneis líquidos, o surgimento de projéteis explosivos e das blindagens para proteger os navios.

A principal característica do ponto de vista da tecnologia de construção naval neste período foi a inovação, tanto em termos do conceito das embarcações, quanto dos processos construtivos, materiais e soluções para a propulsão mecânica. As inovações tecnológicas foram a marca dominante desta transição e impuseram a necessidade de se formular e avaliar os projetos antes de construí-los e testá-los. Em consequência, surgiram modelos matemáticos de previsão e técnicas de ensaios com modelos reduzidos para avaliar e verificar diversos aspectos da idealização de novas soluções. A utilização de modelos de previsão na análise e avaliação de novas soluções de projeto passaram a fazer parte do trabalho cotidiano dos projetistas de forma tão intensa que quase se confundiram com a própria essência do processo de projeto.

Mas qual é a essência deste processo?

Esta questão tem passado ao largo da preocupação dos estudiosos e pesquisadores do trabalho de projeto, tanto no campo da engenharia naval, como em outras áreas da engenharia e da arquitetura. Este trabalho pretende apresentar uma contribuição para trazer novas luzes para esta reflexão, apresentando uma abordagem para a solução de problemas de projeto do navio que pode ser estendida para outros sistemas mecânicos de complexidade semelhante.

## **2. UMA BREVE DISCUSSÃO DO ESTADO DA ARTE EM PROJETO DO NAVIO**

A Segunda Guerra Mundial estimulou a incorporação de muitas inovações tanto do ponto de vista da tecnologia de construção, quanto em relação ao conceito das embarcações. No período do pós-guerra foram publicados os primeiros trabalhos que expressam uma grande preocupação com a formalização e a sistematização do processo de projeto, dentre os quais se destacam as proposições de Evans (1959), que formulou um método baseado no paradigma da Espiral de Projeto, a qual propõe uma organização para a tarefa de avaliar um conceito de projeto. Este, como outros trabalhos que seguiram sua trilha, não apresenta uma reflexão profunda sobre a essência do processo de projeto, embora discuta alguns de seus elementos, como o seu caráter iterativo e evolutivo. No entanto, toda a argumentação parte do princípio que existe um conceito de projeto a ser refinado e aperfeiçoado. As proposições de Evans (1959) buscavam superar a idéia de projeto por navios semelhantes, que expressava uma forte tendência reprodutora.

Entretanto, a avaliação dos conceitos de projeto ainda era marcada por grande subjetividade e boa parte das decisões se justificava pela experiência do projetista. O trabalho de Benford (1967) foi o primeiro a incorporar nesse processo critérios de natureza econômica de forma objetiva, qualificando ele próprio sua abordagem como racional, em oposição à avaliação com forte conotação subjetiva, até então dominante. A prática tradicional de projeto reconhecia a divisão do processo em estágios: um preliminar ou básico, um de contrato ou final e, ainda, um de detalhamento para construção. Benford (1967) aprofunda um pouco mais a reflexão sobre a essência do processo de projeto, formalizando uma etapa anterior ao projeto

básico, designada projeto preliminar, propondo uma hierarquia para as decisões de projeto, numa seqüência encadeada de estágios. Pela primeira vez surge na literatura a idéia de formular o processo de projeto como uma seqüência de decisões.

Benford (1967) também não apresentou nenhuma reflexão sobre como se chegar ao primeiro conceito de projeto que passaria a ser analisado e aprimorado em um processo iterativo de natureza evolutiva.

A intensificação do uso do computador e a incorporação de métodos de otimização no equacionamento de características diversas do projeto propiciaram o aparecimento de abordagens que pretendiam levar o nível de racionalização a um patamar superior. Entretanto, elas não alteravam a natureza do processo, apenas a aprofundavam, na tentativa equivocada de descrever o conceito de projeto por meio de um pequeno conjunto de parâmetros quantitativos, através do modelo matemático do projeto preliminar. Embora esta vertente tenha desenvolvido supermodelos computacionais de projetos de algumas classes de navio, designados à época como sistemas integrados de projeto, estes representavam uma tentativa de automação do processo, só viável na reutilização de conceitos já consolidados no passado.

