

ALEXANDRE ZORIO DE MATTOS

**ENGENHEIROS PROJETISTAS:  
FORMAÇÃO, METODOLOGIA SEGUIDA  
E PERFIL PSICOLÓGICO**

Orientador:  
Konstantinos D. Stavropoulos

*Apresentação e  
28 abr 2000  
Banca: Edson Gomes  
Prof Konstantinos.  
Sala 1543 do PNC.*

9,5  
④

São Paulo  
1999

cad.

Aos meus pais, Celina e José Alexandre, e meus irmãos Gerson, Márcia e Marcos, que sempre me apoiaram e acreditaram em meus projetos.

## AGRADECIMENTOS

Aos engenheiros que cooperaram com o desenvolvimento desta pesquisa, gentilmente cedendo seu tempo e revelando sua experiência.

Aos professores Konstantinos D. Stavropoulos, pela valiosa orientação, e Lucas Moscato, pela compreensão e paciência.

A Nil e todo o pessoal da Seção de Alunos, pela boa vontade em lidar com os problemas que minhas matriculas causaram nos últimos dois anos.

A Glauco, Xavier, Myrna, por razões demais para que eu possa enumerar.

## SUMÁRIO

### Introdução

Definição de metodologia de projeto	1
Objetivos deste trabalho	1

### Metodologias utilizadas na vida profissional pelos engenheiros projetistas

Prefácio às transcrições das entrevistas	4
--	---

#### Transcrições das entrevistas dos engenheiros não-acadêmicos

Transcrição N.º 1: Engenheiro Aurélio Da Dalt	6
Transcrição N.º 2: Engenheiro Bóris Zampese	18
Transcrição N.º 3: Engenheiro Márcio Lucato	26
Transcrição N.º 4: Engenheiro Marcos Saloto	37
Transcrição N.º 5: Engenheiro Moyses Szajnbok	46

#### Transcrições das entrevistas dos engenheiros acadêmicos

Transcrição N.º 6: Engenheiro Carlos C. Tu	55
Transcrição N.º 7: Engenheiro Marco Stipkovic Filho	64
Transcrição N.º 8: Engenheiro Nicola Getschko	72
Transcrição N.º 9: Engenheiro Omar Moore Madureira	82
Transcrição N.º 10: Engenheiro Paulo Carlos Kaminski	92

Síntese das respostas obtidas nas entrevistas, referentes à parte 2 do questionário: Levantamento da metodologia empregada	101
--	-----

Gráficos I a IX: distribuição numérica das respostas obtidas nas entrevistas	109
--	-----

### Formação de projetistas nos cursos de engenharia

Síntese das respostas obtidas nas entrevistas, referentes à parte 3 do questionário: Formação de projetistas nos cursos de engenharia	120
---	-----

Gráficos X a XIX: distribuição numérica das respostas obtidas nas entrevistas	127
---	-----

### Caracterização do tipo psicológico médio dos projetistas entrevistados

Resumo da teoria de tipos psicológicos de Jung	139
--	-----

Processo de tratamento dos dados obtidos nos questionários de avaliação de personalidade	152
--	-----

Os tipos psicológicos encontrados, suas características genéricas e análise de sua adequação à atividade de projeto	156
---	-----

Gráficos XX e XXI: Tipo psicológico médio dos engenheiros projetistas entrevistados	162
---	-----

### Conclusão

A metodologia que os projetistas seguem na prática é uniforme? Quais pontos em comum existem entre as metodologias seguidas na prática?	166
---	-----

A metodologia que os projetistas seguem na prática é descrita nos livros?	167
---	-----

### Anexos: Metodologias apresentadas na literatura

Anexo A: The Science of Engineering Design, de Percy Hill	169
---	-----

Anexo B: Projeto do Produto, de Mike Baxter	192
---	-----

Anexo C: Bibliografia básica do curso de PMC-475: Metodologia de Projeto ministrado na Escola Politécnica, de Omar M. Madureira, Marcelo Alves, Marcelo Massarani, Paulo Kaminski, Roberto Ramos Jr. e Ronaldo de Breyne Salvagni	206
---	-----

<b>Referências Bibliográficas</b>	212
-----------------------------------	-----

<b>Bibliografia Recomendada</b>	212
---------------------------------	-----

## **Introdução**

### Definição de metodologia de projeto

Este é um trabalho centrado no estudo de metodologias de projeto. Pode-se entender metodologia de projeto como um conjunto de procedimentos que se devem seguir na elaboração de um projeto, desde as suas fases iniciais, até a conclusão, para facilitar sua execução, reduzindo a possibilidade de que erros sejam cometidos, e permitindo atingir, ao final, o melhor resultado possível, consideradas as restrições de tempo, custos, tecnologia e pessoal envolvidas.

### Objetivos deste trabalho

Este trabalho busca ajudar os leitores a terem uma visão mais precisa das metodologias que os engenheiros projetistas realmente utilizam em suas vidas profissionais, servindo como uma base de referência para que estudantes de engenharia, ainda inexperientes sobre os procedimentos a serem seguidos na elaboração de projetos, e que somente têm acesso à literatura acadêmica nesse campo, observem as metodologias consagradas por engenheiros com vasta experiência no desenvolvimento de projetos. Dessa forma, os estudantes podem aprimorar sua metodologia pessoal, pela comparação entre a teoria e os depoimentos dos engenheiros consultados. Ao leitor não-familiarizado com as metodologias de projeto de engenharia, recomenda-se, antes de iniciar a leitura do corpo do trabalho, que leia os apêndices A, B e C, que contém uma revisão da bibliografia existente nesse campo.

Outra finalidade buscada no desenvolvimento desta pesquisa é o levantamento dos pontos mais importantes para a formação de engenheiros projetistas. Por meio de entrevistas, buscou-se formalizar um conjunto de medidas que contribuem para uma

formação mais adequada dos estudantes da graduação em engenharia. Esta pesquisa também apresenta, dessa forma, interesse para os professores, que terão acesso às opiniões de docentes com experiência em ensino de engenharia e de profissionais da área de engenharia que têm menos contato com o ambiente acadêmico, mas que conhecem profundamente as necessidades do mercado de trabalho.

Por último, esta pesquisa busca também apresentar um perfil psicológico médio dos engenheiros projetistas, tanto para os que se dedicam à vida acadêmica, quanto para aqueles que estão envolvidos apenas com a atividade profissional, permitindo ao estudante que identifique em si os traços de personalidade adequados à atividade de projeto de engenharia (ou sua ausência), auxiliando a sua escolha de dedicar-se ou não a esse campo da engenharia.

Sendo esses os objetivos traçados para o trabalho desenvolvido, acreditamos estar contribuindo para ampliar o conhecimento sobre a atividade de projeto em engenharia, e fornecendo auxílio para professores e estudantes, principalmente, dessa carreira.

**Seção 1: Metodologias Utilizadas na Vida Profissional  
pelos Engenheiros de Projeto Consultados**

## **Prefácio às Transcrições das Entrevistas**

As entrevistas apresentadas a seguir foram sintetizadas com base nas gravações originais e, de maneira geral, foram editadas mantendo-se as próprias palavras dos entrevistados, exceto quando alguma alteração se fez necessária para contribuir com a concisão e compreensão das idéias expressas por esses.



**Transcrições das Entrevistas dos Engenheiros Não-Acadêmicos**

**Transcrição N.º 1: Engenheiro Aurélio Da Dalt**

## **PARTE 1 – CARACTERIZAÇÃO DO ENTREVISTADO**

1. Nome: Aurélio da Dalt
2. Faculdade cursada: Escola Politécnica
3. Formado em: 1978
4. Cursos adicionais: cursos de especialização na Alemanha e nos EUA, nas áreas de elementos finitos, fadiga e equipamentos ferroviários.
5. Cargo ocupado atualmente: Diretor da Spectra
6. Tempo de experiência com projeto: 22 anos

## **PARTE 2 – LEVANTAMENTO DA METODOLOGIA EMPREGADA**

1. **Quais são as informações recebidas como input pelo engenheiro para executar um projeto? Qual é o resultado final do trabalho do projetista? Qual o grau de integração entre projeto e fabricação durante o processo de projeto?**

Depende; eu, por exemplo, tenho um enfoque bem mercadológico do projeto, acho que o engenheiro tem que estar inserido dentro do contexto do negócio da empresa, tem que saber o que o cliente da empresa quer. Eu não acho que alguém tenha de dizer ao projetista o que deve ser feito. A engenharia tem de estar ligada à área de marketing da empresa, para que as equipes de projeto saibam o que fazer. Na minha experiência profissional, quando tivemos que executar um projeto de um produto para o qual não tínhamos experiência prévia, elaboramos um questionário para levantar, junto aos usuários, quais as características que eles esperavam encontrar no produto. Foi feito um trabalho inclusive para determinar aquilo que o usuário considerava bonito para esse produto. Pode ser até algo de que eu não goste, mas eu tenho de projetar aquilo que ele quer. Nessa pesquisa, além das alternativas de design

para que o usuário desse notas, foi apresentada uma folha em branco para que ele desenhasse aquele produto que seria o mais bonito, na sua opinião, e o que aconteceu foi que essas folhas voltaram todas em branco. A conclusão a que nós chegamos é que ele acha que sabe o que quer, mas raciocina por diferenças. [Ele sabe avaliar comparativamente os produtos, mas não sabe propor um design diferente] Exatamente. A função do engenheiro é tentar captar essa tendência do cliente, sentir do que é que ele gosta e gerar um produto que ele deseje, ainda que o cliente não saiba dizer que produto é esse. Eu acho que os inputs que devem ser dados ao engenheiro são inputs de negócios, o que ele deve fazer, qual o nicho de mercado em que a empresa deseja inserir o produto – para entrar nesse nicho, o produto pode não ser exatamente a melhor alternativa de projeto para satisfazer aquela necessidade. Cabe ao engenheiro, uma vez que saiba qual o nicho de mercado que o produto deve atingir, transformar as especificações de produto em realidade, sempre objetivando o lucro. Ele deve também saber a margem de lucro desejada e o limite de preço para o produto. Ele tem que projetar o produto que o cliente deseja, a um preço que o cliente esteja disposto a pagar; qualquer outra coisa que ele projetar não vai cumprir seus objetivos. Quanto mais focado estiver o engenheiro na idéia de que ele tem que gerar o produto adequado, melhores serão os seu projetos. [Depois de uma fase de obter informações sobre como agradar ao cliente, o projetista passa a uma fase de obter especificações técnicas para o produto?] Sim. O resultado final do trabalho do projetista é um produto que atenda aos objetivos – um produto de sucesso. O grau de integração entre projeto e fabricação é total. Todo projeto que vai sair do papel deve envolver matéria-prima, fornecedores e processos. Se, durante o projeto, não forem considerados os recursos que serão utilizados para fabricar, não se pode prever o preço de venda, os investimentos necessários para produzir. O engenheiro tem de

conhecer o processo produtivo.

**2. O trabalho de projeto é feito em equipe ou individualmente? Se é feito em equipe, como se administram as contribuições dos diferentes membros?**

Não existe trabalho individual; os produtos modernos são tão sofisticados que até mesmo um parafuso é um item de engenharia – tem que existir um engenheiro especializado naquele parafuso. [O Sr. diria que a complexidade dos produtos existentes não permite que eles sejam projetados individualmente?] Concordo. Não é possível criar mais nada individualmente. Nesse tempo que já passou, a engenharia era romântica e o engenheiro era um criador. Hoje, as especificações funcionais sobre os produtos são muito mais rígidas, e as expectativas do público são muito maiores. Gasta-se mais tempo adaptando e testando soluções para o seu contexto específico de projeto do que tendo idéias inovadoras para os produtos, e esse trabalho de adaptação e desenvolvimento de aplicações é feito em equipe. O engenheiro que não tem a habilidade de trabalhar em grupo está fora do negócio. O gênio incompreendido não existe mais. A idéia de que as pessoas trabalham em grupo no espírito de “vamos fazer tudo juntos” não existe; cada um tem de dar a sua contribuição individual, mas dentro dos objetivos do time. O trabalho do engenheiro é essencialmente individual, mas deve sempre ser feito dentro do objetivo grupal, e aí não há espaços para estrelismo. [Quanto a parte de administrar as contribuições de cada membro da equipe, deve haver alguém para definir o que cada um vai fazer?] Exatamente; o engenheiro deve ter uma capacidade grande de auto-administrar sua atividade – o seu tempo e a sua ignorância. À medida que você começa a chefiar equipes de projeto, você começa a desenvolver um perfil para lidar com gente, e o ideal é ter um coordenador que seja ele mesmo um bom projetista. Aqui no Brasil,

muitas vezes ocorre uma distorção em que é dada mais importância ao trabalho do coordenador do que ao trabalho especializado do projetista – ocorre uma briga entre quem sabe fazer e quem coordena, e o projeto não sai. Eu acho que os engenheiros deveriam receber um treinamento para lidar com pessoas e trabalhar com equipes.

### **3. Qual a seqüência de etapas seguida na prática na elaboração de um projeto?**

Para desenvolver um projeto, se você não tiver disciplina, você não faz nada. A disciplina é fundamental. Se você adquire uma disciplina adequada e é uma pessoa criativa, você consegue produzir o que quer – seja uma máquina ou uma obra de arte. Mesmo para um quadro, cuja criação parece ser totalmente assistemática, você começa fechando aos poucos os leques de opções: vou fazer um quadro cubista ou impressionista? o tema vai ser guerra ou natureza morta?, até o momento em que se conseguiu definir completamente as condições de contorno. Para o projeto de máquinas é a mesma coisa. Eu acredito que a seqüência de projeto é particular para cada caso, e tem vários estágios. Genericamente falando, o que ocorre é que os projetos têm suas condições de contorno definidas, e são divididos em sub-sistemas; cada sub-sistema, por sua vez, é encarado como um projeto em si, e passa pelo mesmo processo, até que se definam os componentes mínimos do projeto - parafusos, por exemplo. Para cada sub-sistema, existem condições de contorno e metodologias específicas. Eu não gosto muito de ficar dando nomes para as fases do projeto, nem de tentar estabelecer uma metodologia que funcione para todos os tipos de projeto. Há muitas particularidades que dependem de onde você está, das condições de trabalho que você tem. Em geral, funciona aquele padrão que você encontra nos livros, que acabam sendo variações sobre o mesmo tema. Cada projetista, porém, tem a sua maneira pessoal de fazer, que pode não ser a mais lógica,

mas funciona. Além de que, simplesmente saber a seqüência de etapas indicada numa metodologia não garante que você saiba fazer o projeto, na prática.

**4. Como se estabelecem os critérios de seleção de idéias utilizados para filtrar o conjunto inicial de possíveis produtos?**

Isso está mais ligado ao marketing; contudo, a engenharia não é mais uma área distante, ela faz parte desses processos. Numa empresa pequena como a minha, o projetista é que faz essa seleção. Numa empresa de maior porte, existe uma equipe para fazer esse tipo de atividade, formada por pessoas de maior experiência, pessoas que já passaram pelo setor de engenharia, pela fábrica, etc, que fazem essa seleção. [No seu caso, os clientes já dizem o que querem?] Sim; no nosso caso, como a empresa é pequena, o cliente sabe o que precisa e nós sabemos o que fazer para atingir o objetivo dele. Nós fazemos produtos industriais, que são diferentes de produtos de mercado, são muito mais específicos nas suas aplicações.

**5. Qual o processo utilizado para manter controle sobre o tempo alocado para cada fase do desenvolvimento do produto?**

Para fazer um projeto bem-feito, prepara-se um PERT/CPM. No meu caso, nem é necessário utilizar esse método, porque o grupo é pequeno; mesmo que haja várias atividades no projeto, elas são feitas por poucas pessoas. Nós temos um cronograma, e fazemos um acompanhamento praticamente diário dele, então o controle de tempo é feito na base do bom senso. No caso geral, o que se usa mesmo é o PERT, mas é claro que a previsão inicial nunca funciona, e a idéia que ele seja reavaliado e adaptado periodicamente. O projeto sai no prazo, mas nunca o desenvolvimento ocorre segundo o PERT inicialmente feito. [Em projetos maiores, você chega a

utilizar formalmente o PERT/CPM?] Algumas vezes é feita uma programação de tempos na base da intuição, mas em muitos casos é utilizado formalmente o PERT, com acompanhamento quase que diário, senão o projeto não sai no prazo. O grande problema da engenharia é determinar o momento em que se deve parar de criar, ainda que aquele estágio do projeto pudesse ser melhorado. No Brasil, existe muita dificuldade com isso, porque há uma tendência de querer ser o melhor do mundo, criar algo inovador.

#### **6. Quais os pontos que se deve levantar na análise de viabilidade de um produto potencial?**

Os pontos fundamentais são: verificar se ele atende à necessidade do cliente, e se com aquilo que o cliente está disposto a pagar é possível obter lucro com o produto. Isso é simples, em teoria, mas é difícil de implementar. Primeiramente, é difícil identificar o que o cliente quer, e a gente tem que tomar por base o que está sendo feito pelos concorrentes. [Os concorrentes são uma referência?] Sim; você observa o que o concorrente fez e produz algo um pouco melhor, se tiver tempo, ou então algo igual, se não houver tempo disponível, ou então produz algo mais barato. Depois que um concorrente já entrou no mercado com o produto dele, a única maneira de conquistar espaço é oferecer um produto mais barato. Há muitas empresas que adotam isso como estratégia de mercado; elas não desenvolvem nada, apenas seguem o que é feito pela concorrência. Aqui na empresa, adota-se tanto essa estratégia quanto a de tentar desenvolver produtos novos. Tentamos vender preço mais baixo, assistência técnica melhor, mais eficiente – quando concorremos com produtos importados, argumentamos que nós estamos aqui, enquanto que a assistência da outra empresa está longe. [Além da viabilidade técnica e financeira, ouvi relatos que



mencionavam estudos de viabilidade tributária, para determinar os encargos que recairão sobre a produção] No Brasil, como a tributação dos produtos fica toda com o produtor primário, esse tipo de estudo é importante; dependendo das condições de isenção fiscal, pode ser mais interessante instalar a sua fábrica numa região onde não há mão-de-obra tão qualificada, e arcar com os custos de treinamento de pessoal, do que instalar numa região industrial, onde os encargos fiscais são elevados.

**7. Na prática, há algum tipo de orientação para que os projetistas consigam superar o problema de barreiras à criatividade?**

Criatividade é fundamental, e a superação das barreiras depende muito da gestão do pessoal. Todo mundo tem limites – limites de inteligência ou de motivação. O bom gerente é aquele que sabe a capacidade dos seus funcionários; ele nunca deve pedir nada muito além do que aquilo que o funcionário é capaz de fazer, senão ele penaliza a pessoa e o grupo, mas deve pedir algo um pouco além do que o que o funcionário sabe, porque assim se mantém o aspecto do desafio, e se oferece à pessoa uma tarefa que ela é capaz de executar – não há nada melhor do que conseguir fazer aquilo que você se propôs a fazer e saber que alguém vai ficar feliz porque você cumpriu essa tarefa. Nunca se deve propor um desafio maior do que o que a pessoa é realmente capaz de executar. [A tarefa de estimular a criatividade depende da pessoa que estiver coordenando a equipe, então?] Sim; às vezes, nem o funcionário sabe que tem a capacidade de executar determinada tarefa, mas o gerente sabe que ele é capaz e incentiva. Há várias formas de incentivar as pessoas; existem as que funcionam a partir de um feedback positivo, precisam ser elogiadas, e existem as que precisam de um feedback negativo, precisam ter a sua capacidade questionada. Cada pessoa requer um tipo de tratamento. Se não houver um profissional bom administrando a

equipe, a empresa não funciona. A função do gerente é direcionar o projetista para que ele desenvolva uma solução adequada ao problema proposto.

### **PARTE 3 – FORMAÇÃO DE PROJETISTAS NOS CURSOS DE ENGENHARIA**

**1. Qual é a sua visão sobre o nível dos profissionais que estão sendo formados atualmente na área de engenharia? Quais são os principais pontos fortes e fracos desses profissionais?**

O nível dos profissionais não é ruim, mas o que acontece atualmente é que os estudantes estão sendo formados por gente que não têm experiência, por pessoas que não são de fato engenheiros. [Eles acabam ficando acadêmicos demais?] É. Nos EUA, isso não é um problema, porque existe o mundo acadêmico, onde o estudantes interessados se dedicam à pesquisa em engenharia, mas existem as empresas, que têm realmente o domínio das técnicas de engenharia que devem ser utilizadas profissionalmente. O recém-formado, quando entra numa empresa, toma um banho de realidade e está pronto para trabalhar. No Brasil, as empresas não têm esse conhecimento, e espera-se que a faculdade forneça ao estudante ambos os aspectos da formação – o que não acontece. Aqui, os professores deveriam ser mais realistas do que nos EUA. Eu acho que a formação de vocês está ruim – na verdade, ela é boa, do ponto de vista lógico, mas vocês saem muito perdidos da escola. O ponto forte é a formação teórica; o ponto fraco é a falta de adequação dessa formação – as fábricas não demandam esse tipo de conhecimento que é oferecido nas escolas. Eu acho que deveria haver um vínculo maior entre a realidade das empresas com aquilo que é ensinado na escola.

- 2. Quais disciplinas devem ser priorizadas no ensino de engenharia, tendo em vista a formação de bons projetistas? (Ciências dos materiais, disciplinas de projeto, CAD, disciplinas de raciocínio analítico puro...). Ou, por outro lado, seria a visão global do conhecimento da engenharia que definiria o bom projetista?**

O que deveria ser priorizado é o espírito empreendedor, e o contato com a realidade. As disciplinas que deveriam ser priorizadas são aquelas que formam a capacidade de raciocínio – cálculo, equações diferenciais, resistência dos materiais – o resto, as disciplinas expositivas, você aprende depois. Não tem sentido ensinar CAD para o aluno; isso ele é capaz de aprender por conta própria depois. O engenheiro que tem os conceitos básicos se adapta a qualquer situação – inclusive pode trabalhar fora da área de engenharia; aquele que só sabe tecnologia fica obsoleto rapidamente. Nos EUA, o curso de engenharia é mais curto, porque ele se concentra sobre aquilo que é a essência, e as particularidades são ensinadas ao engenheiro pelas empresas, depois de formado. Uma outra distorção que ocorre no Brasil é que as fábricas querem contratar um engenheiro recém-formado, mas não querem investir nele, querem que ele saia da escola com uma formação completa. O recém-formado tem que ficar dois ou três anos aprendendo a tecnologia da empresa.

- 3. Quais são os conhecimentos não específicos da engenharia que podem ser de maior utilidade para um projetista (administração, economia, logística, marketing, vendas...)?**

O estudante de engenharia tem de ter conceitos básicos desses assuntos, para entender como funciona a administração das empresas, mas não adianta ficar gastado muito tempo com isso, porque o que interessa é que ele saia da escola com o

conhecimento básico da engenharia, e com uma noção de administração. Quando ele começar a trabalhar, ele vai ser engenheiro; talvez depois de uns dois anos, ele venha a ser um chefe, e comece a precisar desses conceitos, mas é só ele ler um livro e pronto. Os engenheiros recém-formados não vão trabalhar nessas áreas. Depois de dez anos de formado, se você achar que engenharia não tem mais sentido, e quiser ter uma visão mais estratégica da empresa, você pode fazer um curso de marketing, mas até então, ficar estudando, gastando memória e tempo para quem sabe, um dia, utilizar esse conhecimento é inútil. Eu acho que o curso de engenharia deveria dar uma pincelada superficial sobre administração, economia, logística, e que esses assuntos deveriam ser introduzidos com mais profundidade no trabalho, quando fosse necessário conhecê-los.

**4. Qual é a sua visão sobre a importância do conhecimento humanístico (não técnico) para a formação do bom projetista? Qual tipo de conhecimento parece importante a você?**

O conhecimento humanístico é importantíssimo, se você considerar que não se consegue fazer nada sozinho. O seu sucesso profissional depende fundamentalmente da sua capacidade de se relacionar com os outros e convencê-los a seguir as suas instruções. Você tem que convencer as pessoas de que o seu problema é o problema delas, para canalizar os esforços dessas pessoas para o seu objetivo. Nem todo o mundo têm naturalmente a habilidade de lidar com as pessoas dessa forma, mas se você é consciente das suas limitações, você pode trabalhar para superá-las, com um pouco de conhecimento de Psicologia, cursos de oratória, grupos de teatro, etc.

**5. Como desenvolver habilidades de projeto através de atividades não-acadêmicas**

**(visitas a escritórios de projeto, treinamento para a comunicação verbal e/ou escrita, estímulo ao trabalho em grupo...)?**

Eu acho que as visitas são importantes, o contato com gente que trabalha na área é importante, para que o estudante sinta um estímulo para se desenvolver dentro da carreira de engenharia. Mas essas atividades devem ser encaradas de uma forma agradável, para deixar os alunos à vontade, e não como uma obrigação.

**6. Quais foram os fatores que o levaram a dedicar-se ao projeto e não a qualquer outra área da engenharia?**

Desde criança, houve uma atração natural pela atividade de projeto. Mas eu conheço pessoas que, embora não tenham manifestado essa afinidade precocemente, converteram-se em ótimos profissionais. O que aconteceu no meu caso é que meu pai era técnico, e minha casa estimulava esse tipo de curiosidade; meu pai consertava televisores, posteriormente montou uma fábrica. Eu sempre tive interesse por me envolver nesse tipo de atividade.

**7. Projetistas são natos ou podem ser treinados?**

Eles podem ser treinados, com certeza. [Eu ouvi outros engenheiros afirmarem que, com o treinamento adequado, qualquer um pode tornar-se um bom projetista, mas que aquele que se destaca nessa atividade é o que tem um fator pessoal inquantificável – uma espécie de vocação] Concordo; na realidade existe um diferencial que separa, por exemplo, o “tocador de piano” esforçado e competente do pianista – aquele que tem paixão pelo que faz. Esse nunca vai ser frio a respeito do assunto; ele é integralmente dedicado, gasta noites sem dormir para atingir um resultado melhor. Uma boa equipe é formada por pessoas que receberam o treinamento adequado, e algumas outras que têm paixão pelo que faz.

**Transcrição N.º 2: Engenheiro Bóris Zampese**

## **PARTE 1 – CARACTERIZAÇÃO DO ENTREVISTADO**

1. Nome: Bóris Zampese
2. Faculdade cursada: Escola Politécnica
3. Formado em: 1966
4. Cursos adicionais: cursos de especialização e mestrado
5. Cargo ocupado atualmente: sócio da empresa Zampese Projetos
6. Tempo de experiência com projeto: 47 anos

## **PARTE 2 – LEVANTAMENTO DA METODOLOGIA EMPREGADA**

1. **Quais são as informações recebidas como input pelo engenheiro para executar um projeto? Qual é o resultado final do trabalho do projetista? Qual o grau de integração entre projeto e fabricação durante o processo de projeto?**

Para que serve o projeto? O que a sociedade vai ganhar com esse projeto? Se não se puder responder a essas duas questões, não vale a pena começar a fazer o projeto. O resultado final do trabalho do projetista é a remuneração, que pode ser em dinheiro ou não, pode ser uma recompensa pessoal. Na Escola Politécnica, por exemplo, eu pago para trabalhar. O resultado final que obtenho é satisfação. [Mas na empresa do Sr., por exemplo, o resultado final é o produto construído?] Sim; a minha empresa se destina a projetar e construir as máquinas. Quanto ao grau de integração entre projeto e fabricação durante o processo de projeto, a rigor é nenhum; o que deve ser dito é que o projetista deve conhecer os métodos de fabricação para poder projetar. Não é possível que um projetista tenha que verificar se é possível construir algo que tenha projetado. Ele deve saber tempos e métodos, ainda na prancheta, ou no computador.

**2. O trabalho de projeto é feito em equipe ou individualmente? Se é feito em equipe, como se administram as contribuições dos diferentes membros?**

Sempre em equipe, não existe o trabalho individual, a não ser quando se trata de uma pesquisa. Um projeto em uma empresa nunca é feito individualmente. Para administrar as contribuições, existe um líder, que distribui tarefas e controla a equipe. [É ele quem faz a seleção entre as diferentes idéias dos membros da equipe sobre aspectos do projeto?] Sim; ganha quem tem a menor relação custo-benefício.

**3. Qual a seqüência de etapas seguida na prática na elaboração de um projeto?**

[Referindo-se à seqüência de passos sugerida nos livros de metodologia de projeto, em linhas gerais composta por reconhecimento da necessidade, geração de idéias, seleção de idéias, projeto executivo] Não existe outra coisa a fazer senão isso. [Essa seqüência seria então uma formalização daquilo que é o bom-senso sobre como conduzir o projeto?] Sim. Os erros que eu cometo também são revistos; eu nunca consigo fazer um projeto sem erros. Quando eu detecto os erros, no meio do processo, eu os corrijo e imediatamente começo a reiteração do projeto.

**4. Como se estabelecem os critérios de seleção de idéias utilizados para filtrar o conjunto inicial de possíveis produtos?**

Eu sempre começo o projeto com o produto definido; tenho que saber o que eu vou projetar. O que se pode alterar são pequenos detalhes, a abordagem sobre como conduzir o projeto. Se não se determinar o produto, não se pode prever o processo. Tendo as especificações de projeto, desenvolve-se uma idéia básica, levantam-se os custos, para verificar se os orçamentos iniciais correspondem a lucro no fim do



projeto e, à medida que esse estudo caminha, se for possível melhorar a relação custo-benefício, investe-se nessa idéia.

**5. Qual o processo utilizado para manter controle sobre o tempo alocado para cada fase do desenvolvimento do produto?**

Pela minha experiência, eu determino a quantidade de tempo que eu creio que será necessária para fazer o projeto completo, e que será gasta em cada parte do projeto.

[O Sr. faz um cronograma, então?] Sim, eu tenho que fazer um cronograma para o projeto. [Os livros de metodologia de projeto recomendam sempre o método de PERT/CPM para controlar o tempo alocado para as fases do projeto] Você pode usar qualquer método. Eu me preocupo sempre com o gargalo, porque é onde a produção pode encontrar problemas. [O Sr. aloca uma certa reserva técnica de tempo para o gargalo?] Exatamente.

**6. Quais os pontos que se deve levantar na análise de viabilidade de um produto potencial?**

É feita uma análise técnica e financeira para verificar se eu tenho homens para fazer o projeto e executá-lo, o que eu tenho de recursos financeiros para executar o projeto, o que eu tenho de recursos técnicos - equipamento - para executar o projeto e, por fim, verificar se ele dá lucro ou não.

**7. Na prática, há algum tipo de orientação para que os projetistas consigam superar o problema de barreiras à criatividade?**

Sim; todo o ambiente que rodeia o funcionário é levado em consideração para avaliar como melhorar o seu desempenho no serviço. Aqui na minha empresa eu inclusive

desenvolvi um programa de conversa com os funcionários. Você tem que conversar com a pessoa e fazer com que ela desenvolva o seu trabalho, de maneira muito simples. Eu posso pedir que você encontre três soluções para o mesmo problema. Para desenvolver a criatividade só tem um jeito: fazendo o projeto.

### **PARTE 3 – FORMAÇÃO DE PROJETISTAS NOS CURSOS DE ENGENHARIA**

- 1. Qual é a sua visão sobre o nível dos profissionais que estão sendo formados atualmente na área de engenharia? Quais são os principais pontos fortes e fracos desses profissionais?**

Eu conheço a Escola de Engenharia Mauá e a Escola Politécnica; o nível aí é bom. Eu acho que esses são os dois melhores cursos de graduação, entre os que eu conheço. Quanto aos pontos fortes, nessas duas escolas, e particularmente na Politécnica, eu tenho alunos com QI elevadíssimo. A matéria prima que eu recebo na Escola Politécnica é excelente, e assim posso exigir um desempenho muito melhor do que de estudantes de outras escolas. Não vejo nenhum ponto fraco; se existe um ponto fraco na formação de um engenheiro, o culpado é o professor, não a Escola ou o aluno. Na Escola Politécnica, não há pontos fracos. [O que normalmente se critica na Escola Politécnica é que o enfoque acadêmico é excessivamente enfatizado, deixando de lado o aspecto prático da engenharia] Mas a culpa é do professor; o aluno da Escola Politécnica tem condições de fazer qualquer coisa. Se um enfoque mais balanceado for oferecido, o aluno será capaz de acompanhar, e vai adquirir uma boa formação prática.

- 2. Quais disciplinas devem ser priorizadas no ensino de engenharia, tendo em**

**vista a formação de bons projetistas? (Ciências dos materiais, disciplinas de projeto, CAD, disciplinas de raciocínio analítico puro...). Ou, por outro lado, seria a visão global do conhecimento da engenharia que definiria o bom projetista?**

O projetista precisa ter uma visão global, senão ele não faz nada, e ao mesmo tempo, precisa de todas essas disciplinas, e de outras coisas mais – o enfoque dado durante o aprendizado. Por exemplo, não se pode pensar em vibrações apenas em termos de raciocínio analítico puro; quando se estuda vibrações, tem-se que por uma mola vibrando, deixar o aluno ver essa mola e determinar os seus harmônicos, e não apenas ficar preso ao estudo das equações diferenciais.

**3. Quais são os conhecimentos não específicos da engenharia que podem ser de maior utilidade para um projetista (administração, economia, logística, marketing, vendas...)?**

Os alunos que eu conheço do curso de graduação em engenharia não têm condições de ficar discutindo isso. Nem a grande maioria dos professores da Poli. Eu, por exemplo, não saberia conversar com você sobre administração, economia, logística, marketing e vendas, na idade de 18 a 26 anos. Se os alunos saírem da Escola Politécnica engenheiros com uma boa noção de custos, a indústria já agradece. Não é necessário saber mais nada além disso.

**4. Qual é a sua visão sobre a importância do conhecimento humanístico (não técnico) para a formação do bom projetista? Qual tipo de conhecimento parece importante a você?**

Como professor de um aluno que está cursando engenharia mecânica, eu digo que

não é preciso saber nada de conhecimento humanístico. Eu estou formando um projetista; se eu quisesse formar alguém com conhecimentos de Psicologia, daria aulas na Psicologia – aí, só interessa o conhecimento humanístico, ou basicamente o conhecimento humanístico. Na engenharia, você não precisa ficar preocupado com isso. Você, como ser humano, tem a obrigação de saber essas coisas.

**5. Como desenvolver habilidades de projeto através de atividades não-acadêmicas (visitas a escritórios de projeto, treinamento para a comunicação verbal e/ou escrita, estímulo ao trabalho em grupo...)?**

A visita no máximo desenvolve a curiosidade do aluno sobre algum ponto específico; o que é realmente necessário para formar projetistas é fazer estágio, porque aí o aluno vai por a mão na massa, vai fazer um projeto, vai ter um problema para resolver. A visita, para ter alguma utilidade, deve ser feita em grupos de cinco alunos, no máximo, e um monitor na frente deles, como eu, o Renato Carneiro e o Hélio Nani fazíamos com os alunos em fábricas de rolamentos. Aí se pode mostrar como são feitas as operações de usinagem das peças produzidas. De outras forma, a visita serve apenas para observar curiosidades.

**6. Quais foram os fatores que o levaram a dedicar-se ao projeto e não a qualquer outra área da engenharia?**

Necessidade de sobrevivência. E para sobreviver, naquela época, era preciso ser melhor do que hoje. Atualmente, qualquer um que comece a fazer um projetinho tem serviço e ganha dinheiro. Quando eu comecei, era preciso fazer projetos, realmente, e os recursos de tecnologia não eram tão desenvolvidos. [Mas o Sr. escolheu fazer projetos por afinidade com a atividade de criação?] No meu caso não

foi bem assim; o gosto pela coisa veio naturalmente, mas eu comecei a projetar porque eu precisava fazer isso; o meu pai tinha um torno, uma plaina e uma furadeira, e desenvolvia máquinas para a indústria têxtil, e eu comecei a estudar para resolver problemas do projeto.

#### **7. Projetistas são natos ou podem ser treinados?**

Podem ser treinados, é claro; o que as pessoas chamam de projetista nato é o indivíduo que tem uma facilidade de traços – ele desenha um pouco melhor. Eu acredito que todos podem ser treinados para tudo, a menos que você precise de um desenvolvimento físico. Qualquer um faz projeto, é só se dedicar. A pessoa tem de ter uma motivação. [O que eu tenho ouvido nas entrevistas é que, de fato, qualquer um pode fazer projeto, mas que o indivíduo que se destaca nessa atividade é aquele que recebeu o treinamento adequado e possui um fator pessoal não quantificável – uma afinidade natural com o projeto] O que diferencia um bom projetista de outro não tão bom é dedicação, mesmo. A dedicação a que me refiro é integral. É um hábito meu, nos finais de semana, ficar pensando em projeto; para mim é lazer. Veja, a cada instante eu estou fazendo um projeto, e isso me dá muito prazer. Eu consigo resolver problemas cinemáticos dos projetos enquanto durmo. Eu vivo projeto, faço isso com mais dedicação do que os outros, e é só.

**Transcrição N.º 3: Engenheiro Márcio Lucato**

## **PARTE 1 – CARACTERIZAÇÃO DO ENTREVISTADO**

1. Nome: Márcio Lucato
2. Faculdade cursada: Escola Politécnica - engenharia mecânica
3. Formado em: 1971
4. Cursos adicionais: especialização em administração da produção - FGV
5. Cargo ocupado atualmente: professor da E. E. Mauá; até o ano passado: diretor de unidade de uma empresa de embalagens.
6. Tempo de experiência com projeto: projeto de máquinas - 10 anos; projeto de instalações - 18 anos.

## **PARTE 2 – LEVANTAMENTO DA METODOLOGIA EMPREGADA**

1. **Quais são as informações recebidas como input pelo engenheiro para executar um projeto? Qual é o resultado final do trabalho do projetista? Qual o grau de integração entre projeto e fabricação durante o processo de projeto?**

[Referindo-se a um determinado projeto com o qual esteve envolvido] Coube a nós, [da área] de projeto, fazer um questionário para tirar do pessoal de vendas as informações necessárias para começar o projeto. Qual é o preço de venda do equipamento desejado? Qual é a capacidade de produção requerida? Qual é o tipo de produto que esse equipamento tem de produzir? Quais são as características que ele deve ter? As respostas para isso, exceto pelo preço, não são muito objetivas. O cliente, muitas vezes, deseja uma capacidade de produção incompatível com o preço estipulado para o equipamento, e deseja que o produto tenha uma qualidade maior, que ele mesmo não sabe definir. Para obter as informações para um projeto, certa

vez, fizemos uma análise do equipamento de uma empresa concorrente para determinar os seus pontos fortes e fracos. O projeto foi elaborado procurando manter os pontos fortes e melhorar as características em que ele era deficiente, dentro da faixa de recursos disponibilizada pelo cliente. Gastamos um ano, aproximadamente, nessa fase de coleta de informações para poder iniciar o projeto. O resultado final do projeto é uma máquina que funcione. É claro que a etapa inicial é a construção de um protótipo, que ainda possui muitos defeitos, que vão sendo eliminados, para se chegar à versão final do equipamento. Alguns defeitos, inclusive, vão permanecer na versão final, porque não se pôde prevê-los no protótipo; algumas peças vão quebrar por fadiga, ou por desgaste acelerado muito antes do esperado. É um processo contínuo de aperfeiçoamento; a partir do instante em que você construiu a primeira máquina, você não pode parar, tem que continuar sempre fazendo melhorias no projeto. O grau de integração entre projeto e fabricação durante o projeto depende da empresa, do projetista, da política desenvolvida. Todo projetista consciente deve ter um alto grau de integração com o pessoal de fabricação. Essa integração não é fácil de obter; a quantidade de informações que se recebe como resposta a ela é enorme; existe uma tendência do pessoal de fabricação de criticar o pessoal de engenharia. A organização dos departamentos de projeto normalmente é assim: há um responsável pelo projeto, engenheiros de projeto, projetistas e desenhistas; esses últimos, via de regra, não gostam de descer à fábrica, devido à rivalidade entre o pessoal de fabricação e o pessoal de projeto. Cabe ao responsável pelo projeto quebrar esse hiato e conseguir ir à fábrica pegar as informações pertinentes. Essa integração é importante, tem de ser feita, e não é muito fácil, por razões comportamentais.

## **2. O trabalho de projeto é feito em equipe ou individualmente? Se é feito em**



**equipe, como se administram as contribuições dos diferentes membros?**

Em grupo; só para exemplificar, uma das máquinas em cujo projeto eu estive envolvido custou 4.000 horas de trabalho -- imagine 4.000 horas de trabalho de uma só pessoa. Além disso, o engenheiro, em geral, é um mau desenhista. Cada pessoa tem habilidade numa determinada área. Mesmo para desenvolver mecanismos, ajeitar a montagem, às vezes o projetista faz mais rápido e melhor do que o engenheiro. Quanto a administrar as contribuições, isso é feito de uma forma natural; cada um tem o seu papel a fazer. Os conceitos ficam a cargo do engenheiro; é claro que pode haver uma realimentação entre os elementos da equipe -- se o projetista acha que o que o engenheiro pediu para ser feito é muito difícil, ele pode sugerir alternativas, que o engenheiro pode aceitar ou não.

**3. Qual a seqüência de etapas seguida na prática na elaboração de um projeto?**

Em primeiro lugar, deve-se definir o produto, completamente. Qual é a finalidade última dele? O que é mais importante? Não importa o preço, eu vou produzir um equipamento tecnicamente fantástico? Se eu vou mandar um foguete para a lua, eu não estou interessado no custo, mas sim em que ele atinja o objetivo. Se você vai fazer um equipamento que deve encontrar um lugar em um mercado, você deve se preocupar com o preço dele. A primeira etapa é qualificar o que se quer projetar. Qual é a finalidade do produto, quem vai usar, qual o mercado a que se destina, qual o preço de venda no mercado, com quem você vai competir. Tem-se que fazer a definição máxima dos requisitos do projeto. A seguir, deve-se fazer uma definição técnica, para cumprir os objetivos citados. Depois disso é que se pode começar a fazer um anteprojeto -- um esboço geral do equipamento. Depois de discutir o anteprojeto, é desejável fazer um pré-orçamento, para manter um primeiro controle

sobre o projeto, para verificar se você vai fazer alguma coisa que esteja em linha com o preço de venda. Com o anteprojeto, já é possível fazer um orçamento, com um grau de precisão menor do que aquele que se faz com o projeto terminado, mas que serve para fazer uma avaliação e proceder a uma correção de rota, se necessário. A etapa seguinte é o projeto em si, o detalhamento; cada subconjunto vai ser detalhado, vão ser projetadas as peças todas, vão ser definidos todos os componentes comerciais, dimensionados os componentes mecânicos, escolhidos os motores, sensores; enfim, fazer o detalhamento completo de forma a produzir um conjunto de desenhos e uma lista de materiais para que a máquina possa ser produzida. Após isso, se faz uma segunda crítica ao projeto, um orçamento definitivo, para ver se você chegou aonde deveria; se não for o caso, o projeto deve ser retrabalhado, porque ele está numa faixa de soluções financeiramente inviáveis. Agora o projeto está pronto para fabricar. A primeira máquina que for encomendada vai dar prejuízo, porque ela é vendida a um preço que se espera produzir em série, mas na verdade, depois de construído o protótipo, ainda serão gastas muitas horas de projeto a mais para tirar os seus defeitos. A última fase do projeto corresponde a construir, testar e desenvolver o protótipo.

#### **4. Como se estabelecem os critérios de seleção de idéias utilizados para filtrar o conjunto inicial de possíveis produtos?**

Em 99% dos casos, o que se faz [para desenvolver um novo produto] é descobrir o que o seu concorrente faz -- e aperfeiçoar. Copie o que for possível copiar fugindo do problema de patentes, e faça mais barato. O industrial não quer se vangloriar de ser original, ele quer ganhar dinheiro. Se ele pode ganhar dinheiro fazendo um projeto a um custo baixo copiando a concorrência, é o que ele fará. Todos os filtros do projeto

são basicamente ditados pela experiência; a crítica deve ser feita em função daquilo que você está fazendo, tendo em vista a qualidade necessária àquilo que você está fazendo.

**5. Qual o processo utilizado para manter controle sobre o tempo alocado para cada fase do desenvolvimento do produto?**

O projeto de máquinas não possui tantas fases que seja necessário utilizar um método como o PERT/CPM. O maior problema é manter o número de horas de desenho dentro do estimado. Sempre gasta-se mais do que o estimado; o quanto a mais depende da maneira como é gerenciado o projeto. O nível de familiaridade com o projeto também é de grande importância; se você vai projetar uma máquina que guarda semelhança com algo que você já projetou antes, você sabe estimar com mais precisão o tempo necessário. Se o projeto é algo que você desconhece o grau de dificuldade, desconhece quanto tempo o projetista vai ficar na tela do computador tentando encaixar duas coisas, é difícil que o controle do tempo seja bom. [Nas empresas, então, o que se faz é um controle informal do tempo gasto?] Não, o que se faz é, no mínimo, manter um bom monitoramento do tempo, apropriar continuamente as horas gastas no projeto. Quando se trata de projeto de uma instalação, construção de uma fábrica, aí sim o CPM é utilizado.

**6. Quais os pontos que se deve levantar na análise de viabilidade de um produto potencial?**

No caso de produtos inovadores, não sei responder a essa pergunta; nunca participei de um projeto em que alguém tivesse uma idéia genial e quisesse saber se ela seria aceita pelo mercado ou não. Quando se quer analisar a viabilidade de um produto,

deve-se descobrir se o consumidor [observe que se fala se um cliente industrial] está disposto a pagar o seu custo -- se ele vai ter um retorno suficiente do capital investido em comprar o seu produto.

**7. Na prática, há algum tipo de orientação para que os projetistas consigam superar o problema de barreiras à criatividade?**

Isso é difícil de responder; a criatividade, de maneira geral, é algo muito pessoal -- há pessoas que tem mais, outras que tem menos. Existe uma série de técnicas que o pessoal ligado à administração da produção utiliza para evitar limitações, e depende das pessoas buscar ajuda nessa questão. Há muitos cursos e literatura sobre esse assunto. Eu acho que é possível treinar o indivíduo nesse sentido, para evitar o cerseamento da criatividade.

**PARTE 3 – FORMAÇÃO DE PROJETISTAS NOS CURSOS DE ENGENHARIA**

**1. Qual é a sua visão sobre o nível dos profissionais que estão sendo formados atualmente na área de engenharia? Quais são os principais pontos fortes e fracos desses profissionais?**

O ensino da engenharia tem mudado, tenta-se formar um profissional mais holístico, aquele que tem uma formação mais geral, oferecendo os conceitos para que ele possa se desenvolver nos pontos mais específicos. No que se refere aos profissionais, aqui na escola [E. E. Mauá], temos observado uma desmotivação, causada, ao que parece, pela perda de importância que a engenharia sofreu com a abertura do mercado. Eu não tive, nos últimos tempos, contato com profissionais recentemente formados, para poder avaliar se o nível está bom ou ruim; o meu

contato é com o pessoal que eu vejo aqui na escola, e motivá-los está sendo difícil.

- 2. Quais disciplinas devem ser priorizadas no ensino de engenharia, tendo em vista a formação de bons projetistas? (Ciências dos materiais, disciplinas de projeto, CAD, disciplinas de raciocínio analítico puro...). Ou, por outro lado, seria a visão global do conhecimento da engenharia que definiria o bom projetista?**

Quando se fala em projetista de máquinas, não se pode abrir mão de ter conceitos muito sólidos em disciplinas de projeto, como mecânica, dinâmica das máquinas, construção de máquinas, resistência dos materiais; isso tem que estar muito bem fixado no seu conhecimento, ou então você sempre vai começar a projetar máquinas que não funcionam, o que é um problema, porque você vai estar perdendo tempo e dinheiro com projetos que, desde antes, poderia saber que não funcionariam. Hoje em dia, é cada vez mais importante que o engenheiro aprenda os recursos disponíveis de informática, e que eu acho que hoje se ensina pouco; essa área poderia ser mais enfatizada. Quanto ao conhecimento global, não se pode separar uma coisa de outra; o projetista tem fundamentalmente que ter uma curiosidade. Ele tem de estar disposto a, em todas as coisas que ele vê, enxergar o que existe por trás, e isso está ligado à visão global que ele tem. Não se pode saber tudo, e as áreas nas quais ele não é especialista, ele deve procurar ter um conhecimento superficial, pelo menos.

- 3. Quais são os conhecimentos não específicos da engenharia que podem ser de maior utilidade para um projetista (administração, economia, logística, marketing, vendas...)?**

O engenheiro tem de ser um administrador; não há como não ser. Antigamente, os engenheiros faziam piadas sobre marketing; hoje em dia, ele tem que entender os fundamentos do marketing, porque isso vai ter reflexo na atividade dele. Dentro do conceito de que ele deve ter uma visão holística, do todo, em todas essas áreas ele deve ter interesse, com níveis de profundidade variáveis, porque ninguém é especialista em tudo, mas ele tem que ter uma visão geral, se interessar pelos outros conhecimentos.

**4. Qual é a sua visão sobre a importância do conhecimento humanístico (não técnico) para a formação do bom projetista? Qual tipo de conhecimento parece importante a você?**

No mínimo, o engenheiro deve levar em conta que ele vai projetar uma máquina que vai ser construída e operada por seres humanos, e que ele vai trabalhar com uma equipe ligada a ele. Não existe mais espaço no mercado para aquele sujeito que é bom no que faz, mas é difícil de se relacionar com os outros. Você tem que trabalhar em grupo, sempre. Não existe mais a figura da primadonna; ele vai fazer muito pouco, se não souber se integrar com outras pessoas e formar uma equipe que desenvolva uma sinergia.

**5. Como desenvolver habilidades de projeto através de atividades não-acadêmicas (visitas a escritórios de projeto, treinamento para a comunicação verbal e/ou escrita, estímulo ao trabalho em grupo...)?**

Creio que o engenheiro projetista deva ser essencialmente curioso, deve se interessar em saber como funcionam mecanismos e dispositivos não conhecidos com os quais se depara ao longo de seu dia a dia, sua vida normal. Para que as

idéias (soluções para problemas de projeto) surjam no momento em que elas são necessárias é preciso que o projetista tenha na sua memória uma “biblioteca de mecanismos” de forma que ele possa combinar, modificar, adaptar mentalmente objetos de sua biblioteca criando uma solução para sua necessidade. Nesse sentido visitas a feiras e exposições são fundamentais, “ler” publicações do tipo NEI, P&S etc. (são publicações destinadas a venda de máquinas e equipamentos) ajuda a manter-se atualizado com o que existe disponível no mercado.

**6. Quais foram os fatores que o levaram a dedicar-se ao projeto e não a qualquer outra área da engenharia?**

Talvez o desejo de criar, a vontade de realizar. O prazer que você sente realizando as coisas é um elemento importante. Há pessoas que sentem mais prazer com o poder -- vou administrar, vou mandar -- outras sentem mais prazer em criar. Talvez seja isso. Eu gosto de desenvolver, de criar, de começar a desenvolver uma idéia, colocar no papel, ver os desenhos surgirem, as peças sendo feitas, a máquina sendo montada, ela começar a trabalhar. É muito interessante a hora que a máquina está funcionando, depois de passar por um monte de problemas no desenvolvimento.

**7. Projetistas são natos ou podem ser treinados?**

Existem pessoas que tem mais facilidade para a música, outras para o esporte, para a técnica, outras para criar e desenvolver mecanismos. Tudo pode ser treinado, mas alguém que tenha inspiração vai chegar aos resultados mais facilmente, ou talvez produza algo melhor do que alguém que seja simplesmente dedicado. Talvez a inspiração faça menos diferença [O Sr. diria que, em grande parte, a habilidade de projeto pode ser treinada, e que o diferencial seria uma característica natural da

pessoa?] Sem dúvida, como em qualquer outra atividade. Para ser o melhor do mundo, você tem que ter um biotipo adequado, uma formação intelectual, mental e emocional adequada, tem que estar tudo canalizado para aquilo, mas para ser um profissional classe A, sem dúvida nenhuma, você pode treinar e chegar lá, desde que tenha um mínimo de interesse.



**Transcrição N.º 4: Engenheiro Marcos Saloto**

### **PARTE 1 – CARACTERIZAÇÃO DO ENTREVISTADO**

1. Nome: Marcos Antônio Saloto
2. Faculdade cursada: Escola Politécnica
3. Formado em: 1981
4. Cursos adicionais: mestrado incompleto na Escola Politécnica
5. Cargo ocupado atualmente: diretor de sua própria empresa de projeto e fabricação de produtos promocionais.
6. Tempo de experiência com projeto: 21 anos.

### **PARTE 2 – LEVANTAMENTO DA METODOLOGIA EMPREGADA**

- 1. Quais são as informações recebidas como input pelo engenheiro para executar um projeto? Qual é o resultado final do trabalho do projetista? Qual o grau de integração entre projeto e fabricação durante o processo de projeto?**

No meu caso específico, é muito genérico; às vezes, eu não recebo informação alguma, eu gero minhas próprias informações, imagino o que o meu cliente possa querer e com isso eu começo a trabalhar no produto. Em resumo, o que eu preciso saber é quem é o público-alvo do produto, quais as especificações que o produto tem de atingir (resistência, condições de uso -- clima, ataque químico --, o fator estético, qual o tipo de decoração a ser utilizado). Quando recebo informação, em geral é o prazo para entrega, quantidade desejada e custo máximo por unidade. O resultado final do trabalho é o produto materializado, entregue; no meu caso, tenho que pensar até na forma de distribuição -- como o produto vai chegar ao consumidor do meu cliente. Na minha empresa, usa-se uma metodologia de engenharia integrada; como a

empresa é relativamente pequena, é até fácil de colocar isso em prática, porque eu sempre pensei nos projetos em termos de engenharia integrada; eu nunca penso num produto sem pensar nos processos de fabricação que serão utilizados. Nunca houve um caso em que não tenha sido possível definir o processo de fabricação na faixa de custos adequada ao cliente.

**2. O trabalho de projeto é feito em equipe ou individualmente? Se é feito em equipe, como se administram as contribuições dos diferentes membros?**

É feito em equipe. A maior dificuldade encontrada em qualquer empresa de projeto no Brasil é a coordenação da equipe. Apesar da departamentalização da minha empresa, todo mundo está envolvido e sabe tudo o que está acontecendo, mesmo o pessoal administrativo, que já prevê que tipo de transporte será necessário ao produto, para custear o frete, etc. A dificuldade em administrar as contribuições dos membros ocorre porque o Brasil é fraco em pessoal especializado; não se cria nada inovador no Brasil. Os donos das empresas sempre se contentaram em copiar integralmente -- e mal-feitos -- os produtos estrangeiros, e isso, com relação à formação do pessoal, faz com que os profissionais não tenham experiência para desenvolver o seu próprio trabalho, aquilo que eles foram treinados para fazer. Essas pessoas acabam não sendo capazes de realizar nem a sua parte do trabalho totalmente; elas precisam de ajuda individual para realizar cada etapa do trabalho. Por esse motivo, é fundamental que haja um elemento coordenador com uma formação técnica e teórica muito forte para poder auxiliar cada elemento da equipe a conduzir a sua parte até o fim e para coordenar o trabalho entre os vários elementos da equipe.

### **3. Qual a seqüência de etapas seguida na prática na elaboração de um projeto?**

Geração de idéias, seleção da melhor idéia, análise de viabilidade técnica e financeira, análise de viabilidade fiscal, inclusive. A viabilização financeira do projeto envolve inclusive o planejamento de como será o débito de impostos. Esta é outra dificuldade na coordenação de projetos nesse país. O coordenador tem de ter uma visão administrativa, de custos, de legislação tributária e fiscal muito forte, para que ele não corra riscos de usar uma metodologia que, aos olhos do fisco, pareça um recurso de sonegação, por exemplo. O que se utiliza intuitivamente é a espiral de projeto; uma vez terminada a seqüência usual do processo de projeto, passa-se a uma revisão de cada uma das fases, que pode ou não ser alterada. Cada vez que se reinicia o processo, passa-se a um nível mais profundo. Com um determinado número de passagens pela espiral, o produto se torna viável econômica e mercadologicamente.

### **4. Como se estabelecem os critérios de seleção de idéias utilizados para filtrar o conjunto inicial de possíveis produtos?**

Na minha empresa, que tem uma visão de marketing muito forte, é muito difícil filtrar idéias; nós temos um volume de idéias novas -- e viáveis -- muito grande, que alimenta um banco de idéias. Filtrar é muito difícil, porque você gosta de todas as idéias, e sabe que o seu senso crítico é apurado; é muito difícil escolher o que oferecer para cada cliente. Outro problema é que os nossos clientes não estão preparados para fazer uma avaliação de idéias conosco; eles tem de ser dirigidos, e nós adotamos a estratégia de apresentar um produto de cada vez; se o cliente aprova a idéia, nós esquecemos o resto e nos concentramos naquele produto.

### **5. Qual o processo utilizado para manter controle sobre o tempo alocado para**

**cada fase do desenvolvimento do produto?**

Hoje existem várias ferramentas baseadas em PERT/CPM para coordenação do tempo de projeto, mas elas são necessárias apenas em grandes empresas, em que nos projetos há várias equipes interligadas. Da minha experiência, eu sei que acaba-se gastando muito tempo planejando e replanejando esses tempos. Além disso, na criação e no desenvolvimento do produto é muito difícil você alocar um tempo específico. A formalização da alocação do tempo só é adequada a grandes empresas, no projeto de um avião, por exemplo. Para projetos menores, é suficiente que se tenha uma visão clara das etapas e que o coordenador de projeto esteja seguindo a situação dessas etapas. Com um controle muito formal, você pode acabar gastando, na tentativa de controlar tudo, uma quantidade de dinheiro muito maior do que os benefícios resultantes.

**6. Quais os pontos que se deve levantar na análise de viabilidade de um produto potencial?**

O mercado; deve-se verificar se existe um cliente disposto a te pagar por algo que você consiga produzir com rentabilidade. A viabilidade é o mercado. A conta a ser feita é a seguinte: o preço que o cliente está disposto a me pagar, menos os custos que o produto e o processo de fabricação vão ter é o lucro que eu posso ter. Deve-se manter isso na cabeça 100% do tempo. Anos atrás, pensava-se que o custo do produto, mais o lucro desejado dava o preço de venda, mas isso mudou. Os mercados andam muito nervosos. Qualquer aumento de preço implica numa queda brutal das vendas, e portanto, hoje o lucro é a grande variável. Se as estimativas do tempo e dos custos da produção forem malfeitas, esse lucro torna-se prejuízo muito facilmente.

**7. Na prática, há algum tipo de orientação para que os projetistas consigam superar o problema de barreiras à criatividade?**

Engenheiros, projetistas e técnicos em geral são conhecidos por possuírem zero de criatividade; eu não acredito nisso, mas alguns engenheiros fazem jus a esse rótulo. O grande segredo para projetistas é ter muita criatividade, inclusive nos processos de fabricação. Nesta empresa, inovou-se na metodologia de fabricação de moldes de plástico -- muita gente não consegue ver como fazemos moldes tão complexos a custos tão baixos. A idéia é não se prender às convenções, e usar generalidades; eu não tenho resistência a operar mudanças totais dentro da empresa -- já cheguei a fazer isso algumas vezes. Muitas vezes um processo de fabricação que não tem nada a ver, um produto que não tem nada a ver com o que você precisa podem fornecer conceitos a serem utilizados no seu produto em questão.

**PARTE 3 – FORMAÇÃO DE PROJETISTAS NOS CURSOS DE ENGENHARIA**

**1. Qual é a sua visão sobre o nível dos profissionais que estão sendo formados atualmente na área de engenharia? Quais são os principais pontos fortes e fracos desses profissionais?**

As escolas tem filosofias diferentes, que vão gerar engenheiros com características diferentes. A Poli tem como característica gerar engenheiros com uma forte base teórica, mas muito pouco experientes em coisas práticas -- processos de fabricação, projeto do produto propriamente. Isso tem vantagens e desvantagens. Eu estou convencido de que, na escola, é muito mais importante a teoria do que a prática; eu discordo que o aluno tem que ter uma experiência muito forte na área prática. É muito mais difícil, leva-se muito mais tempo para obter o conhecimento teórico do

que o prático. Além disso, para quem tem uma base teórica forte, é muito mais fácil entender o que acontece na vida real; o contrário é difícil. Quem só possui experiência prática dificilmente consegue entender qualquer modelagem teórica. Como ponto fraco, eu mencionaria a falta de uma cultura de desenvolver coisas novas e utilizar a criatividade, resultante da falta de mercado para projeto.

- 2. Quais disciplinas devem ser priorizadas no ensino de engenharia, tendo em vista a formação de bons projetistas? (Ciências dos materiais, disciplinas de projeto, CAD, disciplinas de raciocínio analítico puro...). Ou, por outro lado, seria a visão global do conhecimento da engenharia que definiria o bom projetista?**

As disciplinas mencionadas são fundamentais; não sei o que complementar. A escola é a fase da vida em que você deve fortalecer a sua formação teórica, como já mencionado, porque na vida prática dificilmente você terá essa oportunidade. Para que haja melhores engenheiros deve-se melhorar as condições do mercado de trabalho, estimulando a criação de produtos inovadores. O mercado hoje faz com que as escolas percam a sua visão de pesquisa e formem profissionais técnicos de nível superior para resolver problemas específicos e projetar a sujeira que os países desenvolvidos não querem projetar.

- 3. Quais são os conhecimentos não específicos da engenharia que podem ser de maior utilidade para um projetista (administração, economia, logística, marketing, vendas...)?**

Depende muito do perfil do engenheiro. Tenho amigos que jamais seriam capazes de conversar com um gerente de marketing, mas que são muito bons projetistas. Eu

acho que há espaço para tudo. Esses cursos -- administração, logística, marketing, economia -- são importantes se o seu perfil é relacionado a essas áreas. Se o sujeito tem a disposição profissional para ser técnico, ele tem mais é que fazer cursos de especialização na sua área de interesse; o problema é que é difícil encontrar seu espaço para ganhar dinheiro [na área técnica].

**4. Qual é a sua visão sobre a importância do conhecimento humanístico (não técnico) para a formação do bom projetista? Qual tipo de conhecimento parece importante a você?**

Isso é sempre importante, nem que seja apenas para que ele possa se relacionar dentro da própria equipe. Eu acho que isso não é mais uma questão de ser bom projetista ou não, é uma questão de formação pessoal, até para saber o que esperar da sociedade, participar dela, se enxergar dentro do seu contexto, ter visão global. Esse conhecimento, de qualquer forma, é importante porque fortalece a visão do mundo. No mínimo, ele ajuda você a se relacionar com a sua equipe.

**5. Como desenvolver habilidades de projeto através de atividades não-acadêmicas (visitas a escritórios de projeto, treinamento para a comunicação verbal e/ou escrita, estímulo ao trabalho em grupo...)?**

O que eu posso dizer é que 100% do que eu vejo fora da minha empresa, eu gravo. A visita é fundamental; engenheiros e projetistas nasceram para cumprir o seguinte papel na sociedade: como fazer, e observar na prática como as coisas são feitas é muito importante nesse sentido. Quanto à parte de comunicação e trabalho em grupo, esse é outro grande defeito dos engenheiros, porque em geral eles se comunicam muito mal. Sem uma comunicação clara, ele simplesmente não vai



conseguir passar o que ele quer. Trabalhar em grupo é fundamental para qualquer profissão, não apenas engenheiros.

**6. Quais foram os fatores que o levaram a dedicar-se ao projeto e não a qualquer outra área da engenharia?**

[Segui a carreira de engenheiro] Por afinidade com a área, porque eu gosto de fazer o que eu faço. Hoje não é muito esperto quem se dedica à área de projeto, porque ela não proporciona uma vida muito tranquila. Eu estou em engenharia porque eu gosto, estou em projeto porque eu tenho habilidade, experiência para isso, e a vida acabou me dando oportunidades para que eu tivesse mais habilidade nessa área, mas eu gosto de todas as áreas de engenharia -- térmica, estrutural, fluidos.

**7. Projetistas são natos ou podem ser treinados?**

Eles podem ser treinados, mas com certeza absoluta, os que vão se sobressair são natos. Eu não sei se o meio é muito importante. Você tem que ter a habilidade inata, e o meio te dá a oportunidade de exercitar essa habilidade. Eu acredito que a genética, a educação e o meio têm pesos equivalentes. Com o treinamento adequado, no meio adequado, o projetista nato vai se diferenciar.

**Transcrição N.º 5: Engenheiro Moyses Szajnbock**

## **PARTE 1 – CARACTERIZAÇÃO DO ENTREVISTADO**

1. Nome: Moyses Szajnbok
2. Faculdade cursada: Escola Politécnica
3. Formado em: 1965
4. Cursos adicionais: Doutorado na Escola Politécnica em 1972.
5. Cargo ocupado atualmente: Diretor de projetos e consultoria da PROMEC – Projetos Mecânicos, há 22 anos.
6. Tempo de experiência com projeto: 34 anos.

## **PARTE 2 – LEVANTAMENTO DA METODOLOGIA EMPREGADA**

- 1. Quais são as informações recebidas como input pelo engenheiro para executar um projeto? Qual é o resultado final do trabalho do projetista? Qual o grau de integração entre projeto e fabricação durante o processo de projeto?**

A informação varia muito dependendo do cliente; quando esse cliente é uma empresa bem organizada, com um departamento de engenharia, ele geralmente sabe muito bem o que quer; quando é uma empresa menor, ele em geral tem apenas uma idéia do que quer. Nesse caso, deve-se ouvir o cliente, levantar as pretensões dele e depois formalizar isso na forma de um escopo de projeto, que deve incluir todas as informações relevantes para a execução do mesmo. O grau de integração entre projeto e fabricação tem sido grande, porque há uma tendência no mercado, quando de fala em projeto, em entregar o objeto funcionando ao cliente, então, se você não produz, procura associação com empresas que produzem.

**2. O trabalho de projeto é feito em equipe ou individualmente? Se é feito em equipe, como se administram as contribuições dos diferentes membros?**

Em grupo. [O Sr. diria que o nível de complexidade dos projetos atuais é tal que não é mais possível fazê-los em grupo?] Não há uma regra geral; em princípio, mesmo os projetos simples que são uma realização fundamentalmente pessoal são revistos. Isso é um processo normal dentro da PROMEC. Não é que uma única pessoa não possa fazer o projeto, mas ela sempre submete o resultado à revisão dos outros.

**3. Qual a seqüência de etapas seguida na prática na elaboração de um projeto?**

Definição do escopo do projeto com o cliente, seguida de uma coleta de informações (todas as que são pertinentes ao projeto); a partir dessas informações, se pode elaborar as alternativas para a solução. Quanto melhor a qualidade da informação, maior a possibilidade de se ter êxito no projeto. Aqui entra a criatividade. Passa-se então para a formulação de soluções possíveis; o passo anterior era pura criação, mas aqui se começa a depurar as alternativas, verificando quais são tecnicamente e financeiramente viáveis. As alternativas que forem aprovadas após essas análises são submetidas ao cliente, mostrando as vantagens e desvantagens de cada uma e sugerindo aquelas que parecem mais adequadas. O cliente escolhe uma delas, e então se começa o projeto propriamente dito dessa solução. A essa altura, o projeto da concepção está pronto; começa-se então o projeto executivo, com um grau de detalhamento que depende de quem vai fabricar. Dá-se então início à fabricação, onde é feito um acompanhamento para garantir que o produto foi fabricado de acordo com as especificações. Fazem-se então os testes na própria fábrica, leva-se o equipamento até o cliente, e acompanha-se a instalação e a partida da máquina. Aí acaba o projeto.

**4. Como se estabelecem os critérios de seleção de idéias utilizados para filtrar o conjunto inicial de possíveis produtos?**

Nós apresentamos as alternativas ao cliente, mas ele é quem faz a escolha da solução.

Nós apresentamos as vantagens e desvantagens, e damos uma indicação dos critérios, mas a decisão final sobre qual alternativa será fabricada é do cliente.

**5. Qual o processo utilizado para manter controle sobre o tempo alocado para cada fase do desenvolvimento do produto?**

Em geral, na proposta que se faz ao cliente, a gente define um cronograma. O grau de detalhamento desse cronograma depende do projeto. [O Sr. chega a utilizar métodos PERT/CPM?] Pode-se utilizar esse método, ou gráfico de Gantt, ou ainda outros métodos. Às vezes, um simples cronograma serve como regulador das fases, depende da complexidade do projeto. Não se deve inventar custos adicionais nunca. Métodos como PERT/CPM, só para projetos muito grandes e complexos, onde a ordem de prioridades e as datas-limite são relevantes. Na verdade, nós temos um caminho crítico das atividades feito dentro das nossas cabeças.

**6. Quais os pontos que se deve levantar na análise de viabilidade de um produto potencial?**

As técnicas que consideram a exeqüibilidade com a tecnologia disponível. As econômicas e financeiras, com o investimento requerido, custos envolvidos, condições de mercado, tempo de retorno do investimento.

**7. Na prática, há algum tipo de orientação para que os projetistas consigam superar o problema de barreiras à criatividade?**

Total liberdade para gerar soluções, por mais absurdas que pareçam. A priori não existem restrições. Utilizando depois os critérios de análise de viabilidades técnicas e financeira, as soluções viáveis se destacarão das demais.

**PARTE 3 – FORMAÇÃO DE PROJETISTAS NOS CURSOS DE ENGENHARIA**

**1. Qual é a sua visão sobre o nível dos profissionais que estão sendo formados atualmente na área de engenharia? Quais são os principais pontos fortes e fracos desses profissionais?**

Eu tenho visto engenheiros excelentes formados por escolas diferentes da Poli, e também engenheiros excelentes formados pela Poli. A formação do engenheiro já foi comentada; o que se pode discutir são a filosofia, as políticas de formação. O resultado dessa formação inclui também o fator individual, e aí a análise deve ser feita pessoa a pessoa, não há uma regra; não depende só da formação, da escola, do curso, depende muito da pessoa. É claro que uma boa escola possibilita um melhor desenvolvimento do mesmo indivíduo. Outro aspecto a ser considerado é a questão da prática, que se obtém não na escola, mas na fábrica.

**2. Quais disciplinas devem ser priorizadas no ensino de engenharia, tendo em vista a formação de bons projetistas? (Ciências dos materiais, disciplinas de projeto, CAD, disciplinas de raciocínio analítico puro...). Ou, por outro lado, seria a visão global do conhecimento da engenharia que definiria o bom projetista?**

O curso de engenharia deve começar numa base genérica, numa formação básica comum; física, cálculo, álgebra linear são usados frequentemente na vida profissional, além de treinar o modo de pensar, ajudando a desenvolver um raciocínio cartesiano. [...] Cursos com menor grau de especialização do que existe atualmente. A especialização poderia ser remetida só ao 5.º ano. [...] Uma formação básica para todos os cursos, um 3.º ano genérico, um 4.º ano com algum direcionamento e um 5.º ano com uma especialização. Essa é a necessidade do país. A formação ampla que a Escola Politécnica proporcionava em parte se perdeu sob a falsa alegação de atender ao mercado. A forma de atender ao mercado não é criar sub-especialidades, mas sim pessoas capacitadas. [...] A formação do engenheiro passa por várias etapas. A primeira delas é a formação básica; a segunda é uma certa ênfase ainda nas ciências orientadoras da futura atividade profissional, e a última é algum grau de especialização para as solicitações do mercado, porque o sujeito bem formado muda rapidamente de especialização. O empobrecimento intelectual através de sub-especializações é uma armadilha, e eu sou totalmente contrário a ele; sou favorável a uma formação ampla. [...] Dadas as solicitações do meio político, econômico e social em que vivemos, o bom engenheiro precisa ter uma formação ampla, inclusive sob o ponto de vista cultural, que não lhe é pedida. A formação deve ser global; a especialização deve ser postergada para os anos finais para atender certas solicitações de mercado.

- 3. Quais são os conhecimentos não específicos da engenharia que podem ser de maior utilidade para um projetista (administração, economia, logística, marketing, vendas...)?**

Esses conhecimentos (técnicos, mas não específicos da engenharia) são interessantes, mas mais vale o segundo grupo, os conhecimentos culturais e humanísticos: esses são fundamentais. Como você pode querer entender o papel que você está desempenhando, se não tiver uma formação humanística? Não dá para ser um bom engenheiro se não ler a obra de Eça de Queirós e Machado de Assis. Não dá para entender as coisas sem ter uma sólida formação cultural.

- 4. Qual é a sua visão sobre a importância do conhecimento humanístico (não técnico) para a formação do bom projetista? Qual tipo de conhecimento parece importante a você?**

Nos dois grupos culturais, um é semi-profissionalizante. Por exemplo, os problemas da logística não são problemas de administração ou de engenharia de produção, eles são problemas da produção, e quando você vai fazer o planejamento da produção, você precisa saber a disponibilidade de suprimentos, e isso é [considerado] um problema de logística. Essas divisões são feitas apenas por razões didáticas, porque é impossível a alguém saber alguma coisa sobre tudo; isso não é possível, mas ter noções corretas sobre os assuntos correlacionados é importante. Economia, Administração são utilíssimas para o engenheiro, mas não são fundamentais; o conhecimento cultural humanístico, esse sim é fundamental. Ele garante que você é uma pessoa capaz de fazer as coisas.

- 5. Como desenvolver habilidades de projeto através de atividades não-acadêmicas (visitas a escritórios de projeto, treinamento para a comunicação verbal e/ou escrita, estímulo ao trabalho em grupo...)?**



Isso faz parte da formação cultural. Eu não acredito que haja impedimento de uma pessoa desenvolver certas qualidades, mas também acredito que as pessoas podem ter maiores ou menores habilidades. A prática vai desenvolvendo as habilidades. Acredito que essas atividades, como ilustração, são interessantes, mas não são fundamentais. Vale a pena investir tempo nelas, sim; fazendo isso, o aluno fica mais bem formado.

**6. Quais foram os fatores que o levaram a dedicar-se ao projeto e não a qualquer outra área da engenharia?**

Quando eu iniciei o curso de engenharia, havia três áreas promissoras: a engenharia naval, a engenharia eletrônica e a engenharia de projeto, pela qual eu me sentia atraído pelo elemento de desafio presente -- máquinas não se repetem, são sempre coisas novas, há um elemento criativo envolvido. Eu sempre tive interesse por essa área, e a possibilidade se apresentou no momento certo.

**7. Projetistas são natos ou podem ser treinados?**

Não acredito em habilidades inatas; qualquer pessoa pode fazer qualquer atividade se tiver o treinamento adequado. É verdade que algumas pessoas terão uma maior tendência inata do que outras, mas não acredito que haja os predestinados a exercer uma certa função. Não acredito em habilidades inatas; algumas pessoas são melhores e outras piores numa dada atividade, e pronto.

---

## **Transcrições das Entrevistas dos Engenheiros Acadêmicos**

**Transcrição N.º 6: Engenheiro Carlos C. Tu**

## **PARTE 1 – CARACTERIZAÇÃO DO ENTREVISTADO**

1. Nome: Carlos C. Tu
2. Faculdade cursada: Engenharia mecânica no MIT
3. Formado em: 1967
4. Cursos adicionais: Mestrado em engenharia nuclear pela Escola Politécnica; Mestrado em engenharia elétrica pela Universidade do Texas em Austin; Doutorado em engenharia mecânica pela Universidade do Texas em Austin.
5. Cargo ocupado atualmente: Professor Doutor da Escola Politécnica
6. Tempo de experiência com projeto: 30 anos – experiência como engenheiro de produto da Ford.

## **PARTE 2 – LEVANTAMENTO DA METODOLOGIA EMPREGADA**

1. **Quais são as informações recebidas como input pelo engenheiro para executar um projeto? Qual é o resultado final do trabalho do projetista? Qual o grau de integração entre projeto e fabricação durante o processo de projeto?**

A principal informação que o engenheiro necessita para fazer um projeto é: o que o mercado quer; o que o seu cliente espera do projeto. [Essas informações são qualitativas ou quantitativas?] Raramente essas informações vem de uma forma quantitativa; a mente humana funciona de uma forma basicamente qualitativa. (E quanto à integração entre projeto e fabricação?) Muitas fábricas falham quando essa integração não é bem-feita. Geralmente o engenheiro tem que projetar uma máquina que possa ser fabricada de uma forma econômica pela sua fábrica; o problema é que em algumas fábricas grandes, como na indústria automobilística, os engenheiros de

projeto não sabem como é fabricado o automóvel. No Japão, não se admite um engenheiro para a área de projeto sem que ele tenha passado no mínimo dois anos no chão de fábrica. Muitas indústrias ainda falham nesse aspecto.

**2. O trabalho de projeto é feito em equipe ou individualmente? Se é feito em equipe, como se administram as contribuições dos diferentes membros?**

O tipo de projeto com que eu estou envolvido atualmente é feito por mim sozinho, ou por uma pequena equipe de duas ou três pessoas. A parte de criação desse tipo de projeto (o professor refere-se ao projeto inovador – a geração de máquinas totalmente inéditas) é feita por no máximo duas pessoas; a participação de uma equipe maior só é possível a partir do ponto em que a engenharia tradicional possa contribuir diretamente para o projeto – dimensionamento, especificação de parafusos, análise por elementos finitos, por exemplo. Na minha experiência na Ford (nota: ou seja, no outro tipo de projeto, aquele voltado para o mercado e não para a geração de tecnologia), os projetos eram divididos em sub-sistemas, e cada equipe cuidava de uma dessas partes.

**3. Qual a seqüência de etapas seguida na prática na elaboração de um projeto?**

Há várias etapas que se misturam; volta-se várias vezes às etapas anteriores, e é mesmo difícil dizer quando uma termina e a outra começa. Normalmente a seqüência é: reconhecimento da necessidade, formalização do problema, análise de parâmetros – para determinar como essa máquina se diferencia das demais e como ela deve ser projetada para ganhar a preferência do mercado, análise de viabilidade técnica (para verificar se ela pode ser fabricada) e financeira, estabelecimento da melhor solução, construção de um protótipo. Uma vez construído um protótipo que funciona, pode-se

agora considerar como aumentar a sua vida, a durabilidade, a resistência. No projeto de máquinas inovadoras, a preocupação maior está na geração de um conceito que funciona.

**4. Como se estabelecem os critérios de seleção de idéias utilizados para filtrar o conjunto inicial de possíveis produtos?**

O processo mais utilizado é o de matriz de decisão; esse processo é utilizado mesmo intuitivamente, porque no projeto de máquinas inovadoras, as idéias em geral são muito diferentes umas das outras. No projeto evolutivo, porém, as diferenças são pequenas e é necessária a utilização de métodos mais formalizados para justificar a escolha dessa ou daquela idéia. Os critérios de seleção de idéias, para mim, são intuitivos; você deve ser altamente crítico. Sob esse ponto de vista, é importante discutir as idéias com outras pessoas, porque elas, por não estarem tão entusiasmadas com a sua idéia, podem ter uma visão mais equilibrada. A determinação dos critérios é bastante intuitiva, quase artística. [No projeto inovador, os custos são um critério de seleção relevante?] Não na fase inicial, mesmo porque é difícil fazer uma previsão dos custos de um projeto desse tipo. Os principais critérios utilizados são aqueles relacionados à funcionabilidade da máquina.

**5. Qual o processo utilizado para manter controle sobre o tempo alocado para cada fase do desenvolvimento do produto?**

O cronograma é bastante utilizado. Métodos como esse são prejudiciais ao processo criativo, e eu não costumo empregá-los, porque não trabalho com esse tipo de projeto (o projeto comercial) e acredito que o processo de projeto deve ser mais livre de restrições. No projeto inovador, é difícil prever o tempo necessário para cada fase do

desenvolvimento; esses métodos são mais úteis quando se pensa em projetos evolutivos.

**6. Quais os pontos que se deve levantar na análise de viabilidade de um produto potencial?**

É seguro? Pode ser fabricado mais barato que o do concorrente? Funciona? É ecologicamente viável? Esses são os pontos principais a considerar.

**7. Na prática, há algum tipo de orientação para que os projetistas consigam superar o problema de barreiras à criatividade?**

É difícil responder a essa pergunta, porque a criatividade ainda é uma característica pouco explorada da mente humana; ela não é algo exato, está mais próxima da inspiração artística. Há muitos métodos para incentivar a criatividade, e a maioria deles funciona de alguma forma. Um dos pontos principais é não ter idéias fixas, e buscar ter o maior número de experiências possíveis, ser curioso, observar como as coisas funcionam. A natureza pode ser uma grande fonte de inspiração para o engenheiro. O grande problema do engenheiro projetista é que ele não sabe o que vai ser útil na vida profissional, e portanto ele deve sempre procurar ter novas experiências; quanto mais ele souber, mais preparado estará.

**PARTE 3 – FORMAÇÃO DE PROJETISTAS NOS CURSOS DE ENGENHARIA**

**1. Qual é a sua visão sobre o nível dos profissionais que estão sendo formados atualmente na área de engenharia? Quais são os principais pontos fortes e fracos desses profissionais?**

O engenheiro de projetos formado pela Poli possui uma formação, em termos de informação mais do que suficiente para trabalhar com projetos, em termos de Brasil, porque aqui não há muitas pessoas que efetivamente trabalham com projeto. O que se projeta aqui são dispositivos para a produção, por exemplo, mas os projetos inovadores como CDs, automóveis, não são feitos. A formação em análise do engenheiro é mais do que adequada; a parte de síntese, de ensinar ao aluno como ser um projetista, como ser criativo, e assim por diante, é falha, não somente aqui, como em qualquer outra escola. A criatividade é algo que ainda não está sistematizada, é difícil de ensinar. O problema é que o aluno não faz muitos projetos.

**2. Quais disciplinas devem ser priorizadas no ensino de engenharia, tendo em vista a formação de bons projetistas? (Ciências dos materiais, disciplinas de projeto, CAD, disciplinas de raciocínio analítico puro...). Ou, por outro lado, seria a visão global do conhecimento da engenharia que definiria o bom projetista?**

Se o engenheiro é um bom projetista, então ele é curioso, busca saber todas as coisas. É claro que ele deve saber manejar as ferramentas mais adequadas para essa atividade, programas de CAD, etc. As disciplinas de análise e conhecimento dos fenômenos físicos são muito importantes; como o tempo para a formação do engenheiro é limitado, uma ênfase poderia ser dada em disciplinas de projeto, para que o aluno que é bom sintá-se incentivado a desenvolver uma carreira nessa área. A contribuição prática dessas disciplinas é que o aluno acostuma-se ao processo de sair a campo para pesquisar a informação relevante para efetuar o projeto, observar o que já existe e a ter que fazer o projeto em tempo hábil. Essas coisas não



poderiam ser realmente ensinadas numa sala de aula. O projeto é uma prática, é como uma arte; apenas conhecer as teorias a respeito não garante que você se tornará um bom projetista.

**3. Quais são os conhecimentos não específicos da engenharia que podem ser de maior utilidade para um projetista (administração, economia, logística, marketing, vendas...)?**

O projetista deve ser bom em comunicação oral, visual e escrita, deve ser bom em vender idéias, porque ele tem que convencer os outros que ele possui uma idéia boa. Dependendo de em que área ele vai trabalhar, um pouco de Psicologia é também útil, porque ele terá que administrar pessoal. Um pouco de Economia é importante, para entender como o sistema produtivo funciona, e como maximizar o seu lucro. Como já foi mencionado, o conhecimento de Biologia pode ser bastante útil para o engenheiro projetista. Aqui no Brasil, ele também tem de saber Direito, porque o ambiente é muito complicado, e a legislação sobre impostos e encargos sociais aumenta assustadoramente os custos da produção.

**4. Qual é a sua visão sobre a importância do conhecimento humanístico (não técnico) para a formação do bom projetista? Qual tipo de conhecimento parece importante a você?**

Como você tem de vender a sua idéia, você tem de saber escrever e falar bem. No MIT, os engenheiros eram obrigados a gastar no mínimo 20% do seu tempo em cada semestre estudando matérias humanísticas – filosofia, economia, literatura – o que eu considero um exagero. O conhecimento humanístico não é fundamental para o engenheiro projetista, mas é importante lembrar que muitos movimentos do

mundo são ocasionados por idéias altamente imprecisas derivadas desses campos do saber, daí a importância de conhecê-las.

**5. Como desenvolver habilidades de projeto através de atividades não-acadêmicas (visitas a escritórios de projeto, treinamento para a comunicação verbal e/ou escrita, estímulo ao trabalho em grupo...)?**

Visitar fábricas pode ser uma atividade bastante produtiva para pessoas com o treinamento adequado, porque muito pode ser aprendido sobre como as coisas são fabricadas. É interessante também conhecer técnicas de trabalho em grupo, mas todas essas atividades não são imprescindíveis nem suficientes para formar um bom projetista; elas são ferramentas que podem ajudar você, e é bom conhecê-las se você tiver a oportunidade.

**6. Quais foram os fatores que o levaram a dedicar-se ao projeto e não a qualquer outra área da engenharia?**

Quando eu fiz o curso no MIT eu me sobressaí nessa área de projetos, e notei que eu era bom nisso, tinha facilidade em encontrar soluções e ficava entusiasmado em tentar projetar máquinas. O reconhecimento dos colegas também foi um fator de encorajamento. E eu gosto de projetar coisas novas, coisas que os outros ainda não fizeram.

**7. Projetistas são natos ou podem ser treinados?**

Se um indivíduo possui um talento criativo natural, mas não recebeu o treinamento adequado, ele não será um projetista. Por outro lado, se ele não possui esse dom natural de ser criativo, mas recebeu o treinamento correto, ele pode se tornar um

engenheiro com uma boa capacidade analítica, mas não será uma pessoa capaz de gerar grandes inovações ou produtos revolucionários. O bom engenheiro projetista tem de ter um certo talento natural, que deve ser maximizado com o treinamento certo.

---

**Transcrição N.º 7: Engenheiro Marco Stipkovic Filho**

---

## **PARTE 1 – CARACTERIZAÇÃO DO ENTREVISTADO**

1. Nome: Marco Stipkovic Filho
2. Faculdade cursada: Escola Politécnica
3. Formado em: 1961
4. Cursos adicionais: especializações, mestrado, doutorado e livre docência na Escola Politécnica
5. Cargo ocupado atualmente: Proprietário da empresa Stip Consultoria
6. Tempo de experiência com projeto: foi diretor da Bardela S. A. por 30 anos.

## **PARTE 2 – LEVANTAMENTO DA METODOLOGIA EMPREGADA**

- 1. Quais são as informações recebidas como input pelo engenheiro para executar um projeto? Qual é o resultado final do trabalho do projetista? Qual o grau de integração entre projeto e fabricação durante o processo de projeto?**

O bom projetista deve ser capaz de aliar fabricação ao desenvolvimento do projeto. Deve haver um processo interativo de integração, onde se façam concessões tanto no campo do cálculo quanto no campo da fabricação, para obter um bom produto final. O conhecimento dos processos de fabricação é, dessa forma, vital para que se seja um bom profissional da área.

- 2. O trabalho de projeto é feito em equipe ou individualmente? Se é feito em equipe, como se administram as contribuições dos diferentes membros?**

Os projetos são feitos em equipe, necessariamente; o grau de complexidade e especialização deles exige que seja assim. Evidentemente, sempre há um líder, que

elabora toda a parte conceitual e que cria uma divisão conceitual do projeto e dá aos demais instruções sobre o que deve ser feito.

**3. Qual a seqüência de etapas seguida na prática na elaboração de um projeto?**

Primeiro, deve-se elaborar um pré-projeto. Existem fatores complicadores dependendo do tipo de produto que se quer projetar. No caso de mecânica pesada, por exemplo, o projeto deve ser norteado pela viabilidade de transporte do produto terminado -- limitações de túneis, pontes, etc. [As etapas que são sugeridas nas metodologias de projeto são seguidas, na prática?] O básico, sim; isso é uma coisa óbvia, decorrente do bom-senso sobre como desenvolver um projeto. É preciso primeiro conceber as idéias, para depois selecionar a melhor, tentar otimizá-la, verificar se ela é viável física e economicamente, e então partir para o projeto propriamente.

**4. Como se estabelecem os critérios de seleção de idéias utilizados para filtrar o conjunto inicial de possíveis produtos?**

Infelizmente, o critério mais importante para seleção de idéias e produtos é o custo; num mundo altamente competitivo, o custo é o que lidera o processo de seleção, assim como o de otimização.

**5. Qual o processo utilizado para manter controle sobre o tempo alocado para cada fase do desenvolvimento do produto?**

Isso é algo que depende do produto. Atualmente, se você possui uma boa idéia que pode gerar um produto, deve-se tentar colocá-lo no mercado o mais rápido possível, porque a velocidade do avanço tecnológico pode torná-los obsoletos antes mesmo de

serem lançados, além do que quem sai na frente é quem obtém o melhor posicionamento no mercado. [Mas em termos de técnicas, o que se usa são as técnicas de Pert/CPM?] Essas técnicas não foram abandonadas. O controle por caminhos críticos é o básico, é uma seqüência lógica de todos os eventos até o êxito final no desenvolvimento do projeto; ou você põe ele no papel, ou você tem ele na cabeça. Na minha concepção, ainda é indispensável; quanto mais complexo for o produto, mais necessária se torna a elaboração de um controle dos caminhos críticos. Existe um monte de teorias novas sobre a administração da produção, como a teoria das restrições (theory of constraints), mas elas não tem grande diferenciação em relação ao Pert/CPM.

**6. Quais os pontos que se deve levantar na análise de viabilidade de um produto potencial?**

Custos são fundamentais, aspectos estéticos e construtivos, problemas de natureza ambiental, que agora são altamente restritivos, devido à norma ISO 14000, menor peso, menor custo por quilograma, funcionalidade. Basicamente é isso. [Qual a importância do aspecto estético-construtivo?] Se o produto não atende o aspecto estético, ele certamente foi mal concebido. A vinculação estético-construtiva é também um fator determinante do projeto -- existe uma reserva volumétrica limitada, por exemplo; não se pode fazer o produto do tamanho que se quiser.

**7. Na prática, há algum tipo de orientação para que os projetistas consigam superar o problema de barreiras à criatividade?**

Um projetista deve ser uma pessoa vocacionada para exercer a atividade de projeto e com algum dote, como um cirurgião tem um dote. O cirurgião pode até ter o

conhecimento, mas se não tiver a habilidade – em termos manuais, inclusive – para exercer a sua atividade, não será um bom profissional. A criatividade é uma coisa muito peculiar de cada indivíduo; o projetista precisa ser dotado para a sua atividade, ser interessado, ter vocação e sempre procurar se aprimorar nos aspectos referentes à sua competência profissional. Isso vale para qualquer atividade.

### **PARTE 3 – FORMAÇÃO DE PROJETISTAS NOS CURSOS DE ENGENHARIA**

- 1. Qual é a sua visão sobre o nível dos profissionais que estão sendo formados atualmente na área de engenharia? Quais são os principais pontos fortes e fracos desses profissionais?**

A massificação do ensino da engenharia no País foi muito mal conduzida. Na média, a formação dos engenheiros atualmente é muito ruim. Existem, é claro, algumas escolas, as mais tradicionais, que formam bons engenheiros, mas a maioria dessas escolas que se estão proliferando têm um nível de ensino muito ruim, e eu diria até uma atitude ética questionável, porque para que o País saia da situação em que se encontra, não basta formar profissionais de engenharia, mas sim bons profissionais de engenharia.

- 2. Quais disciplinas devem ser priorizadas no ensino de engenharia, tendo em vista a formação de bons projetistas? (Ciências dos materiais, disciplinas de projeto, CAD, disciplinas de raciocínio analítico puro...). Ou, por outro lado, seria a visão global do conhecimento da engenharia que definiria o bom projetista?**

Eu acredito que hoje deve-se formar engenheiros generalistas, e não especialistas,



como uma tendência resultante da globalização. Eu acho que o estudante deve ser muito bem formado, sob o aspecto conceitual da engenharia, e que no último ano, em função do interesse específico, e já vinculado a uma perspectiva do seu desenvolvimento profissional, ele deve ter a liberdade de criar um módulo de especialização. Via de regra, os estudantes dos últimos semestres já estão procurando se inserir no mercado de trabalho, e essa fórmula seria boa para ele e para a empresa em que ele vai trabalhar. Ele deve ser um engenheiro conceitual, deve saber o que é a engenharia, porque se ele tiver essa fundamentação, ele será capaz de se adaptar com facilidade ao desenvolvimento tecnológico, que hoje ocorre com uma agilidade muito grande.

**3. Quais são os conhecimentos não específicos da engenharia que podem ser de maior utilidade para um projetista (administração, economia, logística, marketing, vendas...)?**

Todas essas disciplinas apresentadas, quando conhecidas, contribuem para um bom desempenho do profissional, e isso se inclui no conceito de formação generalista que eu acabei de comentar.

**4. Qual é a sua visão sobre a importância do conhecimento humanístico (não técnico) para a formação do bom projetista? Qual tipo de conhecimento parece importante a você?**

Eu acredito que deveria existir, nos cursos de graduação, uma disciplina de ética na engenharia. Nós sabemos que o mundo lá fora está corrompido, mas se na base, na formação, nós pudéssemos formar o homem, e depois formá-lo como profissional, certamente teríamos um mundo bem melhor.

**5. Como desenvolver habilidades de projeto através de atividades não-acadêmicas (visitas a escritórios de projeto, treinamento para a comunicação verbal e/ou escrita, estímulo ao trabalho em grupo...)?**

Essas atividades contribuem sempre favoravelmente; é um conhecimento a mais. Visitas, estágios, contatos com os profissionais da área são altamente produtivas para a formação do engenheiro. Lamentavelmente, a grande maioria das escolas não trata disso com a devida seriedade. Deveria haver uma infra-estrutura para que essas atividades não atrapalhassem o desempenho dos alunos, para que elas se encaixassem perfeitamente na grade horária, sem gerar prejuízos para os alunos. [O Sr. acha que essas atividades podem ser tão importantes quanto a formação acadêmica?] Tão importantes, não; elas ajudam na formação do engenheiro. Há alunos que passam cinco anos aqui na Escola, são estudantes brilhantes, mas que, às vezes, por um problema de comunicação, por exemplo, não conseguem se colocar no mercado de trabalho. Ele é um engenheiro potencialmente capaz, mas que, por não ter tido essas possibilidades de aproximação, pode ter dificuldades em alcançar sucesso como profissional. A questão de ter uma atitude de liderança e assumir responsabilidades freqüentemente é problemática. Eu acho que essa aproximação com os profissionais da engenharia abriria um horizonte diferente para esses alunos, auxiliando-os a superar suas limitações.

**6. Quais foram os fatores que o levaram a dedicar-se ao projeto e não a qualquer outra área da engenharia?**

Vocação; interesse pela atividade de projeto e um dote natural para projetar, criar; eu sempre tive interesse pelo funcionamento das coisas.

### **7. Projetistas são natos ou podem ser treinados?**

Essa é uma pergunta difícil de ser respondida. Eu acho que eles podem ser treinados, mas, certamente, entre o treinado e o nato, ambos com a mesma formação, haverá um destaque para o nato, porque o interesse e a dedicação fazem parte dessa pessoa, ela tem um dote natural para isso.

**Transcrição N.º 8: Engenheiro Nicola Getschko**

## **PARTE 1 – CARACTERIZAÇÃO DO ENTREVISTADO**

1. Nome: Nicola Getschko
2. Faculdade cursada: Escola Politécnica da USP
3. Formado em: 1991
4. Cursos adicionais: mestrado e doutorado pela Escola Politécnica
5. Cargo ocupado atualmente: Professor Assistente / Proprietário de empresa de informática
6. Tempo de experiência com projeto: 15 anos

## **PARTE 2 – LEVANTAMENTO DA METODOLOGIA EMPREGADA**

- 1. Quais são as informações recebidas como input pelo engenheiro para executar um projeto? Qual é o resultado final do trabalho do projetista? Qual o grau de integração entre projeto e fabricação durante o processo de projeto?**

Essas informações são as mais variadas possíveis; uma das maiores tarefas do engenheiro é justamente filtrar essas informações e conseguir identificar qual a necessidade a ser atendida. Muitas vezes essa necessidade não é exatamente aquela que foi inicialmente passada ao projetista; ela pode estar em outros contextos e cabe a ele defini-la. O resultado final do trabalho do projetista também depende do tipo de projeto que se está executando, mas normalmente pode-se assumir que o resultado é o produto final, aquele que vai ser utilizado efetivamente para solucionar o problema. A tendência atual na indústria é que haja a maior integração possível entre projeto e processo, embora o nível dessa integração ainda seja irregular de empresa para empresa. Essa integração permite que se minimize as diferenças entre o protótipo e o

cabeça de série -- o que representa minimizar o custo do projeto.

**2. O trabalho de projeto é feito em equipe ou individualmente? Se é feito em equipe, como se administram as contribuições dos diferentes membros?**

O trabalho individual é cada vez mais raro, e dificilmente ele pode ser desenvolvido em qualquer produto que tenha um mínimo de sofisticação tecnológica. O projeto é feito por uma equipe multidisciplinar, tanto na área de técnica quanto fora dela; a formação dos profissionais envolvidos com o projeto hoje é muito diversificada. Isso ocorre porque todo projeto hoje deve ter preocupações relativas a reciclagem, efeito ambiental, impacto social; ele não é mais definido apenas por questões técnicas. A administração das contribuições dos membros não é simples, e é baseada na definição de hierarquias organizacionais, não necessariamente técnicas -- algo semelhante a uma matriz de decisões. Essas decisões devem ser ao máximo baseadas em critérios não-subjetivos, para evitar distorções no projeto.

**3. Qual a seqüência de etapas seguida na prática na elaboração de um projeto?**

Estabelecimento da necessidade, estabelecimento dos parâmetros que vão nortear o projeto, na área técnica ou não, apresentação de possíveis soluções, avaliação dessas soluções segundo os parâmetros definidos -- e aqui cabe ressaltar a importância de que os parâmetros sejam definidos antes que se inicie a geração de idéias, para evitar que estas influam sobre a definição daqueles -- escolha da solução e estudos de viabilidade, exequibilidade física e econômica, projeto básico, projeto detalhado, construção do protótipo. A partir do protótipo, já se prevê algumas reiteraões dentro do ciclo de projeto, em função de testes; depois dos testes, se constrói um segundo ou terceiro protótipos, já pensando na produção efetivamente. É a seqüência de etapas

sugerida pelas metodologias, porque esta é uma tentativa de sistematizar algo que é utilizado na vida real, aquilo que parece ser o lógico, consagrado pelo bom-senso.

**4. Como se estabelecem os critérios de seleção de idéias utilizados para filtrar o conjunto inicial de possíveis produtos?**

A seleção das idéias é feita segundo os parâmetros de projeto, ou seja, deve-se quantificar os parâmetros, atribuir-lhes pesos, e a partir daí estabelecer um processo de seleção numérica. Na prática, a seleção está sujeita a outros parâmetros que não são muito claros, ou são subjetivos, não há como evitar isso. Estabelecer os parâmetros e quantificá-los não é uma coisa simples porque se deve considerar parâmetros de natureza social e econômica, que não são fáceis de avaliar objetivamente.

**5. Qual o processo utilizado para manter controle sobre o tempo alocado para cada fase do desenvolvimento do produto?**

Desenvolve-se um planejamento inicial -- um cronograma -- que deve ter uma certa flexibilidade, porque esse planejamento inicial é apenas uma estimativa dos tempos envolvidos, e a partir daí se tenta encaixar as tarefas dentro dessa estimativas. O importante é se estabelecer datas-limite para que as tarefas sejam finalizadas. Essa tarefa é do gerente de projeto, que assim evita que os projetistas das equipes continuem tentando desenvolver novas possibilidades, quando o ganho para o projeto é praticamente nulo. (Na prática, o método de CPM é utilizado nas empresas de projeto?) Sim, porque ele permite que se vejam coisas que não são claras quanto ao projeto, quais são as atividades críticas, aquelas que definem o sucesso ou não do projeto. O CPM impede que se siga um caminho em que se gasta muito tempo e

muitos recursos, com ganho mínimo para o projeto.

**6. Quais os pontos que se deve levantar na análise de viabilidade de um produto potencial?**

As viabilidades econômica e técnica do projeto devem ser analisadas, mas também seus efeitos ambientais, sociais devem ser considerados. No Brasil, por enquanto, os efeitos ambientais são levados em consideração apenas em casos muito específicos, como obras civis, etc. Para o estudo de viabilidade nos moldes mais tradicionais, estabelecem-se os parâmetros que irão guiar o processo, faz-se uma pesquisa de mercado intensa para verificar qual o preço que o produto pode ter, quais os custos de produção, as variáveis que irão definir o preço do produto, e, na parte de viabilidade técnica, que é mais simples de ser verificada, deve-se observar os meios de produção disponíveis, a capacidade de produção disponível, aonde se pode conseguir os meios de fabricação para aquele produto. Em síntese, o que você já tem e o que você vai precisar modificar ou implantar só para aquele produto. Na maioria dos projetos, essa análise é menos técnica do que econômica; para os produtos corriqueiros, o maior ponto de análise é a viabilidade econômica. A viabilidade técnica existe, mas o maior resultado dela é permitir determinar se os custos para a produção do produto não serão pesados demais. O projetista, tendo em mente que deverá projetar um produto com o custo o mais baixo possível, deve executar o projeto sempre procurando utilizar os meios de produção menos custosos.

**7. Na prática, há algum tipo de orientação para que os projetistas consigam superar o problema de barreiras à criatividade?**

Dificilmente o aspecto de criatividade pode ser melhorado depois da formação do



indivíduo; isso não deve ser trabalhado com o projetista, mas com o estudante. Idealmente, isso deve ser trabalhado desde o primeiro contato com o ambiente educacional, desde a criança. O processo educacional, via de regra, leva a uma diminuição da criatividade do indivíduo. Há pesquisas que provam que, quanto mais anos de estudo tem a pessoa, menos criatividade ela possui, pois ela se prende a uma série de padrões; o ambiente profissional tende a piorar esse aspecto, porque aumenta o número de restrições impostas, de padrões pré-adotados, de restrições fictícias que acabam tornando o indivíduo muito menos criativo.

### **PARTE 3 – FORMAÇÃO DE PROJETISTAS NOS CURSOS DE ENGENHARIA**

#### **1. Qual é a sua visão sobre o nível dos profissionais que estão sendo formados atualmente na área de engenharia? Quais são os principais pontos fortes e fracos desses profissionais?**

Em função do tipo de formação, tem-se características diferentes. No nosso ambiente da Poli, uma das maiores dificuldades que o recém-formado encontra é no aspecto de integração do projeto. O aluno, -- não apenas aqui, mas na maioria das escolas -- invariavelmente, acaba se formando com uma visão segmentada, e não consegue, na maioria dos casos, juntar a informação toda, pelo menos numa primeira experiência como projetista, formando com isso o ambiente do projeto. Falta uma visão de integração; o sistema educacional está baseado em disciplinas que foram isoladas para fins didáticos, e cuja integração acaba não acontecendo em muitos casos. O nosso aluno certamente tem uma formação técnica e uma capacidade intelectual muito boas, tanto que ele consegue superar essa limitação rapidamente, mas para apontar uma falha, seria essa falta de integração das disciplinas do curso na formação do

engenheiro.

- 2. Quais disciplinas devem ser priorizadas no ensino de engenharia, tendo em vista a formação de bons projetistas? (Ciências dos materiais, disciplinas de projeto, CAD, disciplinas de raciocínio analítico puro...). Ou, por outro lado, seria a visão global do conhecimento da engenharia que definiria o bom projetista?**

É preciso que se tenha um núcleo sólido de disciplinas básicas, que forneça ao engenheiro ferramentas analíticas e intelectuais. Isso é obtido através do exercício de algumas disciplinas como raciocínio abstrato. Paralelamente a isso, deve haver a visão aplicativa, ou seja, disciplinas que fazem a junção entre realidade e modelo. O indivíduo deve ser capaz de trabalhar com o modelo da realidade, que é o que as disciplinas do núcleo básico podem oferecer, e deve ser capaz de unir a realidade àquilo que se chama de teoria, o que se obtém através de disciplinas que mostrem ao indivíduo a correlação entre os modelos teóricos desenvolvidos e a prática -- disciplinas que tenham embutida integralmente a parte de projeto, ou seja, que cheguem até o protótipo. Só se aprende a projetar projetando.

- 3. