

ALAN PAES LEME ARTHOU

MÉTODO DE PLANEJAMENTO
DAS ATIVIDADES DE PROJETO DE NAVIO,
COM ABORDAGEM DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Mestre em
Engenharia

Área de concentração
Engenharia Naval

Orientador

Prof. Kazuo Nishimoto

São Paulo

2003

014

São Paulo
2003

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do Título de
Mestre em Engenharia

MÉTODO DE PLANEJAMENTO
DAS ATIVIDADES DE PROJETO DE NAVIO
COM ABORDAGEM DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA

ALAN PAES LEME ARTHOU

A minha esposa Maria Candida,
que justifica e apoia a minha
existência

RESUMO

O presente trabalho faz uma verificação de todos os fatores que podem interferir ou influir no desenvolvimento do projeto e construção de um navio e, de posse desses fatores, faz um levantamento das ferramentas e das práticas de como trabalhá-los. Assim, são verificados os métodos de atendimento das vontades do cliente e os métodos e práticas de redução de custos e de prazos. Baseado nesses métodos e usando o conceito de engenharia simultânea, é demonstrada a importância de se integrar o projeto às outras atividades do estaleiro, o que resulta em reduções de custo e prazo. Dentro desse princípio, é proposto um método de planejamento da sequência de execução das atividades de projeto, que leva em consideração a inter-relação entre as atividades de projeto e as demais atividades do estaleiro, além de analisar a inter-relação entre as diversas atividades de projeto.

This report lists all the elements that can interfere in a ship design and construction, and investigate the tools and practices used to manager those elements. So, the client satisfaction, cost reduction and schedule reduction methods are considered. Based in those methods, and using Concurrent Engineering concept, the report demonstrates the importance of design team and other shipyard teams integration for cost and schedule reduction. Considering this, a method is proposed to plan the design activities, considering the relation between all the design activities, and, also, between those design activities and others shipyard activities.

ABSTRACT

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....
3	2 MÉTODOS DE ATENDIMENTO ÀS NECESSIDADES DO CLIENTE.....
8	3 MÉTODOS DE REDUÇÃO DO CUSTO DE OBTENÇÃO.....
10	4 MÉTODOS DE REDUÇÃO DOS PRAZOS DE OBTENÇÃO.....
11	4.1 Construção naval.....
12	4.1.1 Construção Sequencial.....
12	4.1.2 Construção Simultânea (ou Integrada).....
14	4.1.3 Fatores que influem no método de construção.....
15	4.1.4 A escolha do método de construção mais rápido.....
16	4.1.5 Novas ferramentas de produção.....
17	4.2 Projeto do navio.....
17	4.2.1 Método tradicional de projeto.....
19	4.2.2 Novas ferramentas de projeto.....
19	4.2.2.1 Cálculos de Engenharia.....
20	4.2.2.2 Desenhos.....
21	4.2.2.3 Sistemas Especialistas.....
22	4.2.2.4 Realidade Virtual.....
23	4.3 Integração entre projeto e construção.....

LISTA DE TABELAS
LISTA DE FIGURAS

4.3.1	Novas ferramentas para integração.....	24
4.4	Integração externa.....	25
5	MÉTODO DE PLANEJAMENTO DE PROJETO PROPOSTO.....	27
5.1	ETAPA 1 – Levantamento das necessidades e expectativas do cliente e das normas e tendências internacionais	28
5.2	ETAPA 2 – Estabelecimento de prioridades entre essas necessidades.....	28
5.3	ETAPA 3 – Avaliação dos competidores em relação às necessidades do cliente.....	29
5.4	ETAPA 4 - Levantamento das características de desempenho que o produto deve ter para atender as necessidades e expectativas do cliente e da sociedade.....	29
5.5	ETAPA 5 – Determinação das características do produto.....	30
5.6	ETAPA 6 – Relacionamento entre as características de desempenho e do produto.....	31
5.7	ETAPA 7 - Estima inicial de algumas características.....	31
5.8	ETAPA 8 – Determinação da sequência de montagem.....	36
5.9	ETAPA 9 – Determinação das atividades de projeto.....	36
5.10	ETAPA 10 - Determinação da sequência de trabalho.....	38
6	APLICAÇÃO DO MÉTODO DE PLANEJAMENTO PROPOSTO.....	40
6.1	ETAPA 1 – Levantamento das necessidades e expectativas do cliente e das normas e tendências internacionais.....	41
6.2	ETAPA 2 – Estabelecimento de prioridades entre essas necessidades.....	42

6.3 ETAPA 3 - Avaliação dos competidores em relação às necessidades do cliente.....	44
6.4 ETAPA 4 – Levantamento das características de desempenho que o produto deve ter para atender as necessidades e expectativas do cliente e da sociedade.....	47
6.5 ETAPA 5 – Determinação das características do produto.....	48
6.6 ETAPA 6 – Relacionamento entre as características de desempenho e do produto.....	49
6.7 ETAPA 7 - Estima inicial de algumas características.....	51
6.8 ETAPA 8 – Determinação da sequência de montagem.....	51
6.9 ETAPA 9 – Determinação das atividades de execução.....	51
6.10 ETAPA 10 - Determinação da sequência de trabalho.....	53
7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fatores que influem no projeto e construção de um navio.....	1
Figura 2 – Espiral de projeto.....	4
Figura 3 – Navio Patrulha P31 (Construído pela BAZAN).....	44
Figura 4 – Navio Patrulha Brook Marine Type.....	45
Figura 5 – Navio Patrulha Vosper Type.....	45
Figura 6 – Navio Patrulha Azteca (Construído pela Alisa).....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pesos relativos entre as necessidades do cliente.....	43
Tabela 2 - Avaliação dos competidores em relação às necessidades do cliente.....	46
Tabela 3 - Relacionamento entre as características de desempenho e do produto.....	50
Tabela 4 - Matriz de impactos cruzados.....	54
Tabela 5 - Matriz de impacto cruzado incluindo confiabilidade em duas atividades.....	55

1 - INTRODUÇÃO

O projeto e a construção de um navio não são eventos isolados e independentes dos vários fatores que afetam uma sociedade. Para propor um método para projeto e construção de um navio é necessário avaliarmos todos os fatores que podem afetar o resultado desse trabalho. O quadro abaixo mostra esses diversos fatores. Ao centro estão as equipes de projeto e de construção, para quem o método deverá ser desenvolvido.

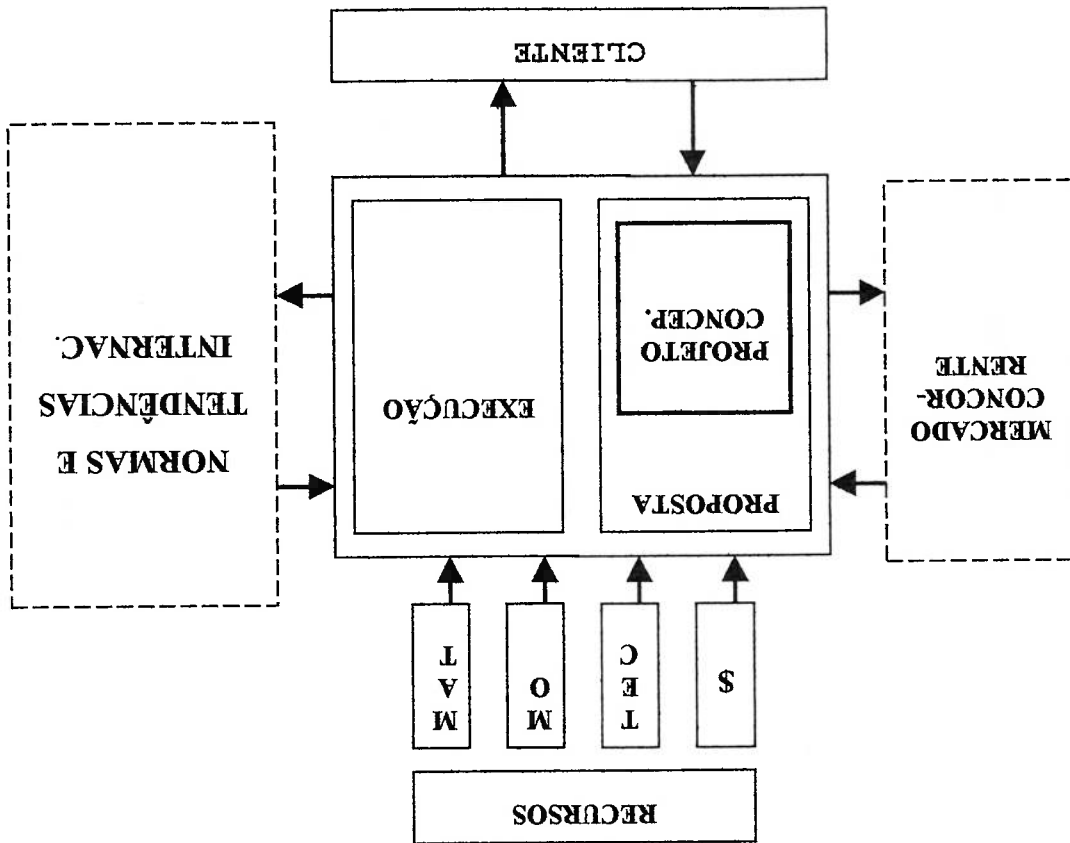


Figura 1 – Fatores que influem no projeto e construção de um navio

Abaixo, está o **CLIENTE** para quem o navio será construído. Ele é o principal fator nesse sistema, pois é para atender suas necessidades que o navio será

projetado e construído. É o cliente que impõe, através de seus requisitos, a maior parte das características do navio, o prazo total e a quantidade de navios a ser construído.

Para atender ao cliente é conveniente identificar os fatos geradores dessas necessidades, que podem estar isolados ou combinados. Dentre eles estão incluídos: a percepção de uma nova oportunidade/ameaça, a mudança no conceito de operações, a necessidade de repor equipamentos obsoletos ou o desejo de fazer uso de um novo desenvolvimento tecnológico.

A satisfação do cliente, ao contrário do que muitos imaginam, não está ligada simplesmente ao atendimento dos requisitos e prazos propostos por ele. Ela está ligada também ao atendimento das necessidades não declaradas, aos serviços associados e, finalmente, ao preço do produto.

De nada adianta um projeto que atenda a todos os requisitos, mas que seja muito mais caro do que outro projeto que deixe de atender parcialmente um requisito que o cliente impôs, mas que não dá muita importância.

Quanto ao prazo para execução do projeto e construção, convém destacar que entre o surgimento da necessidade de um navio e sua entrada em serviço, decorrem alguns anos e que o mundo vem sofrendo alterações de forma muito rápida, principalmente nas áreas política, tecnológica e econômica. Essas alterações provocam incertezas que afetam a todos, principalmente aqueles que têm que projetar algo para necessidades futuras. Portanto, o método de obtenção tem que levar em conta os possíveis cenários futuros para que, quando pronto, o meio esteja dimensionado para a missão que receber e com a tecnologia mais avançada. A redução do prazo de obtenção viria, portanto, permitir maior precisão nas prospectivas de cenários, onde o meio será empregado.

À esquerda, no gráfico, está o **MERCADO CONCORRENTE**, limitador do preço e da qualidade do produto que será entregue, conjugado principal na escolha de quem será o escolhido para executar o projeto e a construção.

Acima, os **RECURSOS** necessários para a obtenção do navio: o capital, a

mão de obra, o material e a tecnologia. Esses recursos são limitados e disputados por uma concorrência que não é, necessariamente, do ramo naval.

À direita está representada a **SOCIEDADE**, que interfere na obtenção através da defesa de seus interesses, estabelecendo requisitos, principalmente de segurança e de preservação ambiental.

O que se pretende nesse trabalho é estabelecer um método de planejar as atividades de projeto que permita ao executor interagir com todos esses fatores, desenvolvendo um produto de qualidade (atenda as necessidades do cliente e da sociedade), com preço e prazo melhores que a concorrência, e que seja executado dentro das limitações de recursos existentes.

Serão listadas, nos próximos capítulos (2,3 e 4) as informações, obtidas na literatura e observadas como prática corrente, sobre métodos que facilitem o atendimento às necessidades do cliente, que permitam a redução do custo e de prazo de obtenção. No capítulo 5 será apresentado um método. No capítulo 6 será apresentado um exemplo de aplicação desse método e, finalmente, no capítulo 7 serão apresentadas as conclusões e recomendações.

2 – MÉTODOS DE ATENDIMENTO ÀS NECESSIDADES DO CLIENTE

O método tradicional empregado para o projeto de um navio é a “espiral de projeto” proposta por Evans.

