



**METODOLOGIA PARA LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES
RELEVANTES DO PROJETO “OTIMIZAÇÃO DO PROJETO DE
PROPULSORES NAVAIS TIPO HÉLICE UTILIZADOS POR EMBARCAÇÕES
NAS CONDIÇÕES AMAZÔNICAS”.**

Celso Augusto Coelho

Departamento de Engenharia Mecânica – Centro Tecnológico – Universidade Federal do Pará
Campus Universitário – Guamá – 66075.900 – Belém – Pará - celsocoe@ufpa.br

Antonio Jorge Hernández Fonseca

Departamento de Engenharia Mecânica – Centro Tecnológico – Universidade Federal do Pará
Campus Universitário – Guamá – 66075.900 – Belém – Pará – jfonseca@amazon.com.br

***Resumo.** É evidente a importância do transporte hidroviário num estado com as características do Pará, onde as cidades são abastecidas por um complexo sistema de transporte fluvial, tanto de carga como de passageiros, tornando indispensável uma atenção especial aos diferentes componentes dos sistemas usados, entre os quais o hélice, o principal sistema propulsor utilizado. Para a seleção dos hélices são utilizados métodos empíricos e sistemas produtivos ultrapassados no projeto e fabricação, a maioria das vezes copiados de embarcações existentes, de porte e forma diferentes, ocasionando, no mínimo, a ineficiente utilização dos motores propulsores. O Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Pará tem em andamento um projeto de pesquisa, direcionado à elaboração de um sistema de apoio à análise da problemática descrita nas condições amazônicas, que inclui, inicialmente, a identificação, procura e captação da informação relevante, de cada um dos agentes que intervêm no tema analisado. O trabalho trata da metodologia usada para a abordagem desta fase inicial do projeto, assim como da definição das ferramentas de captação das necessidades do projeto, como informação de entrada no processo de análise do tema que é abordado na pesquisa.*

***Palavras-chave:** Metodologia de projeto, Processo de Projeto, Fase de Início do Processo de Projeto.*

1. INTRODUÇÃO

Na fase de início do processo de projeto, os projetistas têm poucas ferramentas de trabalho para iniciar, adequadamente, a tarefa de obter as informações relevantes sobre o projeto, objetivo fundamental dessa fase inicial (Back, 1983).

O artigo trata do desenvolvimento de uma ferramenta de trabalho aplicada ao projeto dos hélices, que permitiu à equipe de projeto obter e tratar adequadamente a informação disponível no início do processo, usando o ciclo de vida do produto como conceito utilitário associado aos produtos industriais.

Analisar o ciclo de vida do produto permite um trabalho com as necessidades, antes do uso da Casa da Qualidade, como apoio ao tratamento primário da informação de entrada ao processo de projeto.

Este trabalho está inserido numa pesquisa mais ampla sobre o projeto e a fabricação de hélices nas condições amazônicas.

2. CICLO DE VIDA DO PRODUTO

O conceito do ciclo de vida de um produto é utilizado em várias especialidades associadas à análise de produção e desenvolvimento de produtos, sobretudo, no início do trabalho de planejamento dos mesmos. Basicamente, o ciclo de vida do produto, pode ser considerado como “as sucessivas etapas que o produto atravessa, desde o seu desenvolvimento até o descarte” (Cross, 1991).

Existe bastante literatura sobre o ciclo de vida, assim como seu uso para orientar diversas partes do projeto, visando obter um produto não agressivo ao meio ambiente. Os conceitos de reciclagem, inerentes à análise do ciclo de vida do produto, propiciam, não somente uma redução do consumo de matéria prima, como, também, uma redução do descarte, com benefícios evidentes à ecologia.

É usual um esquema como o da Fig. (1), para representar o ciclo de vida de um produto, onde são mostrados, esquematicamente, as diversas fases, desde a matéria prima até o descarte, assim como o seu relacionamento (Zhang, 1995). As diversas etapas básicas do esquema são muito usadas para demonstrar os benefícios do conceito em relação aos aspectos ecológicos, do aproveitamento industrial e do benefício coletivo.