A contribuição de Benford (1967) para a metodologia do projeto fixou definitivamente como adequada a existência de uma fase inicial em que a análise e a avaliação dos conceitos do projeto pudessem ser desenvolvidas, através da utilização de modelos matemáticos. Entretanto esta abordagem é somente viável para problemas de projeto cujas soluções estejam conceitualmente estabilizadas, permitindo que as relações entre as características do conceito-solução sejam expressas matematicamente; possibilidade que inexiste no caso de conceitos novos, uma vez que a geração dos conceitos iniciais ainda não estava considerada no método. A racionalização do processo pode significar uma evolução neste ponto: a modelação matemática com os elementos estatísticos das soluções convencionais, utilizada nos projetos tradicionais, pode ser substituída por um avanço na caracterização do objeto do projeto, na perspectiva da instalação de um processo de simulação de soluções de projeto aventadas. No caso dos navios a geometria é o elemento primário e central para um movimento nesta direção.

Por outro lado, o avanço da computação foi tornando mais acessíveis ferramentas computacionais para representar a superfície do casco e outros elementos de projeto do navio. A consolidação do conceito de *CAD-Computer Aided Design* permitiu o aparecimento de sistemas mais flexíveis e adequadas ao avanço na racionalização das ferramentas de apoio ao projeto, como também estimulou a investigação metodológica em torno do processo de projeto e ainda acabou evidenciando o potencial da simulação nesta evolução metodológica.

Nigel Cross (1984) introduz novos aspectos à discussão metodológica do processo de projeto, explicitando uma conexão estreita entre a formulação do problema e as propostas de solução (os primeiros conceitos de projeto), considerando ainda as limitações impostas pela bagagem técnica e cultural do projetista. Cross (1994) também mostra que o processo de análise do problema leva a formulação de conceitos de projeto e é profundamente dinâmico e iterativo. A avaliação dos conceitos de projeto aprofundará a compreensão do problema porque fará surgir novos elementos que não haviam sido percebidos e indicará a necessidade de novas informações. Estes novos elementos e informações estimularão o surgimento de novas idéias para resolver o problema. Estes novos conceitos de projeto poderão ser comparados com os primeiros e, desta análise, surgirão os elementos capazes de sustentar a formulação de um novo conceito de projeto. Este processo estimula a compreensão dos elementos essenciais do problema e pode ser continuado até que o projetista considere ter alcançado uma solução consistente, que então poderá ser refinada e desenvolvida.

Sanglard (1997) mostrou que a superfície do casco é a matriz geradora de todas as informações essenciais para avaliar as relações entre os elementos que definem um conceito de projeto. Portanto, deve ser o ponto de partida para a seqüência de definições. De certa

forma, a precedência da escolha das dimensões principais está associada a este aspecto, porque a definição da geometria começa pelas dimensões. No projeto de navios mercantes de carga a definição das características principais está associada à capacidade de carga, que é uma decisão de grande importância. Qualquer que seja o tipo da embarcação, no entanto, o primeiro passo será sempre a determinação das dimensões principais.

A precisão e o refinamento das representações sempre determinam e são limitados pela qualidade e sofisticação dos modelos de análise e dos critérios de avaliação utilizados. No entanto, a simplicidade e a rapidez devem sempre ser buscados. Quanto mais rápido um ciclo de avaliação for concluído, mais rápido surgirão novas idéias para aperfeiçoar o conceito de projeto. Mesmo que o ciclo se inicie com representações grosseiras, produzidas à mão livre, a consistência da solução aventada pode ser alcançada logo nos ciclos iniciais do processo, deixando para os últimos ciclos a elaboração de modelos mais sofisticados quando as representações mais precisas se tornam imprescindíveis.

### **3. UMA METODOLOGIA INTEGRADORA PARA O PROJETO DO NAVIO**

A questão central da metodologia é organizar o trabalho de projeto, estimulando a externalização e a comunicação das idéias a respeito de como resolver o problema de projeto. Sanglard (1994) observa que a maioria dos projetistas manifesta grande resistência em refletir sobre metodologias porque as associa a prescrições rígidas, formuladas por pessoas que não fazem projeto e com ele têm apenas uma relação teórica, como objeto de estudos. É evidente que quase sempre se trata de um preconceito, mas não inteiramente desprovido de relação com a realidade.