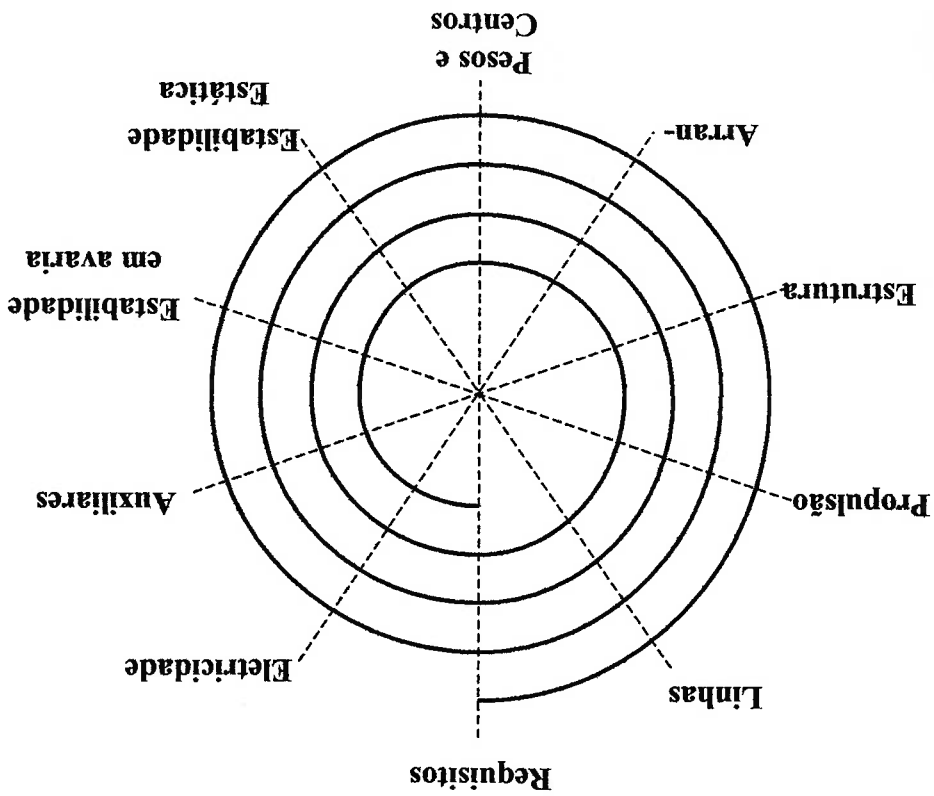


Figura 2 – Espiral de projeto

De acordo com esse método, a primeira característica do navio a ser definida é a forma (as linhas), baseadas nos requisitos do cliente. A partir delas define-se a propulsão, em função da velocidade desejada e do peso estimado, depois a estrutura, o arranjo, e assim por diante. Após o término do primeiro ciclo, os dados que inicialmente foram estimados já estão mais precisos, sendo necessário repassar todas as etapas considerando os

novos dados. Esses ciclos são repetidos até que as alterações já não sejam significativas, quando se considera a concepção terminada.

Essa forma de trabalhar permite que os valores obtidos em cada passo sejam, a cada volta da espiral, recalculados e integrados com os valores obtidos nos demais processos.

Nesse método, como normalmente o cliente estabelece os requisitos do produto, não são facilmente identificáveis, para a equipe de projeto, quais as necessidades do cliente, pois elas são expressas em forma de características de desempenho e especificações de engenharia.

Não só para a indústria naval como para as demais indústrias, já foi demonstrado que o melhor caminho, para a concepção de um novo produto, é identificar e priorizar as verdadeiras necessidades do cliente, através de um método estruturado como o QFD (Quality Function Deployment). Isso permite que as decisões, durante a fase de concepção, sejam direcionadas para um projeto otimizado em relação às necessidades reais, e não às características sugeridas.

A medição correta da importância que o armador dá a cada necessidade identificada é que permite ao projetista desenvolver um produto que tenha o melhor benefício, dentro do conceito do cliente.

Para tanto é necessário identificar as reais necessidades do cliente e atribuir peso relativo a cada uma dessas necessidades.

O QFD (Quality Function Deployment) é uma ferramenta desenvolvida para essa avaliação e serve também para comparar o projeto que está sendo desenvolvido com outros (de concorrentes) ou com navios semelhantes.

Essa ferramenta foi decorrente de um processo de industrialização pelo qual o Japão estava passando e que, na década de 70, o levou à posição de maior produtor de navios do mundo (em toneladas construídas). (GUINTA, 1993)

Dada a complexidade da construção naval e da logística nela envolvida, um dos maiores estaleiros japoneses, o Mitsubishi Heavy Industries, solicitou auxílio do governo japonês para o desenvolvimento de um método que permitisse que cada atividade do processo de construção estivesse ligada ao preenchimento de alguma

necessidade do cliente. Desse estudo resultou a ferramenta a que nos referimos, o QFD.(GUINTA, 1993)

Da construção naval o método foi levado à construção automobilística japonesa através da Toyota que inicialmente usou o método para desenvolvimento de sua pickup. A partir desses sucessos, outras companhias japonesas começaram a usar e a aperfeiçoar o método o tornando valiosa ferramenta para entender as necessidades do cliente e, facilitar a solução de problemas, as tomadas de decisão e o planejamento. (GUINTA, 1993)

Apesar do método ter sido originalmente desenvolvido para a indústria naval, no ocidente ele tem sido mais empregado em outras indústrias (principalmente a automobilística). Na indústria naval americana, só em 1995, a partir do esforço governamental para resgatar a construção naval nos EUA, é que foi elaborado, pela Universidade de Michigan, um manual de aplicação de QFD para a indústria naval. No Brasil, com a construção reduzida a pequenos estaleiros, não há notícias da aplicação dessa ferramenta na área naval.

Apesar do potencial que essa ferramenta apresenta, se formos comparar o produto que está sendo desenvolvido com outros produtos ou projetos, é conveniente ir além do seu uso e, a partir da quantificação obtida do atendimento às necessidades do cliente, calcular o custo-benefício de cada um dos projetos, para apresentar ao cliente um produto que preencha suas expectativas, de forma mais completa do que simplesmente o atendimento dos requisitos solicitados.

Se o projetista conseguir identificar quais as necessidades do cliente que o levaram a solicitar aquela característica, e que prioridade dá a cada característica, poderá propor alternativas e terá uma idéia da flexibilidade que tem para alterar a característica sem interferir com as reais necessidades.

Um dos primeiros problemas que aparece ao se montar um QFD, é a identificação das necessidades do cliente, das características de desempenho do produto e, finalmente, das características do produto. A correta identificação das necessidades das características que atende a essas necessidades, permitirá ao projetista procurar um projeto que melhor atenda às expectativas do cliente.

Não existem regras sobre essa identificação e os livros sobre QFD não apon-

tam uma maneira clara, preferindo, de um modo geral, chamar as necessidades do cliente de Whats (o que ele deseja) e as características de desempenho de Hows (como alcançar o que ele deseja).

Na tentativa de melhor identificar essas diferenças, vamos lançar as seguintes definições:

Necessidade do cliente – Como o cliente é quem decidirá sobre a aplicação do produto, suas necessidades estão quase sempre ligadas ao uso do produto como um todo. Assim, quando ele específica que um navio seja capaz de operar em uma determinada rota ou que seja capaz de passar pelo canal do Panamá ou entrar em portos específicos, ou quando específica que determinados equipamentos devem ser idênticos aos que já possui em sua frota, ele está, efetivamente, apontando suas necessidades.

Características de desempenho – São as características que deverão atender às necessidades do cliente. Estão relacionadas à operação e ao desempenho do produto e são sempre mensuráveis. Assim, velocidade, autonomia, raio de ação, são características de desempenho. Elas não são necessárias a quem está construindo o navio, apenas a quem vai operar.

Característica do produto – São aquelas ligadas diretamente ao produto e, consequentemente, imprescindíveis a quem for construir o navio. Assim, comprimento, boca, calado, motor, são características do produto.

Portanto, quando um cliente informa, através de seus requisitos, qual o comprimento desejado para o navio, ele está dando uma característica do produto que ele acha que vai atender a uma ou mais de suas necessidades, que pode ser, por exemplo, a necessidade de ter bom comportamento no mar ou a de otimizar o perfil de operação do navio.

Da mesma maneira, quando o cliente estabelece a velocidade, ele está fornecendo uma característica de desempenho que ele acha que atenderá a alguma necessidade, como, por exemplo, a de percorrer a rota onde vai operar, reduzindo o custo total de operação, para o caso de um navio mercante, ou, para o caso de um navio patrulha, a de ter maior probabilidade de detecção quando em patrulha.

3 – MÉTODOS DE REDUÇÃO DO CUSTO DE OBTENÇÃO

A composição do preço de um produto complexo como um navio é tarefa difícil de executar. A construção naval tem, normalmente, algumas empresas gigantes (os estaleiros) e uma cadeia produtiva muito grande, fornecendo bens e serviços para eles. Normalmente, grande parte dessa cadeia produtiva fica sediada na região próxima ao estaleiro.

Existem quatro recursos básicos, consumidos por um estaleiro, que afetam o custo de um navio de forma direta: a mão de obra (empregada para fabricação, montagem, administração, apoio, vendas, projeto, etc.), a energia (consumida pelas máquinas e instalações), o material (incorporado ao navio ou consumido pelo estaleiro para poder construir o navio) e a tecnologia (desenvolvida através de pesquisas para tentar melhorar a qualidade e reduzir o tempo e o custo da produção).

Se fizermos uma comparação com o Japão, maior produtor de navios (atualmente e à época da crise na indústria naval brasileira), veremos que o preço unitário da energia é próximo ao nosso, que o preço unitário da mão de obra é muito superior ao nosso, que os gastos com desenvolvimento de tecnologia são superiores aos nossos. Portanto, para que um navio construído no Japão seja mais barato que um construído no Brasil, é necessário que a diferença do preço da mão de obra e os investimentos em pesquisa sejam compensados com produtividade (menor quantidade de mão de obra para produzir o mesmo produto) e com menores custos de aquisição de materiais.

Não existem dados comparativos que permitam identificar a diferença de produtividade entre os estaleiros japoneses e brasileiros, no entanto, cabe ressaltar que, na construção de um navio, cerca de 80% do trabalho é de montagem de peças grandes (difícil de automatizar) e apenas 20% é de fabricação, com alguma possibilidade de automação. Em um dos estaleiros mais automatizados do mundo, o Hirashi Zosen, a percentagem de soldas automáticas fora das oficinas é de 1% e o total de soldas realizadas por robôs é de 11%.

Quanto à aquisição de material, os equipamentos principais são, normalmente, de escolha do armador e comprados no mercado internacional. Os demais materiais

são, na maior parte, oriundos de uma cadeia de suprimento bastante complexa e de difícil comparação.

O único dado concreto que podemos tirar do apresentado até então é que, no custo de um navio, o somatório do custo do material (exceto equipamentos fornecidos pelo armador) e do custo total da mão de obra no Japão é menor do que no Brasil. O que significa que eles conseguiram montar uma rede de suprimento e produção mais eficiente (eficiência coletiva) que a nossa, e saíram vencedores das crises por que passaram.

Para prosseguir com a análise é necessário então identificar quais as características desejáveis para aumentar a eficiência de uma rede de suprimento e produção. Uma comparação direta com uma região japonesa produtora de navios é difícil, por falta de dados e diferença de culturas.

Em várias outras regiões do mundo, também existem concentrações de empresas formando redes complexas de produção, especializadas em um produto (não necessariamente de navios) e que também desenvolveram eficiência coletiva a ponto de sobreviver às crises, aumentar a produtividade e competir globalmente. Os estudos mostram que, independentemente do produto, certas características estão presentes na maioria delas, o que nos permite empregar essas características como padrões dentro de um modelo ideal.

Essas características, no entanto, são típicas do mercado onde o estaleiro está-
ver sediado e difíceis de serem alteradas por ações unilaterais do construtor. Embora, os esforços de integração com o mercado fornecedor podem ser revertidos em benefício para o custo. No entanto, as características de mercado, como prazo de entrega e confiabilidade, devem ser cuidadosamente consideradas no planejamento de construção. O custo de falhas nesse planejamento será o aumento de disponibilidade de mão de obra, que afeta profundamente o custo final do navio.

4 – MÉTODOS DE REDUÇÃO DOS PRAZOS DE OBTENÇÃO

As indústrias de grande porte, que desenvolvem produtos, passaram, a partir da década de oitenta, a sofrer os mesmos problemas que a indústria naval. Assim, os produtos estão mais complexos, a estrutura organizacional está maior e durante o tempo de desenvolvimento de um protótipo surgem outros tipos de tecnologia.

Com a globalização do mercado, os estudos de comparação de processos de trabalho entre indústrias descobriram que o tempo de desenvolvimento de um produto em indústrias japonesas era menor que em indústrias similares no ocidente. Na indústria automobilística, por exemplo, os japoneses estavam com o projeto pronto para a produção 36 meses após o início, contra 48 a 60 meses, nos Estados Unidos.

Foi observado que o principal motivo para essa diferença era que as indústrias japonesas executavam de forma simultânea algumas atividades que tradicionalmente eram executadas de forma sequencial nas indústrias ocidentais. Foram então desenvolvidas pesquisas visando estabelecer uma metodologia que, aplicado às indústrias ocidentais, provocasse a redução do tempo de desenvolvimento.

Em 1986, o relatório R-338 do “Institute for Defense Analyses” (IDA) designou por “Concurrent Engineering” (Engenharia Simultânea) o método sistemático de desenvolvimento de produto e dos processos a ele relacionados, através de um projeto integrado e simultâneo. (CARTER, 1992)

O princípio da metodologia é muito simples, tenta reduzir o tempo total através de sobreposição de tarefas. Existem, no entanto, diversos fatores presentes nas grandes organizações que desenvolvem projetos complexos, que fazem com que um princípio simples de ser compreendido seja difícil de ser praticado.

O primeiro desses fatores é a própria estrutura da organização que, por ser dividida em Departamentos, Divisões e Seções, forma células de trabalho de difícil comunicação e integração entre si. A distância física e as formalidades existentes dificultam ainda mais a execução do trabalho simultâneo. (CARTER, 1992)

O segundo fator, e talvez o mais crítico, é a estrutura de comunicação. Para realização de um trabalho onde dois grupos, simultaneamente, exerçam tarefas, é

necessário que os membros de cada grupo tenham acesso rápido e atualizado a todas as informações necessárias ao andamento de seus trabalhos. A dificuldade de acesso à informação cresce com o número de pessoas participando do trabalho. Em um projeto onde trabalham mil pessoas, são necessários quatrocentos e noventa e nove mil e quinhentos canais de comunicações para que todos possam ter acesso ao trabalho dos outros. Mesmo que na prática noventa e nove por cento não sejam utilizados, ainda resta a necessidade de cerca de cinco mil canais. A estrutura de informações das empresas, normalmente, não está preparada para essa forma de trabalho (CARTER, 1992).