Parte da literatura consultada sobre o ciclo de vida, é referida à sua utilização em relação a processos de produção, usando materiais recicláveis ou peças e conjuntos reaproveitáveis, com certa utilidade para o processo de projeto, sobretudo quando usada a técnica de engenharia simultânea. Um outro enfoque dá ênfase à preservação ecológica fundamentalmente e, finalmente, existe uma crescente tendência a empregar o conceito de ciclo de vida, para apoiar diversas etapas do projeto de produtos, encaminhando as soluções no sentido de reciclar ou reaproveitar os materiais.

Um outro esquema de representação do ciclo de vida, também muito usado na literatura consultada, aparece como uma seqüência linear de etapas sucessivas, como mostrado na Fig. (2), que é de importância para uso em gráficos de sistema coordenados.

Cada esquema representa um modelo, ajustado às necessidades dos usuários do conceito e será de utilidade para o uso concreto para que foram previstos.

Entende-se que, para ser usado durante a fase inicial do processo de projeto, o conceito de ciclo de vida de um produto é um guia fundamental para direcionar a captação da informação relevante sobre o produto a ser projetado.

3. CICLO DE VIDA DOS HÉLICES.

Os hélices são peças mecânicas complexas, com características geométricas tais que permitem um adequado funcionamento durante seu trabalho hidrodinâmico como propulsores dos diferentes tipos de embarcações.

O estado do Pará, dependente de um complexo sistema de transporte fluvial, é um forte usuário dos hélices, sendo produzidos na região em condições realmente precárias. O projeto de pesquisa encaminhado pela Universidade Federal de Pará, UFPA, visa estudar as condições de incrementar a competitividade da produção dos mesmos.

Para iniciar o estudo da problemática, a equipe de pesquisa enfocou o problema partindo das ferramentas desenvolvidas para o projeto de produtos industriais, especificamente aquelas relativas à

fase de início do processo de projeto (Fonseca, 2000), que têm como base o estabelecimento do ciclo de vida dos hélices.

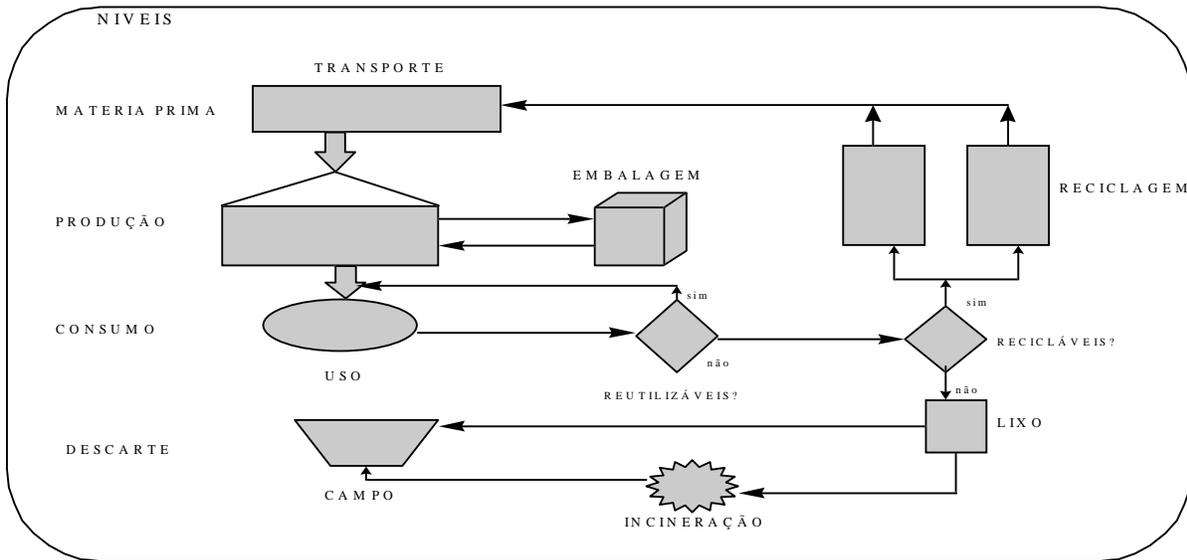


Figura 1. Estrutura típica para a análise do Ciclo de Vida (Ishii, 1992)

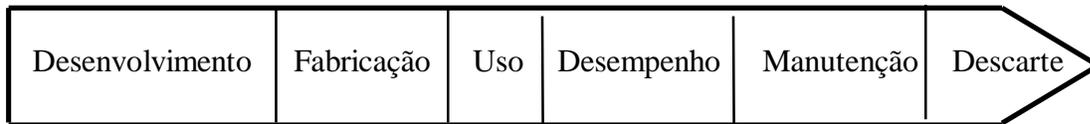


Fig.2. Esquema linear do Ciclo de Vida (Morup, 1993)

Foram definidas as fases do ciclo de vida dos hélices como sendo: **projeto, fabricação, embalagem, armazenagem, transporte, comercialização, funcionamento, recuperação e reciclagem.**

Os hélices podem ser totalmente reciclados; nunca devem ser descartados.

Com a definição do ciclo de vida dos hélices, passou-se a definir os clientes do projeto, entendidos como aqueles especialistas ou técnicos responsabilizados por cada fase do ciclo de vida. Desta maneira, os clientes do projeto são todo o conjunto de especialistas envolvidos no trabalho dos hélices, desde os projetistas dos mesmos, até os usuários nas suas embarcações, passando pelos comerciantes, produtores, etc.

Baseados nos diferentes clientes do projeto, foram elaborados questionários catadores das necessidades a serem preenchidos pelos diferentes clientes definidos antes, mas, considerou-se que esses clientes poderiam ser concentrados em duas grandes famílias: os produtores e os usuários. Na categoria de produtores levou-se em conta as necessidades de projeto, produção, embalagem, armazenagem, transporte, recuperação e reciclagem, sendo que, na categoria dos usuários, foram consideradas as necessidades de comercialização e funcionamento dos hélices, instalados nas embarcações.

4. QUESTIONÁRIOS PARA LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES DO PROJETO.

Foram elaborados dois tipos de questionários para levantamento das necessidades do projeto, segundo a proposta (Fonseca, 1996)]; um para ser submetido aos produtores e outro para os usuários, exemplos dos quais aparecem preenchidos no Anexo 1.

Definidos os questionários, passou-se a definir a estratégia de preenchimento dos mesmos, num estado onde existe grande quantidade de pontos de consumo dos hélices, dispersos nos quatro cantos do estado, assim como identificar as oficinas de produção e recondicionamento dos hélices.

Com os questionários prontos, foram definidas várias áreas de ação, as que foram distribuídas entre todos os participantes do projeto, independentemente de serem ou não especialistas no levantamento das necessidades, partindo do fato que, a melhor maneira de estarem cientes dos problemas dos hélices, era contatando com a maior quantidade de usuários do projeto, inclusive aqueles especialistas em fundição, solda, projeto etc.

Desta maneira, todos os pesquisadores envolvidos no projeto dos hélices, participaram “in situ” da captação das necessidades do projeto, diretamente dos diferentes especialistas e usuários envolvidos nas diferentes fases do ciclo de vida do produto.

5. PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES RECOLHIDAS

A Equipe de Produção processou todos os questionários submetidos nas diferentes regiões do estado, definindo aquelas informações relevantes para o projeto, a partir de sua importância e do grau de repetição que as mesmas tinham nos diferentes questionários, de áreas e zonas diferentes do estado.

Visando separar os problemas dos produtores e dos usuários dos hélices, foi elaborada uma análise separada para cada tipo de cliente, processando-se os questionários dos produtores separadamente dos questionários dos usuários, identificando em cada caso, os problemas comuns nas diferentes regiões do estado.