Todo projetista utiliza uma forma particular de abordar e resolver os problemas de projeto; constrói seu método particular. Além disto, existe um mito em torno de atividades criativas que associa a liberdade de criação à inexistência de um método. Na verdade, a metodologia busca oferecer meios para o ato da criação, mesmo que o projetista, o criador ou o artista não tenham consciência do método que estejam utilizando.

Em arquitetura naval esse preconceito tem menos fundamento do que em outras áreas, porque praticamente não existem textos de arquitetura naval com reflexões abstratas sobre a forma de organizar o processo de projeto do navio. Um dos principais textos de arquitetura naval, o PNA - Principles of Naval Architecture, editado por Comstock (1983), ajuda a consolidar a idéia do processo de projeto como uma seqüência de cálculos, de verificações e estimativas de desempenho. Trata de todos os assuntos relativos a essas matérias, e de muitas outras relacionadas a importantes aspectos do processo de projeto, mas não dedica uma única linha a teorias ou metodologias de projeto. Por outro lado, os projetistas navais estão acostumados a conviver com regras de sociedades classificadoras e de outras instituições que prescrevem muitos padrões e normas, estabelecendo diretrizes que efetivamente limitam a liberdade de projetar. Essas regras existem, como conceito, há quase duzentos anos mas apenas nos últimos anos vêm se tornando um pouco mais flexíveis.

Quando o projetista trabalha sozinho, com o auxílio de técnicos que não interferem nas decisões, a explicitação do método de projeto pode até constituir uma questão secundária. Como atividade coletiva, entre pares, o trabalho de projeto passa a ter na organização uma questão fundamental, uma vez que o processo de projeto passa a exigir a externalização de idéias e a comunicação de conceitos aos membros da equipe. O processo de decisão é então coletivo e envolve a negociação de posições, através de argumentos de ordem técnica ou não. Se o computador, além de ferramenta técnica de projeto é também utilizado como meio de comunicação, a coordenação do fluxo de informações gerado no processo de projeto exige um método explicitado e ajustado à dinâmica do trabalho dos indivíduos e globalmente à equipe.

A metodologia de projeto busca organizar em bases racionais o trabalho de produção das soluções para problemas de projeto. Ela não se relaciona com o navio ou com as

embarcações que resultarão da sua aplicação, mas com a maneira como trabalha o projetista para desenvolver o projeto. Seu objeto é o processo de projeto. Seu objetivo principal é a descrição das estruturas cognitivas utilizadas pelo projetista na elaboração da solução para o problema particular de projeto que tem em mãos.

Para cumprirem seu papel as métodos de projeto não podem ser vistas como prescrições rígidas, não podem ser apresentadas como regras ou protocolos de conduta. Precisam ser construídos como estruturas flexíveis que apontem o que precisa ser feito e indiquem as possibilidades de fazê-lo, como uma forma de organizar o trabalho.

Para se desenvolver uma metodologia de projeto do navio devem ser considerados os seguintes aspectos da natureza do processo :

- O processo de projeto do navio tem um caráter iterativo.
- O processo é deflagrado pela proposição de uma primeira alternativa de solução.
- O fluxo de idéias, do qual emergiu a primeira alternativa de solução, é deflagrado pela análise das características do problema de projeto, nos termos em que foi apresentado inicialmente.
- A avaliação dessa alternativa de projeto faz emergir uma série de elementos do problema de projeto que fornecem as condições para aprofundar a compreensão dos seus objetivos e as características essenciais que estimularão o surgimento de novas idéias para formular uma nova alternativa com o objetivo de superar a primeira.
- A avaliação dessa nova alternativa de projeto aprofundará ainda mais a compreensão do problema e fará emergir novas idéias para uma nova alternativa de projeto capaz de superar as anteriores. Esta síntese, acontecer precisa dos primeiros instantes e expressa, na essência, o caráter dialético e iterativo do processo de projeto.
- A síntese se transformará em tese, de cuja avaliação surgirão novas idéias que poderão gerar novas alternativas para superar ou aperfeiçoar as anteriores até que o projetista considere que os objetivos foram alcançados da melhor forma que ele é capaz, naquele momento.
- A experiência acumulada permitirá que futuros problemas sejam abordados de forma mais profunda, quando seus elementos essenciais sejam compreendidos com mais abrangência e novas soluções, capazes de superar as anteriores, sejam formuladas.
- O processo de análise e avaliação das alternativas de projeto deve ter um caráter objetivo, isto é, sua referência fundamental deve ser o conjunto de objetivos e propósitos do problema de projeto.
- No processo de avaliação não se pode perder de vista que o êxito do projeto dependerá das relações que serão construídas com o ambiente ou sistema no qual estará inserido, relações que serão mediadas pelo armador e pela tripulação, que estarão imersos num complexo feixe de relações sociais, políticas e econômicas, multi-facéticas e multi-determinadas. A análise dos termos do problema deve buscar compreender, mesmo que em linhas gerais, este feixe de relações.
- Este complexo conjunto de relações e determinações produz uma série de compromissos e exigências que o projetista deve buscar harmonizar através de soluções que procurem o equilíbrio entre os elementos contraditórios.
- A solução de problemas de projeto exige a formulação de um método focado no processo de projeto.
- O processo de projeto admite, a partir de determinado estágio, que os problemas sejam decompostos em subproblemas.
- Os subproblemas podem ser atacados de forma razoavelmente independente, desde que se explicitem com clareza e objetividade as relações com os outros subproblemas e se

mantenha um fluxo de informações que assegure a coordenação do processo de forma a garantir a consistência do conceito de projeto.

- O processo de desenvolvimento das sub-soluções tem a mesma estrutura do problema geral.

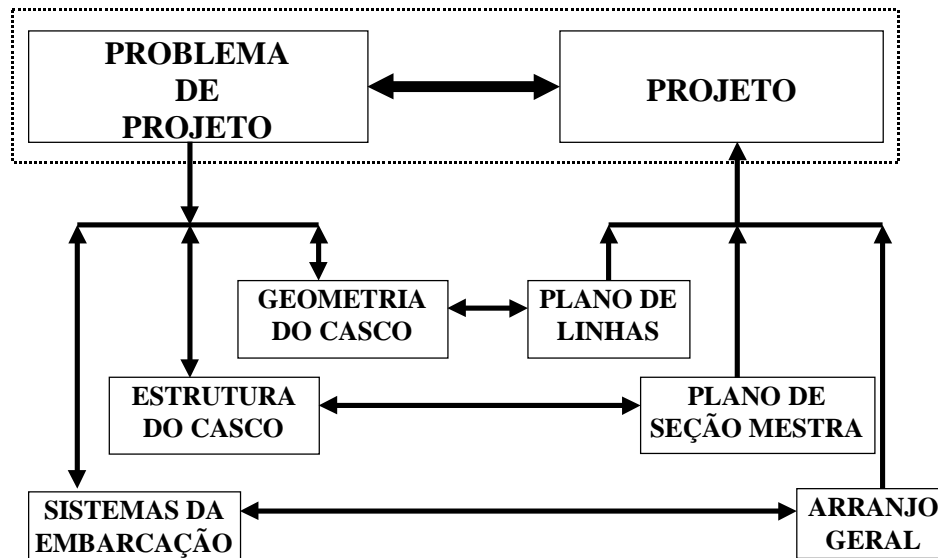


Figura 1 – Relações entre o Problema e a Solução

O esquema da Fig. 1 destaca a primeira fase do processo, que corresponde ao projeto preliminar. É a fase onde a solução é tratada de uma forma unitária sem divisão em sub-soluções. A manutenção da consistência da solução aí gerada, ao longo das fases subsequentes, exige que o recorte do conceito de projeto destas soluções iniciais passe a representar restrições para a fase imediatamente subsequente.