No projeto e construção de navios, a estrutura de comunicação ainda é mais complexa, pois, além da quantidade de pessoas envolvidas, existe grande variedade de assuntos. Além disso, o projeto passa por fases distintas, realizadas por grupos diferentes.

A terceira barreira, para o desenvolvimento do trabalho simultâneo, é a formação de requisitos para o produto. Quando esses requisitos não são claros e bem definidos, podem permitir interpretações diferentes em grupos distintos. Além disso, quando o trabalho é dividido em fases e entre uma fase e outra há necessidade de estabelecer requisitos, é comum que os responsáveis pela fase precedente tentem fazer com que esses requisitos sejam estabelecidos ao final de seus trabalhos, o que inviabiliza qualquer paralelismo de ações. (CARTER, 1992)

Outra barreira é a cultura de quem está projetando que o leva a esquecer que o trabalho deve ser simultâneo em todas as fases, inclusive as de operação e manutenção.

Além dessas barreiras, se o estaleiro pretende desenvolver o projeto e a construção de forma simultânea, é necessário uma análise das possíveis formas de trabalhar na construção naval e no projeto de um navio.

4.1 – Construção naval

Não existe, na literatura, uma descrição dos vários métodos de construção,

mas os livros antigos mostram os navios sendo construídos a partir da estrutura, recebendo posteriormente os equipamentos. No entanto, nos últimos anos, a prática, e vários artigos, apontam para um tipo de construção que passou a ser chamada de modular (porque o navio é construído em módulos completos, unidos posteriormente). Em apenas um artigo, há referência a um tipo de construção, similar a montagem de uma indústria química e que o autor, por similaridade, a chamou de construção unitizada.

A partir do que é apresentado em vários trabalhos, é possível observar que as diferenças entre os diversos tipos de montagem estão focadas na execução ou não de trabalhos simultâneos. Assim, baseada nesse mesmo foco, será apresentada uma classificação, de caráter puramente acadêmico, para os tipos de construção naval.

4.1.1- Construção Sequencial

Nesse caso, a estrutura do navio (o casco) é montada integralmente e só então os equipamentos, acessórios e acabamentos são instalados a bordo.

Essa forma de trabalhar é adequada quando existe grande quantidade de navios a serem fabricados e o espaço disponível para montagem é pequeno. Nesse caso, a instalação de equipamentos ou acessórios a bordo durante a montagem estrutural pode reduzir o tempo total de construção para cada navio individualmente, mas aumenta o tempo de construção do conjunto.

O estaleiro Damen, na Holanda, emprega esse método para embarcações de serviço, com prazos e preços competitivos, já tendo construído quatro rebocadores para a MB e transferido tecnologia para o estaleiro Wilson Sons, em Santos, que está construindo lanchas balizadoras, também para a MB. Em ambos os contratos, as embarcações foram entregues antes do prazo contratual.

4.1.2- Construção Simultânea (ou Integrada)

Nesse método, as montagens dos equipamentos, das tubulações, dos dutos,

dos cabos elétricos e de outros itens de acabamento são realizadas em paralelo com a montagem estrutural. Ela é empreitada quando não há urgência na liberação da área de montagem e o projeto de detalhamento, os materiais e os equipamentos estão disponíveis no início da construção. Ela pode ser dividida em:

A - simultânea convencional - a estrutura e os equipamentos são montados em sequência, para o navio como um todo.

O estaleiro Damen, referenciado no item anterior, em algumas ocasiões, quando dispõe de área de montagem, emprega esse método.

B - modular - Nesse caso, a construção é feita em módulos, de tal maneira que os trabalhos em um não interfiram com os trabalhos em outros. Quando os módulos estão prontos são unidos para lançamento. Esse método permite otimizar o tempo de utilização dos recursos de lançamento, quer sejam eles baseados em carreta, dique ou pontão. Além disso, facilita a montagem de equipamentos e acessórios, pois cada módulo é aberto em pelo menos um dos lados.

Exemplos de aplicação são os estaleiros Bazan na Espanha, Yarrow na Inglaterra e o Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) na construção de submarinos.

C - unitizada - nesse caso, os equipamentos são montados em unidades e posicionados a bordo dessa maneira, evitando assim os custos mais elevados de montagem a bordo (JAQUITH, 1997). Na construção da seção 30 dos submarinos da classe Tupy, no AMRJ, a região abaixo do convés e acima das baterias, normalmente chamada de "cake", é toda pré-montada antes de ser colocada na seção.

É importante ressaltar que essas definições são acadêmicas e não existe uma fronteira clara entre elas. Na prática, quando se emprega o método de construção sequencial, alguns equipamentos são embarcados no navio antes de ser fechada a estrutura. Da mesma forma, quando se emprega um dos métodos de construção simultânea, alguns equipamentos são instalados após o lançamento.

4.1.3 - Fatores que influem no método de construção

A escolha da sequência de construção a ser empregada depende, em diferentes graus, das influências de cada um dos fatores abaixo:

a) quantidade de navios a serem construídos - O número de navios que serão construídos, influi diretamente na curva de aplicação de mão-de-obra para cada especialidade. Uma das preocupações do gerente de construção é manter essa curva o mais uniforme possível para minimizar os gastos com disponibilidade, reduzindo o custo total.

Quando existem poucos navios a serem construídos, ou apenas um, a construção modular oferece vantagem em relação às demais, pois permite que o trabalho para cada especialidade, possa ser dividido pelos módulos ao longo do tempo de construção. Ao contrário, a construção sequencial, por acumular grande quantidade de soldadores e chapadores no início e pessoal de acabamento no final, parece ser a menos adequada. Para a construção de quantidade maior de navios, de tal maneira que o acréscimo da necessidade de mão de obra de determinada especialidade em um, coincida com a redução da necessidade dessa mesma especialidade em outro, o método ideal de trabalho passa a ser ditado por outros fatores.

b) Capacidade das máquinas operatrizes - A construção de um navio, principalmente sua estrutura, é feita a partir da montagem de partes, até formar uma "unidade", que por sua vez será unida a outras para formar o navio. O tamanho e o peso de cada unidade dependem das capacidades das máquinas de manobra de peso disponíveis no estaleiro construtor.

Em estaleiros onde os equipamentos de manobra de pesos são de baixa capacidade, o método de construção por módulos é inviável. Para exemplificar, a construção de uma corveta de duas mil toneladas, dividida em dez módulos, exige equipamentos da ordem de duzentas toneladas.

c) disponibilidade de materiais e equipamentos - O planejamento de construção de um navio é influenciado pelo planejamento de chegada dos materiais e equipamentos. Este por sua vez, é influenciado pelos planejamentos de detalhamento

da construção e de desembolso financeiro. No método de construção simultânea convencional e no de construção modular, os materiais e os equipamentos têm data limite de entrega mais curta que no método de construção sequencial. Isso só é atingível através de um cronograma de desembolso com altos valores iniciais.

d) Disponibilidade de recursos humanos - A prática tem demonstrado a dificuldade de se contratar mão-de-obra capacitada, que esteja disposta a enfrentar as árduas condições do ambiente de trabalho da construção naval. O método modular, que abre várias frentes de trabalho, só é justificável quando existe disponibilidade de mão-de-obra para trabalhar nessas frentes. O método sequencial emprega grande quantidade de mão-de-obra, por especialidade, em fases distintas da construção. Já o método simultâneo, exige o trabalho de pequenas equipes durante toda a construção.

e) nível de cultura tecnológica coletiva - A construção modular exige maior nível de precisão dos trabalhos, pois para a montagem de dois módulos, seus dutos e tubos devem estar perfeitamente alinhados. Para ser atingida essa precisão, é necessário maior número de informações no detalhamento e operários com capacidade de interpreta-las e executá-las de maneira correta.

f) disponibilidade de recursos financeiros - Como já apontado anteriormente, nas metodologias de construção simultânea ou de construção modular, o desembolso a curto prazo é maior que na metodologia de construção sequencial, que permite desembolsos mais uniforme.

g) prazo para conclusão da obra - o tempo de construção é fortemente influenciado pela capacidade de se abrir frentes de trabalho. Como o espaço interno de um navio é de alta densidade, ou seja, existem poucos espaços para circulação de pessoal, a melhor maneira de se abrir frentes de trabalho é dividir o navio em módulos e montá-los ao final da construção.

4.1.4 - A escolha do método de construção mais rápido

Diante de tantos fatores e dos exemplos de sucesso na aplicação de cada método, pode-se afirmar que o melhor método é aquele que é intermediário aos

modelos teóricos, se adapta às condições disponíveis e é corretamente gerenciado. Algumas dessas condições podem ser alteradas pelo próprio estaleiro, e outras, por dependerem de fatores externos, mudam com o tempo. A escolha da sequência mais adequada é, portanto, função de vários fatores, alguns que antecedem ao projeto, outros que são ajustados ao longo da produção.

4.1.5 – Novas ferramentas de produção

Em indústrias onde a fase de produção é seriada, tem havido elevado grau de automação e robótica com a finalidade de reduzir preços. Na produção de bens não seriados, a automação e o uso da robótica não é tão fácil pois as máquinas têm que apresentar flexibilidade para troca constante de programação. Apesar disso o mercado dessas máquinas está em desenvolvimento e, a cada dia, aparecem novos tipos.

No caso específico da indústria naval, cerca de 80 % do trabalho é de montagem de peças grandes (difícil de automatizar), e apenas 20 % é de fabricação com possibilidades de automação (ROSS, 1997).

Os ganhos dessa automação são, no entanto, maiores do que aparentam. As tradicionais técnicas de análise de Custo/Benefício aplicadas à automação só computam a redução de mão de obra direta, deixando de lado as vantagens que a automação ou a aplicação de robôs em uma pequena parcela dos trabalhos pode trazer para as fases de montagem. A aplicação de robôs e máquinas de controle numérico integra o projeto à construção e reduz a variabilidade das partes fabricadas, que passam a ser montadas, devido a maior precisão, em menor tempo. Além disso, reduzem os prazos de execução da fabricação, o que colabora para o aumento de simultaneidade entre as atividades de montagem.

Os estaleiros modernos têm se empenhado em automatizar seus processos, conscientes das vantagens advindas. Mas ainda resta muito que fazer, principalmente se considerarmos que essas máquinas, por serem flexíveis, têm muita interface com o homem, e que o trabalho nessa interface pode ser minimizado com desenvolvimento de softwares adequados.

4.2 – Projeto do navio

O projeto de um navio é o conjunto de tarefas que vão do surgimento da necessidade de obtenção ao final do detalhamento para a construção. Ele é o responsável pelo balanceamento entre o que o cliente deseja para cumprir sua missão, as restrições orgumentárias e as capacidades tecnológicas.

Ao longo do projeto é que serão determinadas as características que o navio deve ter para atender as necessidades do cliente e alcançar os desempenhos esperados. Essas características do navio é que serão passadas a quem irá construí-lo. Durante o projeto existem duas atividades distintas. Uma é o dimensionamento e arranjo, voltados a definir as características que o produto terá, (a essas atividades chamaremos de projeto) outra é a verificação, cada vez que alguma característica for alterada, dos impactos que essa alteração provoca nas características de desempenho (a essas atividades chamaremos de verificação).

Assim, traçar as linhas do casco ou dimensionar a estrutura é atividade típica de projeto (uma vez que serve para gerar as informações que serão passadas à produção para a construção do navio), enquanto que o cálculo da estabilidade intacta ou da estabilidade em avaria é atividade de verificação do projeto (uma vez que não geram informações para a produção).

4.2.1 - Método tradicional de projeto

O método normalmente usado para executar um projeto é dividi-lo em três fases distintas e executar-las de forma sequencial. Essas fases são:

Concepção - É a primeira fase do projeto de um navio e vai do surgimento da necessidade até a escolha de uma configuração que melhor a atenda.

O início desses estudos é ainda divergente, devendo considerar toda a faixa de soluções possíveis. A partir dessas soluções, é elaborado um projeto de concepção básico, suficientemente detalhado, para que o custo seja levantado.

Nessa fase serão determinadas as principais características do navio (dimen-

sões e equipamentos principais), efetuadas as verificações necessárias e elaborado um arranjo preliminar. Poucos desenhos, da ordem de uma dezena, são necessários para essa fase.

Projeto preliminar - É a fase do projeto do navio que vai da escolha do projeto de concepção até o de contrato. Como o navio já está escolhido, o projeto passa a ser mais aprofundado em cada sistema, tornando a fase mais técnica e menos especulativa que a anterior.

Dependendo do navio e do número de sistemas a bordo, cerca de uma centena de desenhos são produzidos nessa fase.

Projeto de construção - Uma vez definida as características e os principais equipamentos do navio, tem início o projeto de construção que através de milhares de desenhos, transmite aos operários as informações necessárias para execução.

Podemos dividir esses desenhos em quatro grupos:

- os diagramáticos de cada sistema, que permitem uma visualização total da operação do sistema e o cálculo das diversas partes que o compõe.

- os desenhos de fabricação, que são necessários para que o operário possa fabricar na oficina as partes que serão instaladas a bordo, como os desenhos de bases de equipamentos ou de mobiliários, dos dutos e das tubulações.

- os desenhos de instalação, que são necessários para que o operário possa levar as informações de execução para bordo do navio em construção, como é o caso dos desenhos de instalação de equipamentos e acessórios.

- os desenhos de arranjo, que são orientativos para o pessoal do projeto e do gerenciamento da obra, permitindo uma visualização do que será instalado no compartimento. Tornam-se mais úteis quando o arranjo é integrado, ou seja, um desenho que mostre não apenas os equipamentos e acessórios, mas, também, os dutos, as tubulações e os cabos elétricos. Nesse caso são usados também para auxiliar na verificação do projeto do compartimento.