5.1. Questionários dos Produtores

Foram visitadas praticamente todas as empresas produtoras e de recuperação dos hélices, tanto em Belém como no interior do estado, definindo-se os problemas principais referentes aos aspectos de fabricação, basicamente no tocante à fundição dos hélices.

Detectaram-se os seguintes problemas principais, comuns a todos os produtores:

- Existe um mercado local restrito, devido à concorrência de outros estados produtores;
- Não existe qualquer padronização para o dimensionamento dos hélices;
- Existem problemas na qualidade e quantidade (% na mistura de fundição) dos materiais utilizados na fabricação;
- Não existe qualquer cuidado na seleção da sucata usada na fundição;
- É utilizado o processo inadequado na soldagem para o recondicionamento dos hélices;
- Não existe estrutura organizativa para a reciclagem dos hélices desativados e
- Não existem critérios uniformes para decidir a desativação ou o recondicionamento dos hélices.
- Não existe um plano de capacitação na área de fundição, solda e recondicionamento dos hélices.

Tomando os problemas anteriores como necessidades do projeto, foram propostas soluções aos mesmos, da forma de enfrentar cada problema com uma proposta de solução adequada. De igual maneira e visando estabelecer o relacionamento dos vários fatores envolvidos, tanto os problemas (tomados como necessidades) como as soluções propostas (tomados como requisitos de projeto, visando solucionar as necessidades), foram confrontados numa Casa da Qualidade, visando a hierarquização das soluções.

Antes do uso da Casa da Qualidade, cada problema identificado foi descrito numa forma simples, assim como a solução proposta para cada um, conforme a seguir:

Problema detectado

1) Mercado restrito

Solução proposta

Incremento da qualidade

2) Problemas de dimensionamento	Padronização
3) Problemas de materiais	Definição das misturas
4) Problemas de controle de fundição	Tecnologia ótima de fundição
5) Problemas recondicionamento	Normas recondicionamento
6) Problemas na soldadura	Tecnologia ótima de solda
7) Problemas na reciclagem	Sistema de reciclagem
8) Decidir o recondicionamento	Estabelecer normas
9) Problemas de capacitação	Fazer plano de capacitação

Com os elementos anteriores, foi elaborada uma Casa da Qualidade, onde os problemas foram hierarquizados, identificando aqueles mais importantes para a produção.

Pela análise da Casa da Qualidade dos produtores, se deduz que o fator mais importante para a produção é o estabelecimento do controle da qualidade da produção, sendo o segundo lugar compartilhado precisamente pela definição deste processo produtivo e a definição das misturas de materiais componentes dos hélices; seguidamente estão a definição de um sistema de reciclagem da sucata e a definição da tecnologia de recondicionamento dos hélices.

5.2. Questionários dos Usuários

O procedimento de preenchimento dos questionários dos usuários foi similar que o procedimento efetuado com os produtores, somente que os alvos dos questionários foram os donos de embarcações e os comerciantes dos hélices.

Foram identificados os problemas seguintes:

- Existem problemas na diversidade de formas e maneiras de especificar os hélices;
- Os hélices devem ser o mais duradouro possível;
- Os hélices devem ser resistentes às batidas;
- Deve existir a possibilidade de recondicionar os hélices;
- É necessário definir uma maneira padronizada para a detecção de falhas nos hélices, visando o seu recondicionamento.

Procedendo similarmente como nos questionários dos produtores, cada problema foi definido de uma maneira simples, junto à provável solução, segundo a tabela na continuação:

Problema detectado	Solução proposta
1) Especificação dos hélices	Normalizar as especificações
2) Ser douradoras	Definir material dos hélices
3) Ser resistentes às batidas	Material processo de fabricação.
4) Possibilidade de recondicionamento	Normalizar o recondicionam.
5) Ser possível detectar falhas	Normalizar detecção de falhas

Com os dados anteriores, foi elaborada uma Casa da Qualidade para os problemas dos usuários. A análise da Casa da Qualidade dos usuários mostra a geometria como o fator mais importante, seguido do material dos hélices; em terceiro lugar a definição do processo de produção e da definição do recondicionamento.

6. CONCLUSÕES

Como resultado das análises realizadas entre produtores e usuários, pode-se dizer que a problemática dos hélices fica definida através da solução dos seguintes quesitos:

- **Definição do Processo de Fundição dos Hélices;**
 - Capacitação dos funcionários;
 - Processo tecnológico;

- Definição das misturas de materiais;
- Definição do processo de obtenção da sucata.
- **Trabalho de Normalização:**
 - Normalizar as especificações para compras dos hélices;
 - Normalizar a necessidade de acondicionamento;
 - Normalizar o processo de acondicionamento.
- **Definição dos Materiais dos Hélices:**
 - Definir as misturas metálicas de cobre ou alumínio;
 - Pesquisar novos materiais: borracha e materiais compostos;
- **Projeto e Geometria dos Hélices:**
 - Seleção dos hélices e definição da sua geometria;
 - Software de apoio ao projeto dos hélices.

7. REFERÊNCIAS

- Back, N., 1983, “Metodologia de Projetos de Produtos Industriais”, Ed. Guanabara Dois, Rio de Janeiro.
- Cross, N., 1991, “Engineering Design Methods”, Ed. John Wiley, London.
- Fonseca, A. J. H., 1996, “Desenvolvimento de uma Sistemática para a Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais”, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis.
- Fonseca, A. J. H., 2000, “Sistematização do Processo de Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais e sua Implementação Computacional”, Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis.
- Ishii, K. 1992, “Modeling of Concurrent Engineering Design, Ed. Concurrent Engineering: Theory and Practice, Ed. John Wiley.
- Morup, M., 1993, “Total Life Models – An Important Tool in Design for Quality”, ICED, vol.2, pp.849-856, The Hauge.
- Zhang, D. et al., 1995, “Life Cycle Engineering: Concepts and Research”, ASME, Manufacturing Engineering Division, Artic. BC1509130, vol. 2-2, pp. 827-841.

METHODOLOGY FOR THE SURVEY OF RELEVANT INFORMATION OF THE RESEARCH “OPTIMIZATION OF SCREW PROPELLER DESIGN USED BY SHIPS IN AMAZONIA CONDITIONS”

Celso Augusto Coelho

Department of Mechanical Engineering – Federal University of Pará – Campus – Guamá
66075.900 – Belém – Pará – Brazil – celsocoe@ufpa.br

Antonio Jorge Hernández Fonseca

Department of Mechanical Engineering – Federal University of Pará – Campus – Guamá
66075.900 – Belém – Pará – Brazil – jfonseca@amazon.com.br

***Abstract.** The Department of Mechanical Engineering at Federal University of Pará has a research addressed to develop a support system for the optimization of screw propeller design used by ships in Amazonia conditions, which involves, at first, the identification, seek and collect of relevant requirements of each agent intervening the issue. This paper deals with the methodology used to approach the early phases of design process, as well as the definition of the tools to collect the design requirements, like the initial information in the process of analysis of subject matter.*

Keywords. design methodology, design process, early phase of design process.

ANEXO 1

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ CENTRO TECNOLÓGICO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

PROJETO: “Otimização do Projeto de Propulsores Navais Tipo Hélice Utilizados por Embarcações nas Condições Amazônicas”

Questionário

1. Identificação do Produtor
 - Empresa: A PONTUAL.
 - Endereço Completo:
 - Cidade: BELEM Estado: PARÁ
 - CEP: 66020 - 600 Fone: 242-2493 Fax: 2412746
 - Informante/Função: PROPRIETÁRIO
2. Principais atividades (caracterização da linha de produtos e usuários)
COMÉRCIO E INDUSTRIA NAVAL – PRODUTOS : PEÇAS PARA MOTORES E TODO TIPO DE ACESSÓRIOS PARA EMBARCAÇÃO ; EIXOS, HÉLICES, “CARDIN” E REPAROS NOS CASCOS (JATEAMENTO, PINTURA E RETÍFICO).
3. Delimitação do mercado consumidor
ARREDORES EM GERAL, PESCA, BARCOS DE PASSAGEIRO E CARGAS E REATORES POPULARES DE PEQUENOS CONSUMIDORES (CABOCLO) QUE SUSTENTA A PONTUAL.
4. Qual o critério utilizado para o dimensionamento dos hélices?
(É CARO TRABALHAR COM DIMENSIONAMENTO).
5. Que problemas este dimensionamento proporciona?
6. Quais elementos são necessários para projetar um hélice?
 - (X) Tipo de embarcação (PLANTA) – PARA QUE SERVE, CARGA E REVERSOR.
 - (X) Potência do motor
 - (X) Redutor (MUITO IMPORTANTE)
 - () R.P.M. de trabalhos do hélice (A HÉLICE DEPENDE DA ROTAÇÃO)
 - () Outros atributos do projeto. Quais?
7. Qual o material constituinte dos hélices?
BRONZE; UM POUCO DE COBRE; UM POUCO DE ZINCO E CHUMBO. (25% CU; 3% ZN; 3%PB. OBS: ESTA LIGA NÃO É MUITO BOA, POIS QUEBRA).
8. Por que este material é utilizado?
NÃO ENFERRUJA.
9. Como este material é especificado?
BRONZE DE SUCATA (SOMENTE SUCATARIA É USADO).
10. Como esta especificação é controlada?
DEPENDE DO TAMANHO DA HÉLICE.
11. Qual a origem deste material?
“SUCATA”.
12. Quais as principais etapas envolvidas no processo de produção dos hélices?
MODELAMENTO (MOLDE); PREPARAR O MATERIAL PARA RECEBER O BRONZE; RESPIRO.
13. Quais os problemas decorrentes do processo de produção?
FRAGILIDADE – O HÉLICE NÃO EMPENA, SIMPLEMENTE QUEBRA.
14. Como a qualidade e/ou custo do produto poderia ser melhorado (composição do material, projeto, processo de fabricação, etc.)?
SE HOUVESSE UM SELECIONAMENTO DE SUCATA: “LINGOTE “.
15. Quais os materiais (metal de adição, eletrodo, fluxo, gás, etc.) e métodos utilizados (MIG, MAG, TIG, etc.) no acondicionamento do hélice?
OXIGÊNIO E ELETRÔDO ESPECIAL DA UTP (320 N – É UM ELETRÔDO PURO QUE NÃO SALPICA).
16. Em que condições operacionais este acondicionamento é realizado?
SOMENTE MANUAL – PRENSA; MACACO HIDRÁULICOS E MARRETAS.
17. Quando o acondicionamento do hélice se faz necessário (trinca, empenamento, fratura, etc.)?

TRINCA, FRATURA, EMPENAMENTO.
BALANCEAMENTO ESTÁTICO.

18. Após o acondicionamento é realizado algum tipo de inspeção (ensaio não-destrutivo e/ou balanceamento)?
SIM! BALANCEAMENTO ESTÁTICO; INSPEÇÃO; USINAGEM.
19. Quais as principais dificuldades encontradas na recuperação do hélice?
DEVIDO O MATERIAL, A ADERÊNCIA DE SOLDA É DIFÍCIL.
20. Existe alguma empresa que executa a reciclagem dos hélices?
SIM, EU POR EXEMPLO!
21. Como poderia ser organizada a coleta dos hélices para a reciclagem?
NA COMPRA DE OUTRA NOVA (COMPENSANDO O CABOCLO).
22. Qual o preço unitário (kg) do material reciclado do hélice ?
R\$ 1,00 (UM REAL, NA SUCATA).
23. Qual o critério para desativar os hélices e qual para acondicionar?
MAIS DE 1 / 3 DA PONTA, CONDENA-SE.
ATÉ 1 / 3 , RECONDICIONA-SE .

Data: 28 / 05 / 99.