A seqüência sugerida no diagrama da Fig. 2, embora arbitrária, já que reflete a perspectiva de um projetista na abordagem de um problema já subdividido, tem sido utilizada para a geração das primeiras alternativas de projeto (Amorim,1994). A experiência com este método, embora não seja muito longa, tem indicado ser necessário formular algumas hipóteses para a solução do problema antes de passar à formulação de um modelo para a seleção das dimensões principais. Estas hipóteses demandam o levantamento de informações a respeito do problema e dos navios que se apresentariam como possíveis soluções. Além disto, permitem analisar com mais profundidade as relações entre o conceito de projeto e as formas de operação pretendidas para a embarcação. Ao final desta etapa, depois de selecionado um primeiro esboço do conceito de projeto, que tomou substância na seleção das características principais, é importante realizar uma avaliação consistente do conceito de projeto, examinando as possibilidades para a geometria do casco, para o arranjo e para a estrutura. Se esta avaliação não indicar a necessidade de alternativas ou mesmo pontos específicos para os quais o projetista deveria concentrar sua atenção nas próximas etapas, dificilmente se processará uma mudança importante no conceito, determinando assim ter-se alcançado um equilíbrio consistente nesta fase.

As considerações feitas mostram a complexidade e o número crescente de elementos do projeto à medida em os subproblemas são considerados; o número de relações de dependências a serem levadas em conta nos projetos de embarcações mercantes, mesmo as convencionais, evidencia a necessidade da nova abordagem para o problema de projeto de navios. A Figura 3 ilustra a estrutura geral de um modelo de projeto centrado na geometria, de

acordo com a nova proposta metodológica, onde a geometria do casco é o elemento direcionador, estruturador e integrador do processo de projeto.

