

A Design Structure Matrix (DSM) aplicada ao projeto de navios

Emerson Pieroni (Centro de Projetos de Navios – Marinha do Brasil) epieroni@uol.com.br
Ricardo Manfredi Naveiro (COPPE-UFRJ) ricardo@pep.ufrj.br

Resumo

Neste artigo apresentamos a Design Structure Matrix (DSM) aplicada ao projeto de navios. A DSM é uma ferramenta para visualização, análise e aprimoramento do processo de realização e gerenciamento de projetos de sistemas complexos. A DSM provê uma representação visual simples e compacta destes sistemas e permite a análise dos problemas relacionados à decomposição e à integração do produto, do processo e da organização. Devido a tais características, seu uso é crescente no desenvolvimento do produto, no planejamento e no gerenciamento tanto do projeto como das organizações. Por isso, mostramos os conceitos da DSM e apresentamos a sua aplicação no processo de realização de um projeto genérico e simplificado de um navio apresentando os benefícios decorrentes da sua utilização.

Palavras chave: DSM, Projeto de Navios, Gestão do Projeto.

1. Introdução

A DSM (*Design Structure Matrix*) tem gerado dezenas de pesquisas relacionadas com o desenvolvimento do produto. Os principais periódicos internacionais na área de gestão de projetos contêm pesquisas de diversos países que utilizam esta ferramenta. Além disso, sua aplicação é patrocinada por grandes empresas como a Boeing, Fiat, Volvo, GM, Hewlett Packard, Pratt & Whitney, Intel entre outras. No entanto, no Brasil, são raras as pesquisas que envolvam a sua utilização.

Uma das poucas aplicações da DSM no Brasil está relacionada com a engenharia civil. Peralta (2002) elaborou um estudo que apresenta um modelo para o desenvolvimento de projeto de edificações utilizando a DSM como ferramenta de gerenciamento de projeto. Concluiu que esta ferramenta possibilitou a melhoria do plano de projetos de edificações de uma maneira sistêmica comparada ao que é adotado atualmente.

No exterior, a DSM está sendo empregada em diversas áreas além da engenharia civil. Há pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de semicondutores e nas indústrias tais como a aeronáutica, automobilística, telecomunicação, eletrônica entre outras. O seu uso é tão crescente que fez com que Krishnam e Ulrich (2001) concluíssem que o desenvolvimento de esquemas de representação deve ser uma alta prioridade na comunidade científica de desenvolvimento do produto.

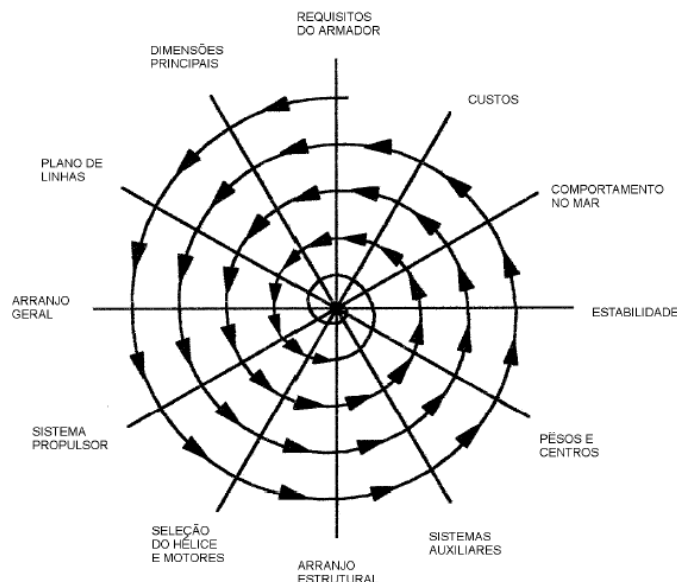
Neste artigo introduzimos as principais metodologias de projeto de navios e o porquê da necessidade do uso da DSM. A seguir, apresentamos os principais conceitos relacionados a essa ferramenta e, por fim, a sua aplicação em um projeto genérico e simplificado de um navio na fase de estudos de exequibilidade, apresentando os benefícios de sua utilização.