Os desenhos de fabricação e os de instalação devem ser estruturados de acor-

do com a cultura do estaleiro construtor e com a seqüência de construção que será adotada.

Se for adotada a construção seqüencial, os desenhos de estrutura devem ser em função dos painéis que serão fabricados e da seqüência de montagem adotada, enquanto os desenhos de instalação dos sistemas podem ser apresentados como um desenho único ou em partes, de acordo com a conveniência de montagem.

Se a construção for modular, os desenhos estruturais devem ser em função da fabricação dos módulos. Da mesma maneira, os desenhos de instalação dos componentes de um sistema que se estenda por vários compartimentos, como o sistema de combate a incêndio ou de iluminação, no caso da construção modular, devem ser elaborados considerando as dimensões dos módulos.

4.2.2 – Novas ferramentas de projeto

O esforço que tem sido feito, ao nível de projeto, para reduzir o tempo de execução é a sua automação através de sistemas de CAD.

A automação permite executar etapas de maneira mais rápida e concentrar todo o banco de dados em um único arquivo que possa ser operado on line por todos que dele necessitem.

As fases de cálculo para dimensionamento, de análise e mesmo a fase de desenho foram profundamente influenciadas pelo desenvolvimento da informática e, a cada ano, novas ferramentas aparecem, facilitando cada vez mais o projeto.

A seguir, será feita uma breve descrição das ferramentas de informática já existentes e das que estão em desenvolvimento.

4.2.2.1 Cálculos de Engenharia

O cálculo de engenharia é, talvez, a fase do projeto que primeiro foi afetada pelo computador. O computador foi, desde cedo, empregado para soluções de problemas técnicos isolados, que podem ser problemas estruturais, hidrodinâmicos,

aerodinâmicos, de propulsão, de dimensionamento, etc.

As demais fases do projeto também foram beneficiadas com a capacidade do computador de executar tarefas repetitivas, com rapidez e com menor variabilidade que quando executadas pelo homem.

O mercado desse tipo de ferramenta parece estável, apesar de, constantemente, aparecerem novidades, em função das evoluções tecnológicas. As soluções isoladas de problemas, no entanto, não auxiliam a integração ou simultaneidade das tarefas ou das fases.

4.2.2.2 Desenhos

Desenho é um dos veículos que o projetista usa para especificar as características do produto. O aparecimento do CAD veio complementar o uso do computador em projetos, permitindo a substituição das ferramentas tradicionais de desenho.

A vantagem inicial dessa nova ferramenta sobre as tradicionais é a facilidade de correções e alterações e o emprego de desenhos padrões para comporem outros desenhos.

Com o desenvolvimento dos bancos de dados, dos softwares em 3D e das redes locais, o uso do CAD trouxe uma vantagem adicional, a possibilidade de consolidação dos desenhos em um banco de dados único, permitindo que cada componente da equipe pudesse trabalhar com a versão mais atualizada, reduzindo assim o número de retrabalhos, e integrando os diversos setores do projeto.

O CAD, cuja principal aplicação é na fase de projeto, é a origem e o gargalo das informações para as demais fases de desenvolvimento de produtos, tendo mesmo influenciado e permitido o aparecimento de ferramentas para aplicação em outras fases (como a máquina de controle numérico), aumentando assim o fluxo e a confiabilidade das informações.

Dos sistemas de CAD atualmente em operação, a maioria teve o desenvolvimento focado em fins comerciais, sendo portanto softwares genéricos. Alguns, no entanto, foram desenvolvidos pela própria empresa que iria operá-los em atividades específicas.

O mercado de CAD comercial parece já ter passado da fase crítica inicial, quando existiam incertezas tecnológicas, custos altos, dificuldade de avaliação sobre custo/benefício, falta de padrões e compatibilidade, problemas de qualidade e frequentes atualizações das versões.

Do aparecimento do CAD até hoje, houve um processo de consolidação que reduziu o número de produtos até o ponto de estabilidade, onde todos se beneficiam. Menor número de produtos significa maior número de clientes por produto, o que permite dividir os custos de desenvolvimento por maior número de usuários. Também significa que os acordos para padronização e conversão entre produtos diferentes fica mais fácil, o que é um poderoso aliado na integração entre empresas.

Os CADs de aplicação específica são normalmente desenvolvidos pelas empresas que irão usá-los. Um exemplo recente, na área da indústria naval, é o MATES, desenvolvido pela Mitsubishi Heavy Industry (MHI) para aplicação em projetos de navios únicos (one-off), consistindo de um sistema de casco e de um sistema de acessórios, com um banco de dados comum. O objetivo do desenvolvimento é facilitar alterações no projeto e, sempre que necessário, estimar dados a partir de dados de projetos anteriores. Outro software desse tipo (para navios únicos) é o MARINE (Mitsubishi Advanced Realtime Initial design and Engineering) desenvolvido pela mesma empresa do exemplo anterior com o objetivo de gerar respostas rápidas às perguntas de clientes potenciais (YOSHIMURA, 1997).

4.2.2.3 Sistemas Especialistas

Os sistemas de CAD que somente executam desenhos contribuem pouco para a melhoria da eficiência do projeto. A razão é que o tempo de execução dos desenhos é uma parcela pequena do tempo gasto no desenvolvimento de um produto. Principalmente em trabalhos com sistemas interdependentes, como é o caso dos sistemas de um navio, onde o processo de otimização é por tentativa e erro. Na tentativa de auxiliar na redução de tempo dessas tarefas, começam a aparecer sistemas especialistas para assessorar os projetistas nas tomadas de decisões.

Lee (1997) mostra o trabalho desenvolvido pelo Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering de um sistema especialista para gerar concepções, no

início do projeto, quando as informações disponíveis são limitadas e o projetista tem que se basear em outros projetos e em sua própria experiência.

Yoon (1997) apresenta o desenvolvimento de um sistema especialista para detalhamento do projeto de reforços transversais (gigantes) da estrutura de um navio, que normalmente consome muito tempo.

Choo (1997) apresenta o desenvolvimento de um sistema especialista para levantamento de cargas pesadas com o uso de guindastes fixos ou flutuantes.

Na realidade existe grande variedade de sistemas especialistas focados isoladamente em cada fase de desenvolvimento do produto. O que os três exemplos acima mostram é a tendência atual de elaboração de sistemas especialistas baseados na engenharia do conhecimento (Case-based Reasoning, Knowledge Based Engineering) e não mais baseados em regras. Porém, o mais importante é que a primeira referência mostra um trabalho que integra partes diversas de uma etapa, exemplificando que sistemas especialistas podem vir a ser uma ferramenta valiosa de integração e simultaneidade.

Talvez, em futuro próximo, apareçam programas especialistas que consigam orientar o projeto, baseando-se em registros de experiências aprendidas durante as construções anteriores.

4.2.2.4 Realidade Virtual

O uso de Realidade Virtual (RV) nos últimos anos tem estado restrita a uni-

versidades e centros de pesquisa, principalmente devido à relação custo/resultado. No entanto a situação tem evoluído muito rapidamente e já são possíveis algumas aplicações. Hoje em dia, é possível simular um processo de montagem ou visualizar um compartilhamento internamente e identificar as dificuldades de operação ou de manutenção de equipamentos sem que para isso seja necessário construir um modelo em escala real, o que diminui custos e tempo além de permitir, o que é mais importante, trazer para a fase de projeto atividades que, de outra maneira, só seriam executadas em fases posteriores, contribuindo, assim, com a simultaneidade de tarefas.

Na indústria naval, RV já foi empregada para estudo de evacuação em emer-

gência para um navio de passageiros e para o desenvolvimento de um sistema de pilotagem de um veículo operado remotamente (KURO, 1997). Outra aplicação tem sido no desenvolvimento de projetos de passadigos usando o chamado mock-up híbrido onde modelos de equipamentos e obstáculos são colocados para que possam ser apalpados, no mesmo lugar onde estão no mundo virtual. (WERKHOVEN, 1997).

Realidade Virtual requer a imersão em um ambiente virtual, com simulação em tempo real e visualização realística da cena e uma interface com o usuário. Os equipamentos de interface normalmente são o display de cabeça, o magnetic tracker e a data glove. No entanto, experiências demonstraram que esses periféricos são inadequados para aplicação em desenvolvimento, onde a inspeção e a discussão da cena tenha que ser feita simultaneamente e por vários usuários (ALONSO, 1997). A alternativa que tem sido usada é substituir o display de cabeça por óculos tridimensionais (stereo glasses) que permitem a observação da cena virtual e do mundo real ao mesmo tempo. Os dois tipos mais usados são o CAVE, desenvolvido pela Universidade de Illinois (uma sala com 3 paredes e sem teto com imagens retroprojetadas nas paredes e projetada de cima para o piso) e o Immersive Workbench (um sistema baseado em retroprojeção em uma bancada).

4.3 - Integração entre projeto e construção

De tudo que já foi exposto, pode-se afirmar que um projeto é feito para uma determinada equipe, de um determinado estaleiro, usando uma determinada metodologia de construção e que, para ser bem sucedido e de execução rápida, deve ter participação ativa da produção, nas decisões do projeto, desde o início. Essa participação aumenta a integração entre os projetistas e os executores, diminuindo a quantidade de alterações que sempre acontecem durante uma construção.

4.3.1 – Novas ferramentas para integração

Existem ferramentas modernas de CAD que são capazes de manter e gerenciar dados de desenho, garantindo sua consistência e troca de informações entre usuários diferentes e possibilitando atividades simultâneas. O foco desses sistemas, no entanto, é a simultaneidade da execução dos desenhos, tendo pouca capacidade de integração e simultaneidade com outras fases. Uma comprovação disso é que, apesar de toda sofisticação de visualização em 3D, a produção, principalmente na montagem de produtos não seriados, continua a executar suas tarefas a partir de desenhos 2D, como a 100 anos atrás.

A finalidade de um sistema CIM é integrar os dados gráficos, produzidos pelo CAD, com os demais dados necessários à produção e ao gerenciamento. O estaleiro Hitachi Zosen realizou estudos de produtividade que sugerem que, em um estaleiro, apenas 30% dos esforços são oriundos do projeto, os restantes 70 % são gastos em produção de documentos, procura de informações, questionamentos, comunicações e miscelânea. (ROSS, 1997)

Em desenvolvimento de produtos complexos não existe um tipo único de CIM. O sistema é elaborado de acordo com os processos e o grau de automação da empresa, mas quanto maior o número de fases envolvidas, maior será a integração e a simultaneidade das tarefas.

Desde 1986, sete estaleiros japoneses estão envolvidos em trabalhos de grupo sobre CIM, para aumentar a capacidade de integração entre o projeto e a produção. O propósito desse trabalho não é desenvolver um CIM, mas criar uma base a partir da qual os estaleiros envolvidos possam desenvolver seus próprios sistemas.

Não é finalidade deste trabalho explicar detalhadamente um Sistema desses, apenas alertar para as vantagens que traz e a importância que tem na integração entre as fases de desenvolvimento. Porém, algumas características merecem ser comentadas.

A primeira delas é a estrutura de realimentação. Principalmente se for um sistema gerencial, não basta enviar a informação para quem vai executar. Para

permitir total integração e tomada de decisão pelo gerente, é necessário que exista um circuito de realimentação com a informação do que foi executado e com que dificuldades.

A segunda característica importante de ser mencionada é a necessidade de ter interfaces flexíveis com as células de trabalho.

Para produtos complexos e não seriados, a produção é caracterizada por longa cadeia de processos. Cada etapa do processo é executada em uma célula (ou oficina) que produzem parte do produto. Sistemas, como o de planejamento da produção ou de programação de robô, instruem as células sobre o que, quando e como produzir. Porém, normalmente, cada célula tem diferentes processos, filosofia de trabalho e grau de automação.

Portanto, um CIM precisa de interfaces com as oficinas, que forneçam e co-lemem informações, que sejam adaptáveis a diferentes cenários, e que sejam flexíveis para absorver as alterações provocadas pelo aparecimento de novos produtos ou de novos métodos de produção (LYNGGAARD, 1997).

É importante também lembrar que essas interfaces fornecem informações para máquinas flexíveis (que combina operação manual e automática) e que as tendências atuais de delegação (descentralização) exigem uma interface com capacidade de oferecer, ao pessoal da célula, as informações necessárias à tomada de decisão.

4.4 Integração externa

Empresas que desenvolvem sistemas complexos contratam equipamentos e serviços de terceiros. Isso gera problemas de interface que podem dificultar a simultaneidade das atividades. Não é possível, por exemplo, que o projetista da estrutura tenha que esperar os desenhos de um equipamento ficar pronto para desenhar sua base e fixação. Da mesma maneira, se parte do serviço de projeto é terceirizada, prática cada vez mais comum, tem que haver uma maneira de troca constante de informações.

Para que a integração entre fornecedores e contratante possa ser efetiva, e não comprometa o tempo de execução e a efetividade do desenvolvimento, é

necessário que pelo menos os seus sistemas de CAD consigam trocar informações. Há portanto a necessidade de que os sistemas de CAD sejam mais abertos e mais padronizados para que facilitem essa interface . A troca de dados deve incluir todos os atributos relevantes ao contratante. A referência (GRANT, 1997) apresenta um trabalho desenvolvido para permitir que empresas usando CADs diferentes pudessem trocar informações.

A importância dada a esse tipo de integração pode ser exemplificada no trabalho realizado pelo governo dos EUA que lançou, em 1994, um programa de 4 anos para desenvolvimento de um sistema para melhorar a competitividade comercial dos estaleiros americanos. O programa, intitulado MARTTECH, visava a integração de todas as fases da vida de um produto, desde o projeto até o descarte, e pretendia permitir estabelecer relações e parcerias entre os estaleiros e fornecedores (domésticos ou estrangeiros), e entre os próprios estaleiros. (SCHAFFRAN, 1997)

5 – MÉTODO DE PLANEJAMENTO DE PROJETO PROPOSTO

Como já foi colocado na Introdução, o que se pretende nesse trabalho é estabelecer um método de projeto que permita a quem for gerenciar a obtenção do produto, desde a concepção à entrega, interagir com todos os fatores que podem influir no desenvolvimento, chegando a um produto de qualidade (atenda as necessidades do cliente e da sociedade), com preço e prazo melhores que a concorrência, e que seja executado dentro das limitações de recursos existentes.

Considerando o que foi apresentado nos Capítulos Dois, Três e Quatro, o método foi dividido em nove etapas sendo que as duas primeiras estão focadas no cliente e nas regras impostas pela sociedade. A terceira etapa está focada no mercado concorrente, na qualidade de seus produtos e nos respectivos preços. As etapas 4,5,6 e 7 estão focadas nas características que o produto deve ter para que tenha qualidade do ponto de vista do cliente e da sociedade. A etapa 8 está focada nos recursos disponíveis (dinheiro, mão de obra, material e tecnologia) e na melhor maneira de utilizá-los. As etapas 9 e 10 estão focadas nas diversas atividades que deverão ser executadas e controladas e na sequência de execução dessas atividades para redução do prazo de obtenção. Dessa forma, ao percorrer as dez etapas, o projetista estará considerando todos os fatores que podem influenciar seu trabalho.

As etapas são:

ETAPA 1 – Levantamento das necessidades e expectativas do cliente e das normas e tendências internacionais

ETAPA 2 - Estabelecimento de prioridades entre essas necessidades

ETAPA 3 - Avaliação dos competidores em relação às necessidades do cliente

ETAPA 4 – Levantamento das características de desempenho que o produto

deve ter para atender as necessidades e expectativas do cliente e da sociedade.

ETAPA 5 – Determinação das características do produto.

ETAPA 6 – Relacionamento entre as características de desempenho e do pro-

duto.

ETAPA 7 – Estima inicial de algumas características.

ETAPA 8 – Determinação da sequência de montagem

ETAPA 10 – Determinação da sequência de trabalho

ETAPA 9 – Determinação das atividades de projeto

5.1 - ETAPA 1 – Levantamento das necessidades e expectativas do cliente e das normas e tendências internacionais.

Esta etapa visa levantar as exigências da sociedade e as necessidades do cliente ou, como os japoneses preferem chamar, as qualidades do produto que são desejadas pelo cliente. Na prática, qualidade, atributo ou requisito serão todos listados como necessidades e devem expressar o que o cliente quer.

Esse levantamento se reveste de maior importância que as demais etapas, porque o trabalho das demais etapas será todo desenvolvido baseado nessas necessidades e se elas não corresponderem ao que o cliente quer ou se alguma necessidade não for listada, os trabalhos subsequentes estarão comprometidos.

No caso específico de um navio, o cliente costuma especificar as características do produto e de desempenho em lugar de listar suas necessidades, limitando assim, a ação do projetista. Compete a quem for levantar essas necessidades tentar identificar, para cada requisito colocado pelo cliente, qual sua verdadeira necessidade. Essa etapa é, normalmente, executada em contacto com os clientes ou, como acontece com embarcações de serviço, avaliando o mercado. Pode ser também executada identificando os motivos que podem gerar a obtenção de um navio.

A necessidade de obtenção surge por grande número de razões que podem estar isoladas ou combinadas. Dentre elas estão incluídas: a percepção de uma nova ameaça, a mudança no conceito de operações, a necessidade de repor equipamentos obsoletos e o desejo de fazer uso de um novo desenvolvimento tecnológico.

5.2 – ETAPA 2 – Estabelecimento de prioridades entre essas necessidades

Dar prioridades as necessidades é a fase mais sensível uma vez que essas prioridades terão forte influência nas características do produto.

O procedimento normal em QFD é estabelecer pesos de 1 a 5. Esses pesos

podem ser atribuídos pelo pessoal de marketing, que tem mais contato com os clientes, ou diretamente dos clientes.

Qualquer que seja o método de pesquisa, a atribuição de notas diretamente a cada necessidade, não permite avaliação da linha de raciocínio que o avaliador empregou, podendo gerar um conjunto de pesos inconsistentes.

O que muitas vezes se emprega é montar um time de trabalho que discuta o assunto e chegue a um consenso. Seja qual for o método, o cliente é a parte fundamental nesse processo.

5.3 - ETAPA 3 – Avaliação dos competidores em relação às necessidades do cliente

Nessa etapa são identificados os produtos concorrentes que podem atender as necessidades do cliente, seguida de uma avaliação desses produtos em relação às necessidades levantadas e priorizadas nas etapas 1 e 2.

Essa avaliação permite identificar como cada produto concorrente atende as necessidades dos clientes e quais suas fraquezas e pontos fortes. Além disso, podemos passar a ter uma visão geral do atendimento das necessidades do cliente pelo mercado e identificar oportunidades.

O método tradicional de se elaborar essa fase é através de notas entre 1 e 5, estabelecidas pelo cliente.

5.4 - ETAPA 4 - Levantamento das características de desempenho que o produto deve ter para atender as necessidades e expectativas do cliente e da sociedade

Até aqui, estávamos voltados a identificar o problema, ou seja, a identificar as necessidades do cliente e a priorizá-las. A partir daqui passamos à fase de solução do problema, ou seja, determinar as características do produto, iniciando pelas características de desempenho.

As características de desempenho são as maneiras de se atender as necessidades do cliente. Assim, essas características têm que ser listadas a partir de um time

multidisciplinar, para permitir que idéias e perspectivas diferentes sejam levadas em consideração. Como essas características de desempenho estão relacionadas a uma ou mais necessidades do cliente, para mostrar essas relações é montada uma matriz do tipo da primeira matriz de um QFD.

5.5 – ETAPA 5 – Determinação das características do produto

As características de um navio são aquelas necessárias à sua construção ou as relacionadas com as capacidades do produto. As mais comuns são:

Comprimento

Boca

Calado

Linhas – que estabelecem as formas do casco

Capacidade do tanque de aguada – que acumula água doce para consumo do

navio

Capacidade do tanque de óleo – que armazena o óleo que será consumido du-

rante a viagem.

Motor – que define potência, rotação e dimensões do motor

Triplulação – o número total de homens necessários à operação do navio

Deslocamento – peso total do navio carregado, considerando os tanques e

paiois cheios.

Capacidade dos paiois

Capacidade da frigorífica

Sistema de propulsão – definição do sistema de transmissão de potência, nor-

malmente composto de redutora(s), eixos(s) e hélice(s).

Sistema rádio – definição dos equipamentos que compõe o sistema de comu-

nicações do navio

Sistema de detecção – definição dos equipamentos usados para detecção,

composto de radares e outros sensores que se fizerem necessários.

Sistema de armas (para os navios de guerra)

Sistema de geração de energia elétrica

Sistema de hotelaria – definição de todos os equipamentos e materiais necessários para acomodar a tripulação. Normalmente composto de lavanderia, cozinha, dormitórios, sanitários, etc

Compartimentação – definição da divisão do casco em compartimentos estanques.

Estrutura – definição da estrutura do navio

Estabilidade avariada

Auxiliares

Accessórios de convés

Arranjo fora da praça de máquinas

Arranjo da praça de máquinas

Centro de gravidade

5.6 – ETAPA 6 – Relacionamento entre as características de desempenho e do produto

As características de desempenho, que estão diretamente relacionadas com as necessidades do cliente, apresentam forte relação de interdependência e são também dependentes das características do produto. Assim, para calcular a velocidade do navio, quando carregado (característica de desempenho), preciso saber, entre outras informações, qual a capacidade de carga (característica de desempenho) e qual o comprimento do navio (característica do produto). Para mostrar essas interdependências, é elaborada uma matriz de relacionamento, da mesma forma que é feito em um QFD.

Essa matriz auxiliará o projetista, a identificar, cada vez que alterar uma característica, qual efeito provocará nas outras.

5.7 – ETAPA 7 - Estima inicial de algumas características

O inter-relacionamento entre as diversas características do produto faz com que o projeto seja iterativo e que tenhamos que estabelecer, numa fase inicial, alguns valores para podermos calcular outros.

Esse estabelecimento inicial de valores será mais próximo do valor final, se tivermos um ou mais navios semelhantes para basear nossas estimativas. Esses navios semelhantes devem ser escolhidos de forma tal que sejam capazes de atender, pelo menos parcialmente, as necessidades do cliente.

Tradicionalmente procura-se navios que tenham características, de desempenho e de produto, próximas das características desejadas pelo cliente, mas é importante fazer a análise a partir das necessidades identificadas e verificar se existem navios que atendam às necessidades e que tenham características diferentes daquelas propostas.

Quando encontramos um navio que preencha a quase todos os requisitos do cliente, podemos chamá-lo de navio base, porque a partir dele tiraremos todos os dados necessários para o nosso projeto. Porém é muito difícil, principalmente para um navio de guerra, encontramos um navio base.

Dada a dificuldade de se encontrar um navio base, podemos selecionar navios que sirvam de referência para determinadas características, que chamaremos de navios de referência.

Se quisermos, por exemplo, saber dimensões e peso das instalações de uma praça de máquinas, o navio de referência pode ser um navio que tenha máquinas com as mesmas características de potência e rotação do navio que estamos projetando, mesmo que as demais características do navio sejam diferentes.

Da mesma forma, quando procuramos saber qual o espaço necessário para a tripulação, considerando esse espaço como alojamentos, corredores, cozinha, refeitório, paióis e frigorífica, teremos que procurar navios que tenham a mesma autonomia e tripulação do nosso.

O que se pretende dizer é que podemos procurar informações em navios que sejam parcialmente semelhantes (referência) e encontrar dados que sejam mais precisos e realistas do que um navio que aparentemente é o que mais se parece com o que procuramos, mas que diferem em alguns pontos básicos.

A seguir serão descritas algumas maneiras de obtenção de algumas características.

VELOCIDADE – a velocidade pode ser estipulada nos requisitos do armador,

nesse caso, em uma primeira volta na espiral, não haveria cálculos. Nas passagens seguintes, já de posse das linhas do navio, da potência do motor, do deslocamento, do centro de gravidade e da eficiência de propulsão, será possível calcular a velocidade e verificar se está dentro do que foi solicitado pelo cliente.

Caso nenhum desses dados tenha sido fornecido ou estimado, podemos procurar em navios que tenham as mesmas características de operação, de comprimento, boca, calado e deslocamento, qual a velocidade normalmente empregada.

Podemos, também, optar por selecionar a velocidade de cruzeiro a partir da autonomia e do raio de ação. Caso tenhamos esses dados, poderemos procurar navios de referência, com deslocamentos próximos ao nosso, que tenham a mesma faixa de autonomia ou raio de ação e verificar que velocidades normalmente usam. Pode até ser tentada o levantamento de uma curva que relacione esses parâmetros tal como “velocidade x deslocamento/autonomia”.

AUTONOMIA e RAIOS DE AÇÃO – Essas características são muito dependentes uma da outra e também podem ser estipuladas pelo armador. Para calcular a autonomia, é necessário conhecer as capacidades dos tanques, painéis e frigorífica, a tripulação, o consumo dos sistemas de hotelaria, das auxiliares e da geração de energia elétrica, a velocidades e o raio de ação.

Em navios onde a capacidade de carga é muito maior que as capacidades de tanques e frigoríficas, a autonomia pode ser calculada em função da maior travessia que o navio pode fazer.

Para os navios militares, onde autonomia representa o tempo de permanência na área de operação, a tendência é tentar estipular a maior autonomia possível. Nesses casos, como quase todos os itens necessários para o cálculo da autonomia e do raio de ação têm impacto muito forte no deslocamento ou nas dimensões do navio, caso não seja estipulada pelo armador, a autonomia pode ser estimada em primeira passagem a partir de navios com dimensões (ou deslocamentos) e tripulação semelhantes e com a mesma velocidade de cruzeiro.

Uma terceira forma possível de se estimar a autonomia é através do levantamento, a partir de navios existentes, de uma curva de “autonomia x deslocamento” e outra de “deslocamento x preço”, o que nos permitiria estabelecer a curva de

“autonomia x preço” e consultar o cliente para saber até quanto está disposto a pagar.

EFICIÊNCIA DE PROPULSÃO – Para o cálculo dessa eficiência, precisamos ter as linhas e a definição do sistema de propulsão. Para uma primeira estimativa podem ser obtidos valores a partir de navios do mesmo tipo, na mesma faixa de deslocamento e potência.

ALCANCE DO SISTEMA RÁDIO – Por se tratar de equipamentos pequenos, podem ser estimados com folga, a partir de navios com mesma autonomia ou raio de ação.

ALCANCE DO SISTEMA DE DETECÇÃO – Está amarrado à altura do mastro e aos equipamentos existentes no mercado. Também pode ser estimado a partir de navios do mesmo tipo e com mesmo deslocamento.

GM, ÁREA SOBRE A CURVA DE ESTABILIDADE e ACELERAÇÕES VERTICAIS – Dependem das linhas do navio, do deslocamento e da posição do centro de gravidade. De um modo geral não é necessário essas estimas na primeira volta da espiral. Caso seja necessário, seria conveniente conhecermos um navio com características muito próximas das que estamos trabalhando, e com a mesma distribuição interna. Como isso é muito pouco provável de ser encontrado, a forma mais fácil parece ser levantar uma curva, para navios do mesmo tipo, do “deslocamento/comprimento/boca x GM (ou área sobre a curva de estabilidade ou aceleração)”, onde no primeiro parâmetro colocamos o deslocamento dividido pelo índice de esbeltez. Outra forma é usar fórmulas empíricas que associam coeficientes de forma e características dimensionais do navio.

COMPRIMENTO – O comprimento é influenciado por várias características do navio, quase todos variando em função do deslocamento. Assim sendo, pode ser estimado o comprimento a partir do levantamento de uma curva “deslocamento x comprimento”, para navios do mesmo tipo.

A melhor forma de se chegar ao comprimento mínimo de um navio de guerra, no entanto, é analisando o arranjo do convés externo, com a distribuição de todos os equipamentos necessários para sua operação.

BOCA - a boca deve ser estimada a partir do índice de esbeltez normalmente usado para navios do mesmo tipo, na mesma faixa de velocidade.

CALADO – O calado pode ser limitado a partir de limitações de portos, o que

não é comum para navios militares. Pode ser estimado a partir da boca, do comprimento e de coeficientes típicos para navios desse tipo.

LINHAS – As linhas não são estimadas, sendo obtidas através de séries, a partir das dimensões principais e do deslocamento.

CAPACIDADE DOS TANQUES DE AGUADA - Podem ser estimados a partir da autonomia e da tripulação, podendo mesmo ser levantada uma curva de “capacidade de aguada/tripulação x autonomia”

CAPACIDADE DOS TANQUES DE ÓLEO – É fortemente influenciada pela velocidade de cruzeiro, pela autonomia e, indiretamente, pelo deslocamento. Pode, portanto, ser estimado a partir de uma curva deslocamento x velocidade x capacidade de óleo/autonomia.

POTÊNCIA DO MOTOR – É fortemente influenciada pelas linhas, pelo des-

locamento e pelas velocidades. Pode então ser estimada a partir do levantamento de uma curva de “potência/deslocamento x velocidade” para navios similares.

TRIPULAÇÃO – É função do grau de automação do navio e dos equipamentos existentes a bordo. Pode ser estimado a partir de navios com mesmo tipo de missão e equipamentos, mas deve ser, preferencialmente, acertado com o armador.

DESLOCAMENTO – É fortemente influenciado pela autonomia, pela velocidade, pelo número de tripulantes e pelos sistemas de bordo. Pode ser estimado a partir de navios do mesmo tipo, levantando a curva “deslocamento x autonomia x tripulação x velocidade”.

CAPACIDADES DOS PAÍIS E DA FRIGIRÍFICA – É fortemente influenciada pela autonomia e pelo número de tripulantes. Pode ser estimado a partir de uma curva, para navios do mesmo tipo, de “vol países(ou frigorífica)/tripulante x autonomia”.

SISTEMA DE GERAÇÃO DE ELÉTRICIDADE – É fortemente influenciado pela tripulação e pelos sistemas de bordo (cujas dimensões, e consequentemente o consumo, são proporcionais ao deslocamento). Pode ser estimado, a partir de navios com mesmo tipo de sistemas, a partir de uma curva de “potência x deslocamento x tripulação”.

SISTEMA DE HOTELARIA – É definido a partir do padrão de conforto que se queira dar à tripulação e dos costumes dos tripulantes. Os equipamentos devem ser definidos em conformidade com o armador.

COMPARTIMENTAÇÃO – É função dos estudos de estabilidade avariada e pode ser inicialmente estimado a partir de navios do mesmo porte.

ESTRUTURA – Pode ser estimado a partir de navios de mesmo comprimento e forma, que operem em mesmo tipo de mar.

AUXILIARES, ACESSÓRIOS e ARRANJOS – podem ser estimados a partir de navios com mesmo comprimento (ou deslocamento) e mesma tripulação.

5.8 - ETAPA 8 – Determinação da sequência de montagem

Uma vez estabelecida as características que o produto deve ter e feita as estimas iniciais, deve ser estabelecido o tipo de montagem que será executado pois, como já vimos, para que se possa trabalhar de forma simultânea, a sequência que será usada para a montagem das partes do navio é que determinará o s tipos de desenhos que tenho que produzir, e qual a sequência de trabalho.

A determinação da sequência de montagem será estabelecida com base na mão-de-obra disponível, nas instalações do estaleiro, na disponibilidade de recursos monetários e nos períodos entre o início da aquisição dos equipamentos e o respectivo recebimento e, em função dela, serão estabelecidas as atividades do trabalho de projeto.

5.9 – ETAPA 9 – Determinação das atividades de projeto

Uma vez estabelecida a sequência de montagem, é possível listar as atividades de projeto e de verificação (tanto de desempenho quanto de planejamento e controle). É importante notar, que já estamos considerando que, no projeto, os desenhos têm que ser elaborado para atenderem o tipo de construção escolhido e na sequência que a construção exigir.

Assim, para que haja simultaneidade, o planejamento inicial deve prever a sequência de informações e materiais que devem chegar à produção mas, durante a produção, devem ser adotadas as medidas corretivas necessárias, em função dos

acontecimentos.

Portanto, as atividades de projeto podem sofrer alterações, durante a execução, em função da variação da mão de obra disponível, de atraso na compra ou recebimento de equipamentos ou de alterações no fluxo de recursos.

As atividades de projeto podem ser agrupadas de forma que as características do produto que estejam diretamente relacionadas a uma única atividade sejam consideradas em uma única atividade. Assim, por exemplo, a estimativa do comprimento, da boca e do calado podem ser incluídas em uma atividade única chamada de "linhas", porque na prática são realizadas como uma única atividade. Por outro lado, algumas atividades, como "definição da estrutura", podem ser divididas em duas ou mais atividades, em função do tipo de construção que será adotado, sempre que, na prática, sejam realizadas em momentos diferentes. Assim, alguns tipos clássicos de atividades de projeto são:

- **propulsão** - atividade que visa definir e especificar o tipo e as características do sistema de propulsão e a potência do motor.

- **velocidade, autonomia, raio de ação e eficiência da propulsão** - são atividades, geralmente de verificação, que servem para verificar se o desempenho do projeto está adequado às necessidades.

- **estrutura** - atividade que visa definir os principais escantilhões da estrutura incluindo a superestrutura

- **detalhe est.** - atividade do detalhamento estrutural, geralmente separada da anterior porque etapas podem ser executadas. Esse detalhamento pode, também, ser dividido em detalhamento por módulos, no caso de construção modular.

- **auxiliares** - atividade que define os equipamentos de todos os sistemas auxiliares de bordo, até o ponto de se estabelecer diagramas unitários.

- **eletricidade** - atividade que define os equipamentos de todos os sistemas elétricos de bordo, até o ponto de se estabelecer diagramas unitários. Inclui o sistema de geração elétrica e os sistemas de rádio e detecção.

5.10 –ETAPA 10 - Determinação da sequência de trabalho

Como já foi colocado, o que se pretende nesse trabalho é estabelecer um método de projeto que permita ao executor interagir com todos os fatores que podem influir no desenvolvimento de um produto, chegando a um produto de qualidade (atenda as necessidades do cliente e da sociedade), com preço e prazo melhores que a concorrência, e que seja executado dentro das limitações de recursos existentes.

O método e as ferramentas apresentadas até aqui permitem o levantamento das necessidades do cliente e da sociedade e avalia os produtos e os preços dos concorrentes de maneira a chegar a um produto competitivo em qualidade e preço. Esta última etapa apresentará uma ferramenta para, a partir das atividades de projeto previstas, estabelecer uma sequência de trabalho que permita ao planejador avaliar, a cada passo, os recursos disponíveis, integrar os grupos envolvidos no projeto e construção e reduzir o prazo de execução.

Existem três fatores que influenciam na sequência de trabalho, ou seja, na sequência de execução das atividades de projeto:

a) grau de interdependência de atividades – no início do trabalho, os valores são estimados e serão necessárias algumas voltas na espiral para que eles possam convergir. Na primeira volta da espiral, como existem atividades que dependem de outras para serem iniciadas, deve ser levantada, em primeiro lugar, a relação de dependência entre as diversas atividades. Para tanto deve ser montada uma MATRIZ DE IMPACTOS CRUZADOS.

A matriz de impactos cruzados, proposta é uma matriz completa do relacionamento entre as atividades de forma a permitir ordená-las, executando primeiro as que tiverem menor dependência de outras (para reduzir os erros provocados pela estimativa inicial). Em caso de igualdade a escolha passa a ser em função da dependência de outras atividades em relação a estas (linha “impacta”), executando-se primeiro o que tiver maior impacto nos processos ainda não executados.

b) confiabilidade - nos casos onde, sabidamente, a estimativa inicial dificilmente será alterada, ou nos casos onde o armador define uma característica sem aceitar

variações, podemos considerar que nenhuma outra característica estará dependendo dela, o que altera a matriz de impactos cruzados, alterando a sequência de execução das atividades.

Além disso, durante a execução do projeto, pode ser necessário considerar que determinada característica não será mais alterada. Isso pode acontecer devido à convergência de valores ou por ser necessário comprar o equipamento ou iniciar aquela fase de construção, para não atrasar o prazo de entrega.

6 – APLICAÇÃO DO MÉTODO DE PLANEJAMENTO PROPOSTO

Para exemplificar a aplicação do método proposto, esse capítulo seguirá as 10 etapas propostas para preparar o planejamento do projeto e construção de um Navio Patrulha.

A escolha de um Navio Patrulha, para exemplificar o método, é devida a pelo menos três fatores: as dimensões reduzidas, o limitado número de sistemas a bordo e o mercado atual.

O mercado de construção naval tem sofrido sérios reveses nas duas últimas décadas. Como se não bastasse a redução das encomendas, o aparecimento da indústria naval da Coreia com mão de obra barata, incentivada pelo governo local e protegida pela diferença cambial, fez desaparecer vários estaleiros.

No Brasil os únicos estaleiros que restaram foram os de pequeno porte, provavelmente pela capacidade de se adaptarem a novas situações e mercados.

Dentro do mercado de construção naval de pequeno porte, que normalmente constrói embarcações de serviço, existe uma demanda crescente por navios patrulha costeiro. Essa demanda apareceu quando a ONU, a cerca de sete anos atrás, aprovou o direito aos países com costa marítima, de exploração econômica do mar até duzentas milhas da costa, região chamada de Zona Econômica Exclusiva (ZEE).

Dentre os diversos países no mundo com necessidade de dispor de uma guarda costeira capaz de defender seus interesses econômicos na ZEE estão os países africanos. A proximidade geográfica (o Oceano Atlântico é a fronteira entre Brasil e África), as semelhanças entre os climas e as condições de mar, a forte presença da cultura africana na cultura brasileira e o fato de alguns desses países falarem português, são fatores que nos dão algumas vantagens comerciais.

Os países sul americanos também são potenciais compradores, mas como todos possuem pequenas indústrias ou instalações que permitam a construção local, a abordagem melhor deve ser a de transferência de tecnologia para que eles possam fazer no próprio país navios projetados no Brasil e com equipamentos brasileiros.

6.1 - ETAPA 1 – Levantamento das necessidades e expectativas do cliente e das normas e tendências internacionais.

A melhor forma de se saber o que o cliente quer é perguntando a ele, porém, nesse estudo, os clientes são organizações espalhadas pelo mundo, com culturas diferentes, as pessoas que decidem sobre a compra mudam com muita frequência e, na maioria das vezes, o único desejo que eles são capazes de expressar é o de adquirir um equipamento que os habilite a evitar que os recursos naturais em suas ZEE sejam explorados sem consentimento da autoridade local e o pagamento dos impostos correspondentes.

Devido às dificuldades acima expostas e como o foco principal desse trabalho é acadêmico, a escolha das necessidades foi elaborada por um grupo de engenheiros navais, com conhecimento das necessidades que os clientes passarão a identificar ao longo da apresentação do produto, e serão limitadas a um máximo de oito necessidades.

Podem então ser identificado que a primeira necessidade do cliente pode ser traduzida como sendo a de ter um navio patrulha que seja eficaz. A eficácia nesse caso significa a capacidade de bem cumprir sua missão, o que é mais do que ter todos os sistemas de bordo funcionando. Ela está relacionada ao modo como esses sistemas se integram e ao balanceamento entre eles. Assim, vamos relacionar esses **sistemas balanceados e integrados**, como sendo uma das características desejáveis para o navio.

A missão de um navio patrulha é sempre a de patrulhar determinada área marítima para se certificar que todas as atividades ali desenvolvidas estejam sob consentimento do governo local. Para bem cumprir essa missão, é necessário que ele tenha capacidade de permanecer na área de patrulha o maior tempo possível, com total independência de combustível e de alimentos para a tripulação. A essa característica vamos dar o nome de **capacidade de permanência**.

Na maioria dos casos, após as primeiras identificações, é necessário abordar e inspecionar. Em alguns casos, principalmente em casos de contrabando, pirataria e tráfico de tóxico, pode haver tentativa de fuga ou ação armada contra os inspetores e

o navio tem que ter capacidade de perseguir a outra embarcação, de se defender e até

mesmo de atacar.

À capacidade de perseguir e alcançar outras embarcações, vamos chamar de **capacidade de interceptar** e à capacidade de disparar tiros de advertência ou de destruição contra qualquer ameaça à integridade do navio, vamos chamar de

capacidade de atirar.

Outro fator importante do ponto de vista do cliente é que esse navio, por ficar

muito tempo fora da base, tem que ser capaz de se comunicar com seu comando em terra para receber instruções. Além disso, deve ser capaz de se comunicar, também, com outros navios para que possa interrogar sobre as atividades que estiverem executando. A essa característica chamaremos de **capacidade de comunicação.**

Já do ponto de vista de recursos, como já mencionado anteriormente, esse

navio deverá ser operado por pessoal sem muita qualificação técnica e experiência em atividades a bordo de um navio. Mesmo que sejam preparados para isso, a falta de base pode tornar o treinamento muito longo, encarecendo o produto final. Além disso, boa parte da manutenção dos equipamentos e sistemas será realizada por esse mesmo pessoal. Portanto, é recomendável que os equipamentos e sistemas sejam simples e robustos. A essa característica chamaremos de **facilidade de operação e**

manutenção.

Considerando agora, não apenas a vontades dos potenciais cliente, mas as

normas e tendências internacionais e as práticas da concorrência, o navio deverá ser projetado de forma a garantir a segurança do pessoal e do material de bordo, além de segurança ao meio ambiente, característica que chamaremos de **segurança interna**, e também ser confortável ao nível de acomodações e acelerações a que estiverem submetidos os homens da tripulação. Característica que chamaremos de **conforto interno.**

6.2 – ETAPA 2 – Estabelecimento de prioridades de prioridades entre essas necessidades

O estabelecimento de prioridades é, normalmente, realizada a partir de infor-

mações do cliente. No caso específico deste trabalho, existem três dificuldades em se ouvir a voz do cliente. Primeiro devido às dimensões do mercado para o qual o produto está sendo desenvolvido (países da África e da América do Sul), segundo, devido às dificuldades em se obter as opiniões dos possíveis clientes e, finalmente, devido às frequentes mudanças dos responsáveis por tomar a decisão de compra nesses países.

Foi então solicitada opinião de um grupo de 10 pessoas, composto de três professores de engenharia naval (cuja preocupação deve estar voltada a comparar as necessidades por um enfoque acadêmico), quatro engenheiros navais com prática de construção e reparo (cuja preocupação deve estar voltada a comparar as necessidades pelo foco da execução) e quatro oficiais de marinha, não engenheiros, (cuja preocupação deve estar voltada a comparar as necessidades pelo foco operativo). Após debate, cada componente do grupo atribuiu pesos entre 0 e 5 para cada necessidade. As médias desses pesos normalizadas (escala de 0 a 10) são:

Capacidade de interceptar	2,83
Capacidade de permanência	1,41
Operação e manutenção	0,79
Segurança	1,84
Conforto	0,27
Integração e balanceamento	1,02
Capacidade de atrair	0,9
Capacidade de comunicação	0,93

Tabela 1 - Pesos relativos entre as necessidades do cliente

Podemos observar que a necessidade de maior peso é a capacidade de interceptar, seguida da segurança e da capacidade de permanência no local. Em seguida vem um grupo de necessidades com pesos muito próximos e finalmente, o item de menor peso é o conforto.

6.3 - ETAPA 3 - Avaliação dos competidores em relação às necessidades do cliente

Foram selecionados quatro produtos, que são os mais ofertados no mercado atual de navios dessa classe, e avaliados, o índice de atendimento de cada um em relação às necessidades dos clientes.

O método tradicional de se elaborar essa fase é através de notas entre 1 e 5, estabelecidas pelo cliente. Na impossibilidade de se obter a opinião dos possíveis clientes, a avaliação foi feita por 3 militares que são também engenheiros navais, e que já viveram essa situação de compra de navio e comparação entre características.

Os quatro navios escolhidos como concorrentes e são:

A) P-31 - construído pela BAZAN (Espanha)

Desplacament, tons: 85
 Dimensões, feet (metros): 106.6 x 15.7 x 4.6 (32.2 x 4.8 x 1.4)
 Guns: 2—20 mm Mk 10
 Main engines: 2 diesel; 2 800 hp = 28 knots
 Range, miles: 1 200 at 15 knots
 Complement: 12

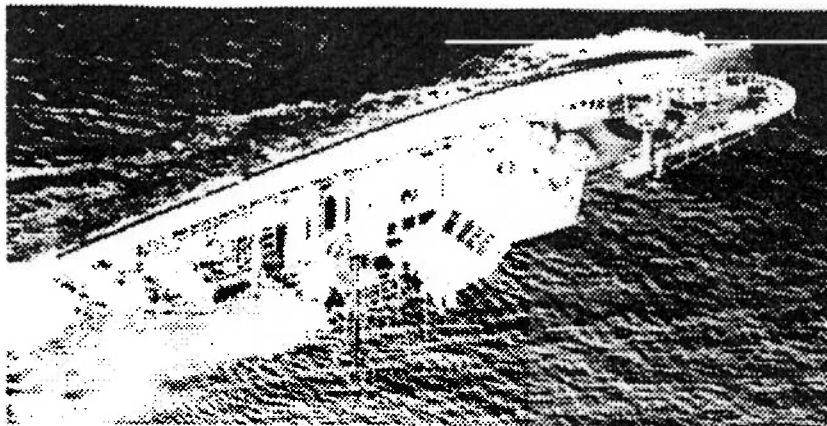


Figura 3 - Navio Patrulha P31 (Construído pela BAZAN)

B) Brook Marine Type - construido pela Brook Marine (Inglaterra)

Displacement, tons: 115 standard, 143 full load
 Dimensions, feet (metres): 107 x 20 x 11 5/32 (32.5 x 6.1 x 3.5)
 Guns: 4 Erbelec 30 mm (twins); 2 rocket flare launchers
 Main engines: 2 Paxman 12-cyl Ventura diesel; 2 shafts; 3 000 bhp = 20.5 knots
 Complement: 21

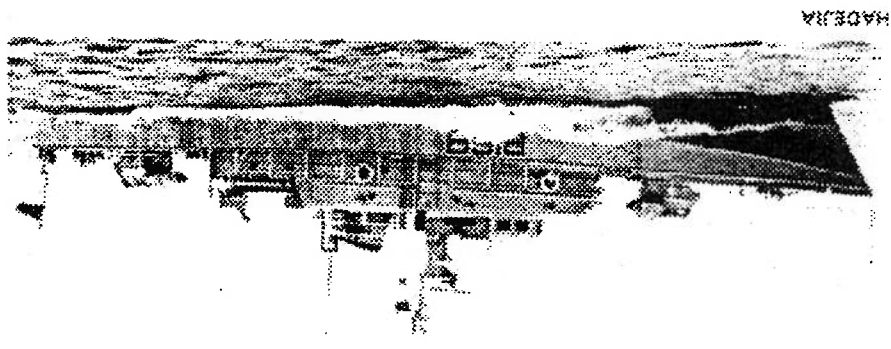


Figura 4 – Navio Patrulha Brook Marine Type

C – Vosper Type - construido pela Vosper (Inglaterra)

Displacement, tons: 150 standard, 130 full load
 Dimensions, feet (metres): 109.7 x 31 x 5.7 (33.5 x 9.4 x 1.7)
 Guns: 2—40 mm
 A/S weapons: 100 racks
 Main engines: 2 Napier Deltic 18-cyl turbocharged diesel; 5 200 bhp = 30 knots
 Range, miles: 1 100 at 15 knots
 Complement: 25 (4 officers and 21 ratings)

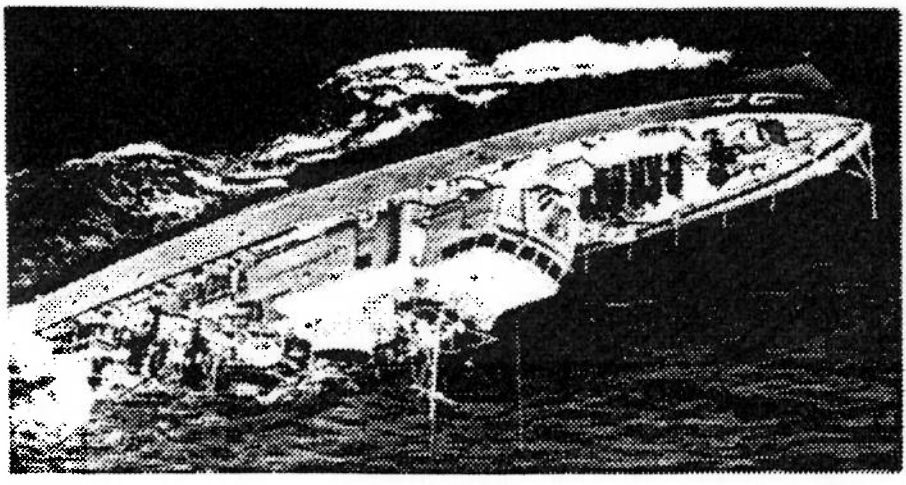


Figura 5 – Navio Patrulha Vosper Type

310 VITON

Do quadro acima, podemos observar que:

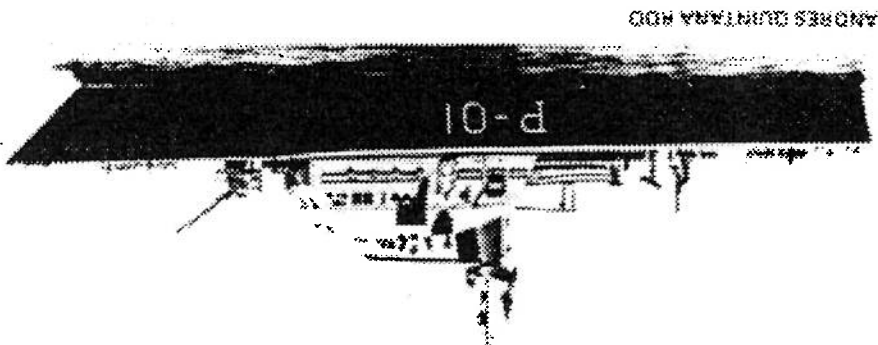
- a capacidade de comunicação é plenamente atingida por todos os navios, apesar de ser uma das necessidades de menor peso;

Tabela 2 - Avaliação dos competidores em relação às necessidades do cliente

	A	B	C	D	PESO
sist. integr e bal	3	3	3	4	1,02
interceptar	3	1	5	3	2,83
permanência	4	3	3	3	1,41
fácil oper e manut	3	4	2	3	0,79
segurança	3	3	3	4	1,84
conforto	3	2	2	3	0,27
cap de atrair	3	4	4	5	0,90
cap comunicação	5	5	5	5	0,93

A tabela abaixo mostra a avaliação dos navios em relação às necessidades identificadas e a coluna da direita lista o peso relativo de cada necessidade.

Figura 6 - Navio Patrulha Azteca (Construido pela Alisa)



Displacement, tons: 130
 Dimensions, feet (meters): 111.8 x 28.1 x 6.8 (34.1 x 8.6 x 2.2)
 Guns: 1—40 mm; 1—20 mm
 Main engine: 2—12-cyl Paxman Ventura diesel; 3 600 bhp = 24 knots
 Range, miles: 2 500 at 12 knots
 Complement: 24

D - Azteca - construido pelo Alisa Shipbuilding Co Ltd (USA)

- a capacidade de atirar é plenamente atingida pelo navio D, apesar de ser uma das necessidades de menor peso;
 - a capacidade de interceptar, necessidade de maior peso, é plenamente atingida pelo navio C; e
- todas as demais necessidades do cliente não estão plenamente atingidas e são possibilidades de vantagem competitiva.

6.4 - ETAPA 4 – Levantamento das características de desempenho que o produto deve ter para atender as necessidades e expectativas do cliente e da sociedade

Neste trabalho, devido a dificuldades já listadas e ao seu caráter acadêmico, as características de desempenho serão limitadas a oito.

As oito principais características encontradas, para esse tipo de navio, que afetam as necessidades listadas são:

1 - velocidade de patrulha (empregada para os planos de patrulha), A velocidade de patrulha é, normalmente, função da capacidade dos sensores e do plano de patrulha, mas, normalmente, empregando os planos de patrulha convencionais e com os sensores existentes no mercado, as velocidades giram em torno de 15 nós.

2 - velocidade máxima (empregada para interceptação). Essa velocidade irá depender do tipo de atividade que se pretende cobrir. Nas atividades de pesca ou de exploração do fundo do mar, normalmente se empregam embarcações lentas. Já nas atividades de contrabando as embarcações podem ser bem mais rápidas. Nos navios patrulha atuais esta velocidade varia entre 24 e 30 nós

3 - autonomia (que indica o tempo que o navio poderá ficar no mar sem reabastecimento de gêneros alimentícios), normalmente em torno de 15 dias para navios desse porte

4 - raio de ação (que indica a maior distância que o navio pode percorrer sem reabastecimento de óleo) depende da velocidade de cruzeiro, mas, normalmente, em torno de 10.000 milhas para navios desse porte.

5 - alcance do sistema rádio (que permite a comunicação com a base e entre

navios), normalmente em torno de 600 milhas.

6 - alcance (e a precisão) de tiro (para defesa, destruição e advertência),

normalmente emprega-se canhões com alcance em torno de 5 milhas

7 - raio metacêntrico (GM), responsável pela estabilidade e período de jogo

do navio, deve, por norma, ser superior a 15 cm

8 - acelerações verticais (função das formas do navio e que tem grande im-

pacto no conforto dos tripulantes) devem ser inferiores a 3 g.

6.5 - ETAPA 5 – Determinação das características do produto.

As características típicas de um navio patrulha são:

Comprimento

Boca

Calado

Linhas – que estabelecem as formas do casco

Capacidade do tanque de aguada – que acumula água doce para consumo do

navio

Capacidade do tanque de óleo – que armazena o óleo que será consumido du-

rante a viagem.

Motor – que define potência, rotação e dimensões do motor

Tripulação – o número total de homens necessários à operação do navio

Deslocamento – peso total do navio carregado, considerando os tanques e

paiois cheios.

Capacidade dos paiois

Capacidade da frigorífica

Sistema de propulsão – definição do sistema de transmissão de potência, nor-

malmente composto de redutora(s), eixos(s) e hélice(s).

Sistema rádio – definição dos equipamentos que compõe o sistema de comu-

nicações do navio

Sistema de detecção – definição dos equipamentos usados para detecção,

composto de radares e outros sensores que se fizerem necessários.

Sistema de armas

Coefficiente de bloco
 Sistema de geração de energia elétrica
 Sistema de hotelaria – definição de todos os equipamentos e materiais necessários para acomodar a tripulação. Normalmente composto de lavanderia, cozinha, dormitórios, sanitários, etc
 Compartimentação – definição da divisão do casco em compartimentos estanques.
 Estrutura – definição da estrutura do navio
 Auxiliares
 Acessórios de convés
 Arranjo fora da praça de máquinas
 Arranjo da praça de máquinas
 Centro de gravidade

6.6 - ETAPA 6 – Relacionamento entre as características de desempenho e do produto

Para avaliar o relacionamento entre as características de desempenho e as do produto, será montada a matriz de relacionamento mostrada na tabela 3.

Para o preenchimento dessa matriz foram usados os números 9, 3 e 1 para designar se uma característica depende muito, pouco ou muito pouco da outra. Foi também empregada a letra “c” para designar que embora aquelas características estejam relacionadas, elas estão sendo levadas em consideração em outra característica. Assim, as velocidades de patrulha e máxima são influenciadas pelo comprimento, a boca e o calado, mas essas medidas já estão consideradas nas linhas do navio.

A matriz mostra quais características do produto são necessárias para calcular as características de desempenho e como estas são impactadas por aquelas.

Pode ser verificado, por exemplo, que a autonomia é fortemente influenciada pela capacidade dos tanques de aguada e de óleo, pela capacidade dos painéis e da frigorífica e pelo número de tripulantes. A mesma autonomia é medianamente

influenciada pelo motor, pelos sistemas de propulsão, de geração de energia elétrica, de hotelaria e das auxiliares.

	Comprimento	C	C	C															
	Boca	C	C	C															
	Calado	C	C	C															
	Linhas	9	9	9															
	Cap. Tanque aguada	1	1	1	9	3													
	Cap. Tanque de óleo	3	3	3	9	9													
	Motor	9	9	9	3	9													
	Tripulação	3	3	3	9	3													
	Deslocamento	3	3	3		3													
	Capacidade dos portos	1	1	1	9	3													
	Capacidade da frigorífica	1	1	1	9	3													
	Sistema da propulsão	3	3	3	3	3													
	Sistema rádio						9												
	Sistema de detecção																		
	Sistema de armas	1	1	1															
	Coefficiente de bloco	9	9	9															
	Sistema ger energia elétrica	3	3	3	3	3													
	Sistema de hotelaria	3	3	3	3	3													
	Estrutura	3	3	3															
	Auxiliares	3	3	3	3	3													
	Accessórios de convés	3	3	3															
	Centro de gravidade	1	1	1															

Tabela 3 Relacionamento entre as características de desempenho e do produto

6.7 – ETAPA 7 - Estima inicial de algumas características

Nessa fase, como já foi exposto, é necessário procurar navios que sejam tão semelhantes que possam servir de base, e navios que possam servir de referência.

Para efeitos de um exemplo acadêmico, será considerado que não foi possível encontrar um navio semelhante que atendesse plenamente as características de desempenho para servir de navio base e que, ao longo do desenvolvimento do projeto, após a definição inicial do sistema de propulsão e dos sistemas auxiliares e da tripulação, foi encontrado um navio com essas mesmas características e com a autonomia que desejamos, o que permite uma estima melhor dos volumes de painéis e tanques.

6.8 - ETAPA 8 – Determinação da sequência de montagem

Nessa etapa, também para efeitos de aplicação acadêmica, será considerado que o estaleiro construtor tem condições de construir o navio de forma modular e que o navio pode ser dividido em quatro módulos (popa, praça de máquinas, proa e superestrutura).

O primeiro módulo a ser montado será o da praça de máquinas, seguido do da popa, depois o da proa e, finalmente, o da superestrutura.

De acordo com o cronograma de entrega de materiais e em função da posição das emendas dos módulos, será considerado que alguns equipamentos serão montados após a emenda dos módulos, mas, do total, cerca de 90% dos equipamentos serão montados definitivamente nos módulos, antes da emenda com outros módulos.

6.9 – ETAPA 9 – Determinação das atividades de execução

Como, o que se pretende é estabelecer um método de determinação da sequência de trabalho que permita ao executor interagir com todos os fatores que podem influir no desenvolvimento de um produto, é importante que, durante o andamento do projeto, existam atividades de verificação que permitam ao executor

verificar, não apenas o atendimento às necessidades do cliente, mas, também, o atendimento ao planejamento de todo o empreendimento, incluindo aplicação de mão de obra, fluxo financeiro, fluxo de material e sequência de montagem

Uma verificação serve apenas para certificar que tudo esteja acontecendo de acordo com o planejado, mas, sempre que algum objetivo não for atingido ou houver alguma alteração nos valores adotados no planejamento inicial, será necessário rever a sequência de trabalho

Por exemplo, se houver alteração nos prazos previstos para a compra e entrega de algum equipamento, isso poderá alterar a data limite para definição desse equipamento e forçar uma antecipação do dimensionamento do mesmo. Se houver alteração na quantidade de mão de obra de uma determinada especialidade ou alteração no fluxo de recursos monetários isso poderá alterar a sequência de montagem com consequente alteração na sequência de etapas do projeto. Ainda com relação a mão de obra, se houver alteração na quantidade de projetistas de determinada especialidade, a sequência das etapas de projeto poderá ser alterada para otimizar a aplicação dos projetistas.

Em função do navio que estamos considerando e da sequência de montagem escolhida, as atividades de projeto serão as estimas e os dimensionamentos listados abaixo:

Linhas do navio

Propulsão

Arranjo

Estrutura

Auxiliares da propulsão

Sistemas auxiliares

Sistema de armas

Accessórios

Arranjo da Praça de Máquinas

Tripulação

Algumas dessas atividades poderão, após o primeiro ciclo, ser subdivididas em função dos módulos.

Além das atividades de projeto, existem também as atividades de verificação com relação ao desempenho (incluindo aquelas que levantam os dados necessários para essa verificação) e as atividades de verificação de coordenação com os outros planejamentos que podem alterar o andamento do empreendimento, que são:

Pesos e centros
Velocidade
Autonomia e raio de ação
Estabilidade
Aplicação de mão de obra
Cronograma de atividade
Programa de desembolso
Plano de aquisição de materiais e equipamentos

6.10 – ETAPA 10 - Determinação da sequência de trabalho

De acordo com o descrito em 5.10, montaremos inicialmente a Matriz de Impactos Cruzados. Essa matriz, apresentada na tabela 4 mostra, na coluna “IMPACTADA”, para cada atividade, de quantas outras atividades ela depende.

Na mesma matriz, acrescentaremos outra coluna, indicando a contabilidade nas características de cada etapa.

A escolha da sequência de execução das diversas atividades será baseada nessas duas colunas. Procurando sempre executar primeiramente as atividades que tiverem menor interferência nas outras etapas e que tenham maior confiabilidade.

Para um navio patrulha, a definição do sistema de armas é a mais independente das etapas e deve ser a primeira a ser executada pois interfere com outras. Provavelmente será também a primeira a convergir.

Da matriz da tabela 4 podemos estabelecer a sequência para o primeiro ciclo da espiral de projeto:

Sistema de armas – Guarnição – Linhas – Acessórios – Propulsão – Estrutura – Eletricidade – Velocidade – Arranjo – Arranjo da Praça de Máquinas – Auxiliares –

Estabilidade – Autonomia e raio de ação – Aplicação de mão de obra – Programa de desembolso – Cronograma de atividades – Plano de aquisição de materiais e equipamentos – Pesos e centros.

propulsão	19	20	30	11	7	24	6	1	4	9	10	3	18	2	17	12	16	15	14	8	13	
propulsão			9																			
estrutura			9																			
auxiliares	9		3	1	3	3				9												
eletricidade					9																	
sist. armas						3																
acessórios		1			3																	
arranjo				3	1	1																
arranjo P M		1	1	3				3														
linhas	1	9										1										
pesos e centros	9	9																		3		
tripulação			9							3												
plan aquis mat																	9					
estabilidade																						
cronogr de ativid																						
progr de desemb																						
aplic mão de obra																						
velocidade	9																					
auton e r ação			1																			
É IMPACTADA	19	20	30		24	6	16	27	28	13	54	9			48	33	45	39	37	24	34	
CONFIABILIDADE																						
ORDEM	5	6	11	7	1	4	9	10	3	18	2	17	12	16	15	14	8	13				

Tabela 4 -Matriz de impactos cruzados

Podemos supor que em um projeto desse tipo, o cliente tenha fixado o sistema de armas e o motor que colocará no navio. Nesse caso, as atividades “propulsão” e “sist armas” não serão executadas. Assim, as outras atividades que eram impactadas por essas atividades não serão mais, o que nos permite zerar as colunas correspon-

eletricidade, acessórios, arranjo e pesos e centros, entre os quatro módulos, permitindo a proutificação desses tipos de desenho, para os módulos, em épocas diferentes.

Este estudo é apenas um passo na análise de interdependência entre etapas de um projeto, na tentativa de melhorar a qualidade do produto, reduzindo custos e tempo de obtenção de um navio.

Fica demonstrado que o planejamento da sequência de etapas para elaboração de um projeto é dinâmico e não fica restrito apenas às etapas de projeto, tendo que interagir com o planejamento dos diversos recursos envolvidos.

O método proposto amarra o atendimento às necessidades do cliente com a preocupação com a concorrência, o custo e o prazo de entrega. Utiliza ferramentas modernas de planejamento e propõe a utilização de uma matriz de impacto para estudar o interrelacionamento entre as etapas e otimizar a sequência de execução.

Na elaboração deste trabalho, foi considerado apenas o momento mais cedo para início de cada etapa, no entanto, pode ser complementado com um estudo que incorpore o momento de término, já que existem etapas interdependentes que podem ser realizadas em paralelo.

Apesar das limitações, podemos concluir que o método proposto é útil para determinação da sequência das etapas em uma espiral de projeto e que atividades típicas do estaleiro ou de acompanhamento de restrições são necessárias, ainda na fase embrionária do projeto.

7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, F.; BRUNET, P.; GARCIA, L. - *Virtual Reality and Ship Design*, ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- AMABILINO, M.; COSTABEL, A. - *A Multi User Object Oriented System for Hull Structure Design Based on a Engineering Model*; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- ANDERSON, Tony - *The UK Virtual Ship - The Way Forward*; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- ARASE, Susumu - *Mitsui Advanced Computer Integrated Shipbuilding System*; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- BASU, N. - *2D and 3D Perspectives in managing Information Technology*; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- BASU, N. - *Build-Strategy to Robot Control with a Product Model*; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- BERTRAM, Volker - *CAD Software Evaluation*; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- CARTER, Donald E.; BAKER Barbara Stilwell - *Concurrent Engineering The Product Development Environment for the 1990s* - California, USA; Addison Wesley Publishing Company; 1991
- CHOO, Y.S.; JU, F.; LEE, K. H. - *A Knowledge-Based Design System for Heavy Lift and its Application to Shipbuilding*; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- GANG, Xu - *Advanced Technology of Engineering Database in Shipbuilding CAD/CAM System*; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- GÓMEZ, Pedro - *Telematics: A Challenge to Concurrent Engineering*; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997

- GRANT, J.; CULLEN, R.; IMBER, R. - Creation of a Shared Design Environment, Using 3D Product Modelling and VISUALISATION Technologies; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- GUINTA, Lawrence R.; PRAIZLER, Nancy C. The QFD book; AMACOM books, 1993.
- HARTLEY, John R. - *Concurrent Engineering* - Portland, Oregon, USA; Productivity Press; 1992.
- HENRY, Gary - The Use of Simulation in the Design and Procurement of Naval Systems; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- HOLLENBERG, Frank - Experiences with Welding Robot Application in Shipbuilding; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- JACUITH Peter E. et al. A parametric approach to machinery unitization in shipbuilding. Journal of ship production, v.14, n.1, p.59, 1998
- KOCH, Thomas - Linking Design and Production by Production Monitoring; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- KUO, Cheng - *Interfacing Humans/Technology in Competitive Shipbuilding*; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- KUUTTI, Ilmo - *Impacts of Product Modelling on Ship Design and Production Planning*; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- LEE, Kyung-Ho; LEE, Dongkon - *Generation of Design Candidates and Design Assistance by Using Case-Based Reasoning at Preliminary Design Stage* ; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- LYNGGARD, Hans J.; - *A Generic Cell Control Technology for Automated Shipbuilding*; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- NAGASE, Y.; AMEMIVA, T.; ITO, K.; SASAKI, Y. - GPME Modeling Methodology and Applications ; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The

- Society of Naval Architects of Japan; 1997
- NISHI, Youichirou; MATSUO, Minoru – Development of the System for Initial Design of Ship Based on the Product Model; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- PRASAD, Biren - *Concurrent Engineering Fundamentals* – New Jersey, USA; Prentice Hall PTR; 1998
- ROSS, Jonathan M.; HORVATH, John A. – *Shipbuilding CAD/CAM/CIM: How World Class Companies are Applying the State of the Art*; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- SCHAFFRAN, Robert W.; DALLAS, Andrew – *MARITIME Advanced Information Technology Projects for the US Shipbuilding Industry*; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- SETO, Fugio; UESUGI Noritaka – Application of CIM System for Shipbuilding; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- STAAL, Andries; TEPPER, Geert - The effect of CAD\CAM\CIM in Shipbuilding ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- TANIGAWA, Fumitaki – Sumire System in Sumitomo Opama Shipyard; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- WERKHOVEN, Peter J. – *The Virtual Ship: A Powerful Tool for Human Factors Engineers*; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- YOON, Duck-Young; KIM, Won-Joong; YANG Yoi – *Development of Case-Based Expert System for Detail Structure Design of Web Frames*; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997
- YOSHIMURA, Takashi; ITO, Ken – *Overview of the CIM for Shipbuilding at Mitsubishi Heavy Industries*; ICCAS 97- Yokohama, Japan; The Society of Naval Architects of Japan; 1997