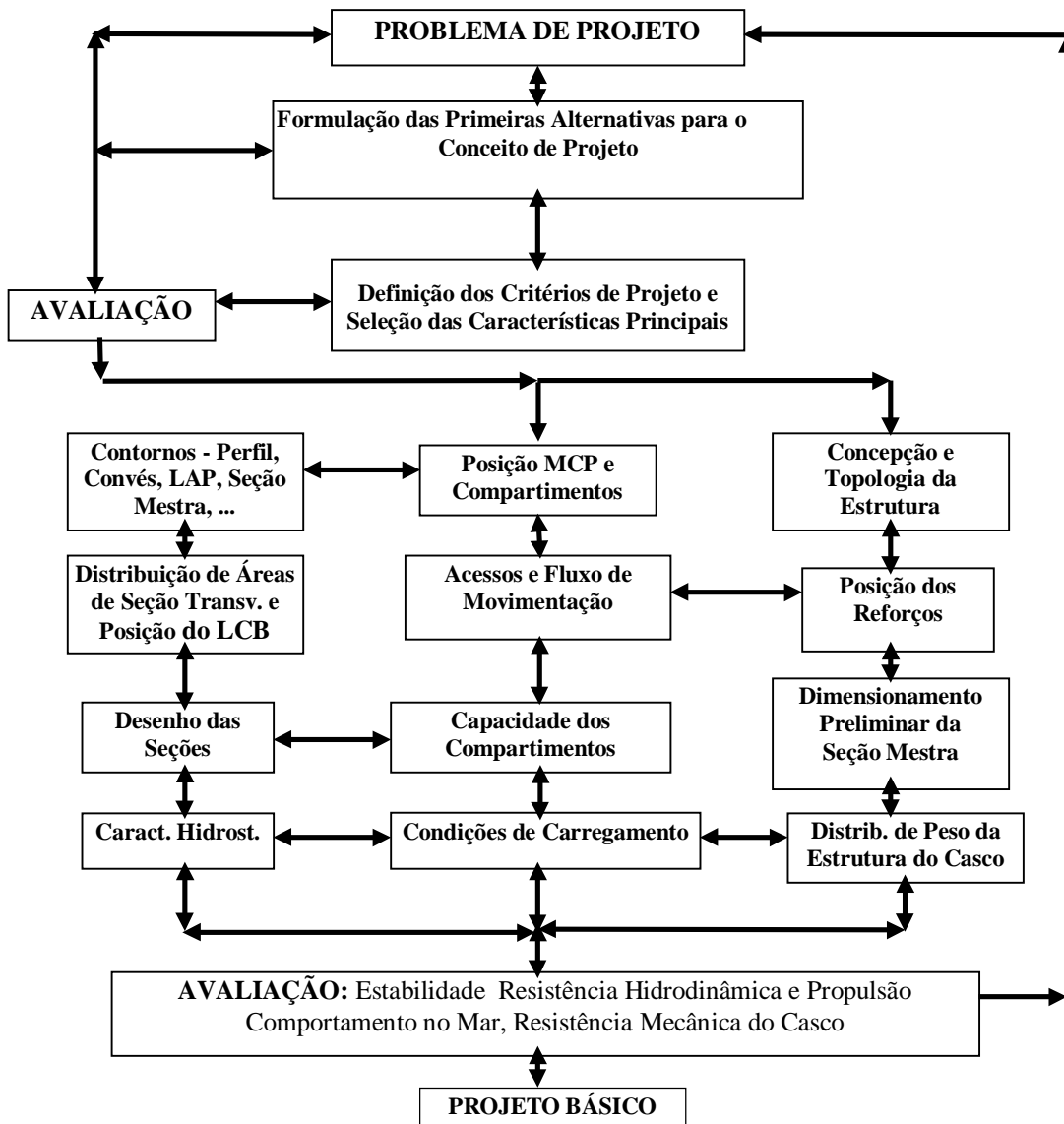


Figura 2 - Estrutura do Método para o Projeto Preliminar

Os recursos computacionais hoje disponíveis, por outro lado, já permitem representar e explicitar o contexto de projeto e suas relações de modo apropriado à intervenção do projetista para que ele possa explorar, conhecer, compreender e controlar melhor tanto cada problema particular e sua solução como sua própria formação, habilidade e experiência em projeto.

O esquema apresentado na Fig. 3 indica ainda as principais características de um modelo computacional capaz de representar e de permitir a exploração do problema de projeto de acordo com a nova filosofia, ou seja,

i) a estruturação dos problemas de projeto de navios em torno da forma do casco - a geometria do casco é o elemento centralizador, integrador e condutor do processo, a partir do qual os demais elementos serão disparados ou bloqueados para compor o contexto imediato de projeto, sobre o qual o projetista atua;

ii) a manutenção do contexto global de projeto durante todo o processo - a visão permanente do conjunto de elementos interligados em cada etapa ou fase de evolução do projeto é essencial para que o projetista perceba as relações de cada parte entre si e as relações de cada parte com o todo, o que permite antecipar possíveis conflitos e estabelecer estratégias adequadas e mais eficientes de solução; e

iii) um ambiente integrado sensível ao processo ou trajetória de solução - a cada resposta ou ação do projetista que altere algum elemento ou introduza novas informações, o contexto pode ser reconfigurado, através das relações formais explicitadas entre a geometria e os demais componentes do sistema de projeto, que permitirão ao sistema computacional detectar a necessidade de revisão das características afetadas dependentes das anteriores ou a disponibilização de outros elementos ou métodos que só possam ser adequadamente considerados a partir de certo nível de definição da forma ou de evolução do processo.

A reunião dessas características permite o desenvolvimento de sistemas de apoio a projeto realmente integrados, que forneçam as informações de modo adequado para a tomada de decisões do projetista, incorporando uma estrutura interna pré-definida e ancorada na geometria, que indique, a cada instante, o conjunto de elementos e de possibilidades de ação, mas que, ao mesmo tempo, não prescreva um único caminho ou percurso para os ciclos de projeto, propiciando ampla liberdade de atuação do projetista dentro daquele universo, de acordo com uma lógica interna consistente.

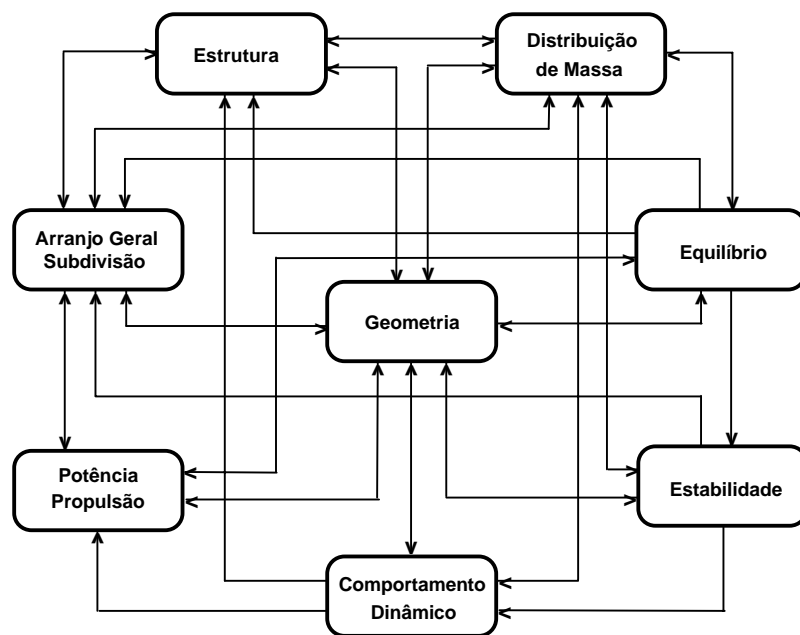


Figura 3 - Esquema da Estrutura Geral de Relações do Modelo de Projeto

#### 4. RESULTADOS

O método descrito neste artigo vem sendo utilizada nos cursos de Projeto do Navio da Escola de Engenharia da UFRJ nos últimos três períodos letivos (97/2, 98/1 e 98/2). Embora não tenha sido desenvolvido com o objetivo de ensinar a projetar, consideramos que as condições enfrentadas pelos alunos são ainda mais adversas em função da falta de experiência e da dificuldade de levantar informações relativas às características operacionais em torno dos problemas propostos. Além disto, podemos observar de forma mais adequada o desenvolvimento dos trabalhos e discutir os aspectos metodológicos de forma mais intensa do



que com um grupo de profissionais. Por outro lado, estimular a discussão metodológica com os alunos é uma boa forma de disseminar uma nova cultura técnica.

O principal objetivo do estudo e da aplicação do método tem sido externalizar as relações entre as decisões que levam à determinação das diversas características que definem o conceito de projeto, o qual foi plenamente alcançado. A percepção destas relações facilita a avaliação utilizando critérios de natureza global e a percepção antecipada de problemas. Desta forma, a necessidade refazer o ciclo adotando novos parâmetros iniciais surge em decorrência do processo e as resistências a modificar o conceito de projeto são praticamente eliminadas. Quando se utilizava uma abordagem mais tradicional a resistência dos alunos era muito grande, mesmo quando concluíam não ter tomado as decisões mais acertadas, aceitando apenas indicar a mudança. A reprojetação se tornava um conflito entre professor e alunos. Com a nova a idéia de buscar uma solução viável foi substituída pela de buscar a melhor solução. Como os problemas são identificados precocemente o esforço de reprojeter é muito menor. Além disto, o trabalho em grupo e uso intensivo de ferramentas computacionais desde as fases iniciais reduz o esforço e o benefício de chegar a soluções melhores supera em muito as dificuldades.

O outro importante objetivo era o de estimular decisões coletivas, que também foi plenamente alcançado nestas primeiras experiências. A externalização das idéias facilita as negociações e torna o trabalho criativo efetivamente coletivo. As soluções adotadas na tomada de decisão relativa a escolha dos diversos elementos que definem o conceito de projeto carregam concepções complexas que buscam compromissos nem sempre evidentes para todos os envolvidos no processo. A externalização e a formalização tanto dos compromissos quanto das concepções facilita a argumentação e a negociação. Este processo ficou mais evidente no desenvolvimento da geometria da superfície do casco que, de todos os elementos, é que o implica no maior esforço de desenvolvimento, já que guarda as relações mais complexas com os demais e que carrega o maior carga de subjetividade.

A principal dificuldade, ainda não efetivamente superada, reside na relação entre os critérios de avaliação de natureza global e aqueles específicos, utilizados no tratamento dos subproblemas. Outra dificuldade, também relacionada a esta, é a sustentação do fluxo de comunicação no grupo de projeto preliminar. A atualização permanente das informações inibe a sustentação dos critérios globais e estimula os específicos, comprometendo a visão do conjunto. Para facilitar o acompanhamento do trabalho e a atividade coletiva, a maior parte do trabalho deveria ser realizado sob supervisão, na forma de seminários. Durante o curso, todos os alunos se envolvem na solução de dois problemas de projeto. No primeiro, o foco é no método. No segundo, sempre é proposto um problema bastante diferente que exigirá mais concentração e criatividade da turma (Amorim,1994).

## **5. CONCLUSÕES**

Os projetos de navios são problemas com razoável nível de estruturação, ou seja, há experiência e conhecimento acumulados na solução de tais problemas que permitem prever ou deduzir seus principais elementos constituintes e relações que devem ser considerados na solução para um projeto específico neste contexto.

Entretanto, a complexidade de tais problemas, que envolvem grande número de elementos e relações nem sempre explícitas entre eles, exige processos iterativos e não lineares baseados na geração e análise de propostas de solução, a partir das quais o projetista reformula objetivos, hipóteses e propostas, para convergir para uma solução equilibrada, que não pode ser obtida a priori ou diretamente dos requisitos de projeto. A divisão do problema em sub-problemas que são desenvolvidos em paralelo com certa autonomia provoca perda da visão do contexto e dos objetivos globais, além de obscurecer relações entre as partes do problema e afetar a eficácia das soluções.

A principal vantagem do método proposto está na organização do processo em torno de um elemento palpável que integra e direciona o trabalho, além de ser sensível ao processo de solução, indicando e atualizando de forma permanente as possibilidades de ação, mas sem determinar ou prescrever um percurso, o que permite ampla liberdade de atuação e controle do processo pelo projetista, mantendo sempre visíveis o contexto global, relações, valores e hipóteses adotados a cada passo. A adoção da forma como elemento centralizador e condutor do projeto permite ainda que as representações, modelos de análise e métodos de cálculo dos componentes do sistema sejam mantidos a níveis homogêneos de sofisticação e de detalhamento adequados à evolução da representação da geometria ao longo do processo, o que resulta em soluções mais equilibradas e eficientes.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- AMORIM, F. A. S.: *Projeto Básico Preliminar*, XV Congresso Nacional de Transportes Marítimos e Construção Naval Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Engenharia Naval - SOBENA, pp. 371 - 382, Outubro de 1994.
- BENFORD, H.: *On The Rational Selection of Ship Size*, Transactions of the Society of Naval Architects and Marine Engineers, New York, 1967.
- COMSTOCK, J. P.(Ed.): *Principles of Naval Architecture*, The Society of Naval Architects and Marine Engineers-SNAME, New York, U.S.A., Edition 1983.
- CROSS, N.( Ed.): *Developments in Design Methodology*, John Wiley & Sons, U. K., 1984.
- CROSS, N.: *Engineering Design Methods.*, John Wiley & Sons, second edition, Chichester, U. K., 1994.
- EVANS, J. H.: *Basic Design Concepts*, Journal of the American Society of Naval Engineers - A.S.N.E., pp. 673-678, November 1959.
- SANGLARD, J. H.: *Sobre a Natureza da Atividade de Projeto*, XV Congresso Nacional de Transportes Marítimos e Construção Naval, Sociedade Brasileira de Engenharia Naval - SOBENA, Rio de Janeiro, pp. 357 - 369, Outubro de 1994.
- SANGLARD, J. H.: *A Forma do Casco como Elemento Integrador do Processo de Projeto de Navios*, Tese DSc, COPPE-Oceânica UFRJ, Novembro de 1997.

### A METHODOLOGICAL APPROACH TO INTEGRATING SHIP DESIGN

**Abstract.** *The report presents an approach to Ship Design based on the conflict faced by the designer to state the problem structure and its solution simultaneously, since, for consistence reasons, one depends intrinsically on the other.*

*The approach emphasizes the three major aspects to design methodology: the process to produce a concept solution, observing its inner limitations and potential; the required control and access to all design variables, parameters and their relationships in the problem modelling; and the handling flexibility offered by the computational tool to model problem/solution, and to allow the recognition of the solution space.*

*The paper reports the evolution of a research line which considers the hull geometry as the central reference to the whole process, linking all associated sub-problems and sub-solutions. A computational tool has been designed and is being prototyped which incorporates the main aspects of the approach, with special concern to the designers control of the entire process, offering means to perceive the relationships between variables and design parameters, as well as the hierarchy involving problems and triggered processes.*

**Keywords:** *Engineering Design Methodology, Ship Design.*