2. O Projeto de Navios

Navios, aeronaves e automóveis são definidos como sistemas complexos tanto em termos organizacionais para o seu desenvolvimento quanto em termos do próprio produto. Para ilustrar, o processo de desenvolvimento do Boeing 777 envolveu 6800 funcionários associados a mais 10.000 técnicos e engenheiros de diversos fornecedores, exercendo funções de concepção e validação (NAVEIRO, 2001).

Para projetar um sistema deste porte, o gerente da equipe deve adotar algumas metodologias. O método tradicional de abordagem para a resolução do problema de projetos de navios é a

espiral de projeto proposta por Evans (1959). A figura 1 exemplifica a espiral de projeto e nota-se que a característica principal desta abordagem está no seu processo seqüencial e iterativo, ou seja, repetitivo. Tal modelo enfatiza o inter-relacionamento de seus diversos itens e que cada um deles deve ser considerado em seqüência, aumentando-se o nível de detalhamento à medida que se caminha ao centro da espiral.



Fonte: (USP, 2002)

Figura 1 - Um exemplo de espiral de projeto de navio.

Conforme aponta Laverghetta (1998), para cada item da espiral, sub-espirais podem ser necessárias para analisar características específicas do projeto. Por exemplo, é necessário balancear a capacidade do sistema auxiliar com a geração de potência elétrica para suportar os requisitos de carga. Como consequência, há iterações para projeto e análise dentro de alguns itens conforme ilustra a figura 2.



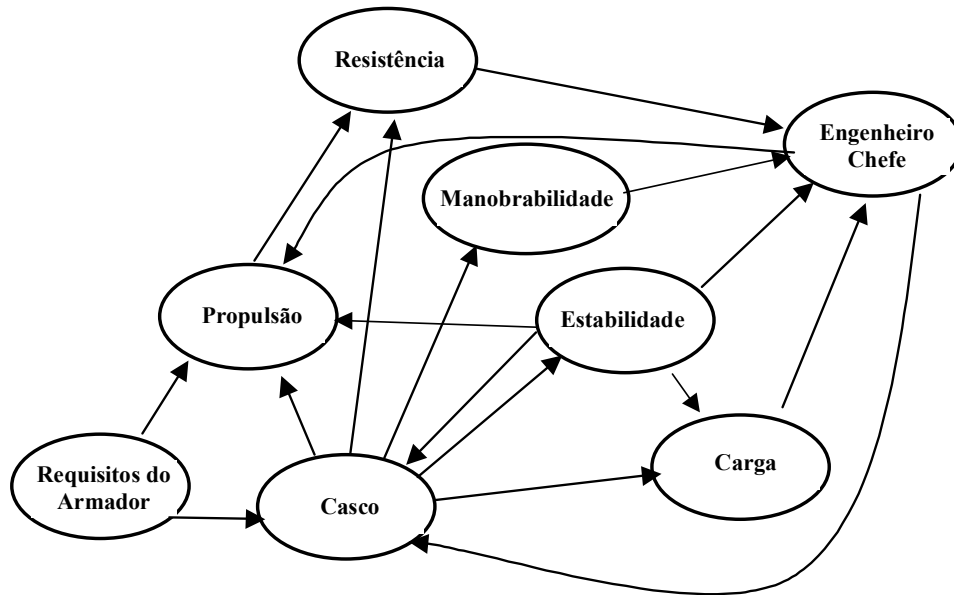
Fonte: (Adaptado de Laverghetta, 1998)

Figura 2 - Espiral de projeto ao longo das fases de projeto

A espiral de projeto ilustra bem a característica iterativa do projeto e dá uma noção da interatividade entre os diversos itens de projeto. No entanto, a característica interativa do processo é mais bem visualizada com diagramas de interações ilustrado pela figura 3. Nesta figura, uma parte do projeto é colocada em termos de interações entre os seus elementos.

Tanto a iteratividade quanto a interatividade ilustradas respectivamente pela espiral de projeto e pelo diagrama de interação dão apenas uma visualização macroscópica do processo de desenvolvimento do projeto. O projeto do navio tradicionalmente abordado por estas metodologias está em uma forma bem simplificada com relação à sua complexidade. Há outras metodologias, tanto genéricas quanto específicas para o projeto de navios, conforme apresentam Lamb (2004) e Mistree *et al* (1990), com características semelhantes das apresentadas anteriormente.

Além das metodologias específicas da Engenharia Naval, há ferramentas que auxiliam o gerenciamento e planejamento do processo de projeto. Laverghetta (1998) aponta o CPM (*Critical Path Method*), PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), PDM (*Product Data Manager*) e gráficos de Gantt como técnicas tradicionais de gerenciamento do projeto. No entanto, estas ferramentas apresentam limitações na modelagem de sistemas complexos.



Fonte: (Adaptado de Parsons, 1999)

Figura 3 - Exemplo de Diagrama de Interação

Com o aumento da complexidade dos produtos, tanto em termos do próprio produto quanto em termos organizacionais, novas ferramentas são necessárias. Ulrich e Eppinger (2004) apresentam a DSM como uma nova ferramenta para a modelagem, o gerenciamento e planejamento do projeto.

3. A necessidade da DSM

Blair *et al* (2001) apontam que há um axioma geralmente estabelecido que 80% a 90% dos problemas de projeto não são devidos à falta de conhecimento nas disciplinas envolvidas, mas sim, devidos à quebra de comunicação. Como resultado, há riscos associados ao processo que devem ser avaliados e entendidos. Quanto maiores os requisitos de performance do sistema, maiores as sensibilidades e as interações. Portanto, o projeto de um sistema deve ser reconhecido como um ato de balancear requisitos conflitantes e interações e, para garantir que a abordagem de um projeto funcione, uma atenção apropriada deve ser dada para a distribuição e refinamento dos requisitos, ao entendimento das sensibilidades e interações e à garantia da integração técnica por meio de uma adequada comunicação.

Para refinar e distribuir os requisitos e para garantir a integração técnica por meio de uma adequada comunicação, o conhecimento das interações torna-se primordial. O PMBOK (2000) enfatiza que a gerência de projeto é um esforço iterativo – uma ação, ou a falta de ação em uma área geralmente afeta outras áreas e que as interações podem ser diretas e claras, ou podem ser incertas e sutis. Naveiro (2001) ressalta a importância da elaboração de uma interface clara entre os subsistemas de forma que se possa identificar, ao longo do processo, os condicionantes que se estabelecem entre eles. No entanto, Sosa *et al* (2004) mostram que estas interfaces e interações nem sempre estão bem definidas.

Além das interações existentes, há a imprecisão inerente à atividade de projeto o que torna o processo iterativo. Conforme descrito em Naveiro (2001), ao longo do processo de

estruturação de um problema de projeto, o projetista toma decisões baseadas no conhecimento incompleto que ele possui do problema até aquele momento. Por isto, há uma retroalimentação de dados e uma repetição do processo. Esta iteratividade está presente entre as diversas fases do projeto e até mesmo na própria fase, caracterizada por sub-espirais entre os sistemas, conforme apontada por Laverghetta (1998) no item anterior e ilustrada na figura 2. O entendimento das iterações no projeto é fundamental para acelerar e aprimorar as práticas de desenvolvimento do produto (SMITH e EPPINGER, 1997). Blair *et al* (2001) assinalam que quando o processo funciona apropriadamente e as interações ocorrem entre os subsistemas, funções de projetos e disciplinas, as iterações devem ocorrer para convergir o sistema como um todo para atingir os requisitos. Contudo, conforme expõe Guivarch (2003), a natureza iterativa do projeto não é bem compreendida até mesmo por gerentes de projeto.

Para entender as interações e iterações do processo é preciso saber como ele funciona, ou seja, ele precisa ser mapeado. Guivarch (2003) mostra que as técnicas normalmente utilizadas são o CPM, PERT, IDEF3(*Integration Definition For Function Modeling*) e gráficos de Gantt. Segundo o autor, nenhuma destas ferramentas de mapeamento do processo ajusta-se à representação de sistemas complexos, principalmente com relação às iterações. O motivo é que essas ferramentas descrevem o processo como uma série de tarefas sequenciais e paralelas. Nesse sentido, Eppinger *et al* (1994) e Denker *et al* (1999) afirmam que os processos de desenvolvimento do produto não são facilmente modelados com técnicas como o PERT e o CPM. Além dessas técnicas de modelagem, a utilização de diagramas ou fluxogramas - conforme os exemplos apresentados nas figuras 1 e 2 - tornam-se complicados para análises à medida que se aumenta a complexidade do produto. No entanto, ferramentas para este tipo de modelagem são raras e a DSM teve grande impulso devido a isso.

A DSM, devido sua forma matricial, provê uma visualização simplificada e aprofundada das interações entre as diversas tarefas e iterações existentes no projeto. Também, a forma matricial permite que haja manipulações por meio de algoritmos permitindo o reordenamento da sequência de tarefas com o intuito de reduzir o número de iterações e agrupar tarefas que possuem forte interdependência. Essas características fazem com que a DSM seja uma ferramenta poderosa para apoiar os processos de gerenciamento definidos pelo PMBOK (2000) nas quais o estudo das interações e iterações do projeto torna-se necessário. Browning (2001) e Eppinger *et al* (2004) apresentam uma série de pesquisas relacionadas com o desenvolvimento de produtos com excelentes resultados. Por tais motivos, Lamb (2004) recomenda a sua utilização para a organização das tarefas a serem realizadas no projeto de navios.

4. Conceitos da DSM

Segundo Guivarch (2003), o método de representação matricial chamado DSM foi originalmente concebido por Steward (1981). Até 1990 era pouco disseminado, tendo tido maior difusão durante os anos 90 devido a aprimoramentos e novas aplicações desenvolvidas no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). A DSM foca a atenção no gerenciamento dos requisitos relativos a transferência de informações essenciais de um projeto encontrando informações vitais para iniciar outras tarefas, desenvolvendo o planejamento de projetos, removendo repetições não necessárias e simplificando a revisão do projeto (DENKER *et al*, 1999).

A DSM é uma matriz quadrada na qual as tarefas do projeto são listadas na mesma ordem tanto nas linhas como nas colunas, isto é, as colunas representam a transposição destas linhas. O processo inicial consiste em marcar as diversas células desta matriz para identificar quando a tarefa de uma linha recebe informações da tarefa de uma coluna. Observando a figura 4, a DSM original (matriz da esquerda) apresenta uma série de tarefas ordenadas tanto na linha como nas colunas na sequência de realização das mesmas. Pode-se notar que a linha A tem o número 1 marcado nas colunas C e E. Isto significa que a realização da tarefa A necessita de

informações das tarefas C e E. Por outro lado, olhando a coluna A verifica-se o número 1 marcado nas linhas B e C. Isto significa que a tarefa A cede informações para as tarefas B e C. A marcação acima da diagonal principal tem um significado especial pois uma tarefa está dependendo de informações de outra tarefa que ainda não foi realizada, ou seja, é um processo iterativo. A DSM original da figura 4 mostra que a tarefa A precisa de informações das tarefas C e E, que ainda não foram realizadas.

Após o processamento da DSM por algoritmos (figura 4, matriz da direita), nota-se que houve um reordenamento na sequência de execução das tarefas. Com isto foram retiradas todas as iterações não necessárias ao processo. Isto pode ser verificado pela diminuição de marcações com o número 1 acima da diagonal principal. Por outro lado, tarefas nas quais são imprescindíveis as iterações foram agrupadas, conforme está ilustrado na matriz da direita da figura 4 como tarefas acopladas (tarefas A e C e tarefas F, H e I). Este tipo de agrupamento tem importância para a organização da equipe, agrupando pessoas que devem ter uma intensa troca de informações. Nota-se também a presença de tarefas que podem ser realizadas paralelamente, como as tarefas G e L. A tarefa L não depende de informações de G e vice-versa e podem ser realizadas paralelamente. Por fim, a tarefa D depende de informações de B para ser realizada sendo classificada como tarefa sequencial. Conforme apontam Yassine e Braha (2003), toda tarefa sequencial permite um certo grau de paralelismo de realização, no entanto, tal superposição deve ser avaliada criteriosamente.

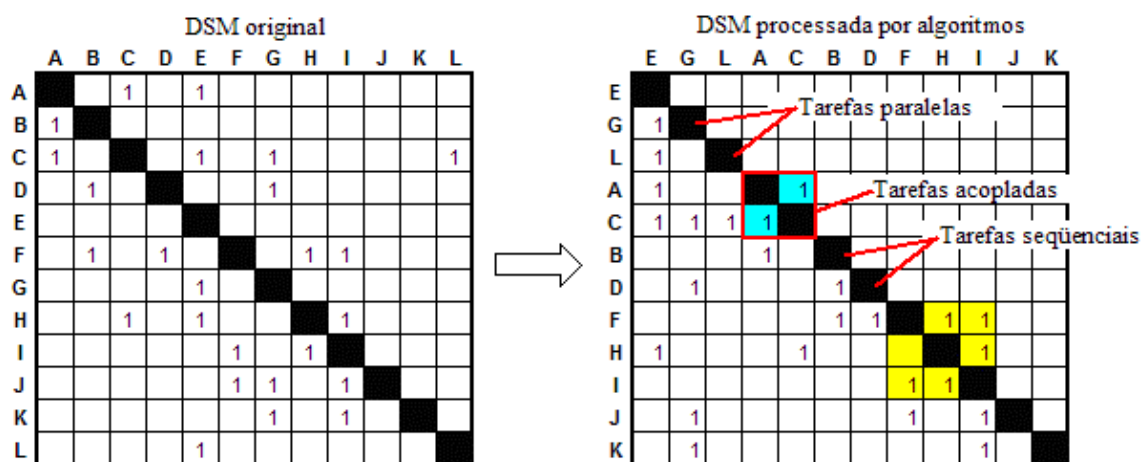


Figura 4 – Exemplo de otimização do processo utilizando a DSM

Há outras aplicações da DSM para estudo de interações entre partes físicas do produto, estrutura organizacional e parâmetros de projeto, conforme apresentam Eppinger *et al* (2004). No entanto, este artigo focaliza o estudo de tarefas e atividades.

5. Aplicação teórica da DSM no Desenvolvimento Integrado do Navio

Para aplicar a DSM no projeto de navios, listamos as tarefas básicas deste processo que estão ilustradas nas figuras 1 e 3 e outras que são realizadas em um projeto de navio além de acrescentarmos tarefas que estão relacionadas com a Engenharia Simultânea. Dentre estas tarefas, destaca-se o estabelecimento de condicionantes de fornecedores, construtores, operadores e a análise do ciclo de vida do navio. As interações entre as diversas tarefas foram estabelecidas de acordo com a fase do projeto proposta neste artigo, ou seja, a fase de estudo de exequibilidade. Nesta fase, devido ao conhecimento incompleto do sistema, os estudos são feitos sem a necessidade de considerar interações em níveis mais aprofundados. Por exemplo, apesar de haver uma interface entre os cabos elétricos e a estrutura do navio, nesta fase de projeto não é necessária a consideração da interação dos Sistemas Elétricos e o Cálculo Estrutural para o dimensionamento da estrutura. Listamos as tarefas em uma sequência de realização normalmente utilizada pelos escritórios de projeto inserindo-nas na DSM elaborada

por Cho (2001), conforme ilustra a figura 5. Após isto, processamos a DSM e os resultados obtidos podem ser vistos na figura 6.

		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Estratégia Construtiva		1	1	1	1	1																								
Requisitos de Construção	2		1	1	1																									
Requisitos de Fornecedores de Sistemas e Materiais	3			1	1	1																								
Requisitos de Manutenção	4			1	1	1	1																							
Requisitos de Operação	5				1	1	1	1																						
Requisitos de Alto Nível de Sistemas	6					1	1	1	1																					
Definição da Geometria do casco	7						1	1	1	1	1	1	1	1																
Estimativa de pesos	8							1	1	1	1	1	1	1	1															
Cálculo da Resistência hidrodinâmica	9								1	1	1	1	1	1	1	1														
Cálculo de estabilidade	10									1	1	1	1	1	1	1	1													
Definição da Tripulação e habitabilidade	11										1	1	1	1	1	1	1	1												
Cálculo das Curvas Hidrostáticas e de Bonjean	12											1	1	1	1	1	1	1	1											
Cálculo de Comportamento no mar	13												1	1	1	1	1	1	1	1										
Cálculo de Manobrabilidade, apêndices e propulsores	14													1	1	1	1	1	1	1	1									
Cálculo estrutural	15														1	1	1	1	1	1	1	1								
Arranjo Geral	16															1	1	1	1	1	1	1	1							
Sistema de máquinas e propulsão	17																1	1	1	1	1	1	1	1						
Sistema elétrico	18																	1	1	1	1	1	1	1	1					
Sistemas auxiliares	19																		1	1	1	1	1	1	1	1				
Consumíveis	20																				1	1	1	1	1	1	1			
Cálculo de pesos e centros de gravidade	21																					1	1	1	1	1	1			
Logística Ciclo de Vida do Navio	22																						1	1	1	1	1			
Levantamento de custos	23																							1	1	1	1	1		
Análise dos Requisitos de Construção	24																								1	1	1	1	1	1
Análise dos Requisitos de Fornecedores	25																									1	1	1	1	1
Análise dos Requisitos de Manutenção	26																										1	1	1	1
Análise dos Requisitos de Operação	27																											1	1	1
Análise dos Requisitos de Sistemas	28																												1	1
Análise de Apoio Logístico de Ciclo de Vida do Navio	29																													1
Análise de Custos	30																													1

Figura 5 - DSM do processo de realização do projeto do navio original

Task Name	Level	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Estratégia Construtiva	1	1	1	1	1	1	1																								
Requisitos de Construção	1	2	1	1	1	1	1																								
Requisitos de Fornecedores de Sistemas e Materiais	1	3	1	1	1	1	1																								
Requisitos de Manutenção	1	4	1	1	1	1	1																								
Requisitos de Operação	1	5	1	1	1	1	1																								
Requisitos de Alto Nível de Sistemas	1	6	1	1	1	1	1																								
Definição da Geometria do Casco	2	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estimativa de Pesos	2	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cálculo da Resistência Hidrodinâmica	2	9																													
Cálculo das Curvas Hidrostáticas e de Bonjean	2	10																													
Cálculo de Manobrabilidade	2	11																													
Cálculo de Estabilidade	2	12																													
Cálculo de Comportamento no Mar	2	13																													
Arranjo Geral	3	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sistema de Máquinas e Propulsão	3	15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sistemas Auxiliares	3	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Definição da Tripulação e Habitabilidade	3	17																													
Sistema Elétrico	3	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Consumíveis	3	19																													
Cálculo Estrutural	3	20																													
Controle de Pesos	4	21																													
Levantamento de Custos	4	22																													
Logística Ciclo de Vida do Navio	4	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Análise dos Requisitos de Construção	5	24	1																												
Análise dos Requisitos de Fornecedores	5	25		1																											
Análise dos Requisitos de Manutenção	5	26			1																										
Análise dos Requisitos de Operação	5	27				1																									
Análise dos Requisitos de Sistemas	5	28					1	1																							
Análise de Apoio Logístico de Ciclo de Vida do Navio	5	29																													
Análise de Custos	5	30																													

Figura 6 - DSM otimizada por algoritmos do processo de realização do projeto do navio

Como primeiro resultado, é notório que a representação matricial proporciona uma visão mais abrangente, aprofundada e simplificada do processo de projeto. Pode-se verificar que grande parte da representação do processo de acordo com a figura 2 está contida no bloco realçado em amarelo “Definição do Casco” da figura 6 e que a grande parte da representação da espiral

de projeto da figura 1 está contida no bloco realçado em verde “Definição do Arranjo e Sistemas”. As setas brancas dentro destes blocos representam a iteratividade do processo.

Como segundo resultado, verifica-se que houve um reordenamento de tarefas para reduzir o número de iterações ao mínimo exigido pelo projeto. Tal fato pode ser verificado com o posicionamento do Cálculo de Estabilidade, Comportamento no Mar e Cálculo Estrutural antes e depois do processamento. Isto permitiu que houvesse um agrupamento de tarefas e redução de iterações desnecessárias, além de prover o gerente de projeto de dados importantes para a organização da equipe. Também provê o gerente de projeto de uma visualização de tarefas que podem ser realizadas paralelamente e aquelas que devem ser realizadas sequencialmente, auxiliando na tomada de decisão do planejamento.

Por fim, como um terceiro resultado, notamos que as setas azuis nas colunas 21 e 30 da figura 6 representam possíveis iterações, assinaladas nas células (8,21) e (7,30) com uma placa de exclamação amarela. Esta placa é inserida pelo próprio gerente de projeto após a análise da matriz com o intuito de lembrar que pode ocorrer uma iteração. Isto significa que, ao chegar na tarefa da linha 21 “Controle de Pesos” devemos verificar se a estimativa de pesos feita na linha 8 está dentro de uma margem de erro para esta fase após a conclusão do primeiro ciclo e caso não esteja, novo ciclo deve ser feito. O mesmo se aplica à iteração da coluna 30, que representa o fim de fase, com a análise do produto obtido e dos condicionantes estabelecidos. Neste ponto o gerente de projetos decidirá pela continuação da próxima fase do projeto ou retornará para a mesma fase com a finalidade de ajustes do projeto para o atendimento a determinados requisitos.

6. Considerações finais

Este estudo mostrou que a DSM é uma ferramenta que provê uma representação abrangente e clara do processo de projeto de navios. As iterações e interações de projeto estão representadas ao mesmo tempo em um só modelo em um nível detalhado de tarefas. Tal fato resulta em uma melhor compreensão da natureza do projeto, facilitando tanto o ensino quanto o gerenciamento. A sua abrangência permite ao gerente visualizar grupos iterativos que necessitam uma comunicação eficiente e distinguir as tarefas que devam ser realizadas de uma forma sequencial daquelas que permitem um certo grau de paralelismo, de acordo com o grau de interação com as demais tarefas do projeto. Além disso, devido a sua forma matricial, permite manipulações por meio de algoritmos com o intuito de reduzir o número de iterações indesejáveis ao projeto reordenando a sequência de realização de tarefas.

Os resultados apresentados neste estudo indicam uma grande utilidade da DSM para o aprimoramento da metodologia de gerenciamento de projeto de navios. Apesar de este artigo mostrar o estudo de exequibilidade simplificado de um navio hipotético, a utilização da DSM permitiu chegar a conclusões que podem ser aplicadas no processo de projeto de qualquer navio. A sua aplicação em casos específicos auxiliará o gerente de projetos na tomada de decisões. Por isso, sugerimos estudos aprofundados desta ferramenta aplicada à Engenharia Naval.

Referências

- BLAIR, J. C., RYAN, R. S., SCHUTZENHOFER, L. A., HUMPHRIES, W. R. (2001) - *Launch Vehicle Design Process: Characterization, Technical Integration, and Lessons Learned*. National Aeronautics and Space Administration Technical Publication. NASA/TP—2001–210992. Washington D.C.
- BROWNING, T. R. (2001) - Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions. *IEEE Transactions on Engineering Management*. Vol. 48, n.3, p.292-306.
- CHO, S. H. (2001). *An Integrated Method for Managing Complex Engineering Projects Using the Design Structure Matrix and Advanced Simulation*. Dissertação (Mestrado). Massachusetts Institute of Technology.
- DENKER, S., STEWARD, D., BROWNING, T. (1999) - Planning Concurrency and Managing Iteration in

Projects. *Center for Quality of Management Journal*. Vol. 8, n.2, p.55-62.

EPPINGER, S. D., WHITNEY, D. E., SMITH, R. P. AND GEBALA, D. A. (1994) - A Model-Based Method for Organizing Tasks in Product Development. *Research in Engineering Design*. Vol. 6, n.1, p.1-13.

EPPINGER, S.D., WHITNEY, D.E., YASSINE, A.A. (2004) - *The Design Structure Matrix – DSM home page*. <<http://www.dsmweb.org>>. Acesso: agosto, 2004.

EVANS, J. H. (1959) - Basic Design Concepts. *Naval Engineers Journal*. Nov., p. 671-678.

GUIVARCH, A. D. (2003) - *Concurrent Process Mapping, Organizations, Project and Knowledge Management in Large-Scale Product Development Projects using the Design Structure Matrix Method*. 177 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Políticas e Mestrado em Engenharia Mecânica). Massachusetts Institute of Technology.

KRISHNAN V., ULRICH K. T. (2001) - Product Development Decisions: A Review of the Literature. *Management Science*. Vol. 47, n.1, p.1-21.

LAMB, T. (1997) - CE or Not CE – That is The Question. *Proceedings of Ship Production Symposium*, New Orleans, Louisiana.

LAMB, T. (2004) - Ship Design Methods. *Apresentação Australian Branches of RINA and IMAREST in Sydney*.

LAVERGHETTA, T. A. (1998) - *Dynamics of Naval Ship Design: A Systems Approach*. 187 p. Dissertação (Grau de Naval Engineer e M.Sc. in Ocean Systems Management). Massachusetts Institute of Technology.

MISTREE, F., SMITH, W., BRAS, B., ALLEN, J. MUSTER, D. (1990). Decision-Based Design: A Contemporary Paradigm for Ship Design. *The Society of Naval Architects and Marine Engineers (apresentado no encontro anual)*. San Francisco.

NAVEIRO R. (Conceitos e Metodologias de Projeto) in NAVEIRO, R., OLIVEIRA, V. (org.) (2001) - *O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial*. Editora da Universidade Federal de Juiz de Fora. Minas Gerais.

PARSONS, M. G., SINGER, D. J., SAUTER, J. A. (1999) - A Hybrid Agent Approach for Set-Based Conceptual Ship Design. *Proceedings of the 10th International Conference on Computer Applications in Shipbuilding*, Cambridge, MA.

PERALTA, A. C. (2002). *Um Modelo do Processo de Projeto de Edificações, Baseado na Engenharia Simultânea, em Empresas Construtoras Incorporadoras de Pequeno Porte*. 133 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

PMBOK (2000) - *Project Management Body of Knowledge*. Tradução livre. V. 1.0. 159 p. Project Management Institute. Minas Gerais.

SMITH, R. P., EPPINGER, S. D. (1997). Identifying Controlling Features of Engineering Design Iteration. *Management Science*. Vol. 43, n.3, p.276-293.

SOSA, M., EPPINGER, S. D., ROWLES, C. M. (2004). The Misalignment of Product Architecture and Organizational Structure in Complex Product Development. *Management Science*. Vol. 50, n.12, p.1674-1690.

STEWART, D. V. (1981) - The Design Structure Matrix: A Method for Managing the Design of Complex Systems. *IEEE Transactions on Engineering Management*, EM-28, n.3, p.71-74

ULRICH, K. T., EPPINGER, S. D. (2004) - *Product Design and Development*.. McGraw-Hill. 3ª. Edição. New York.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (2002). Plano de Pesquisas para Elaboração de Projeto de um Novo Navio Oceanográfico. *Homepage do Laboratório de Design e Tecnologia das Embarcações e seus Sistemas de Apoio Operacional*. Disponível em <<http://www.usp.br/fau/deprojeto/labnav/indexjsp.htm>>. Acesso: setembro, 2004.

YASSINE, A., BRAHA, D. (2003) - Concurrent Engineering and the Design Structure Matrix. *Concurrent Engineering Research and Applications*. Vol.11, n.3, p.165-176.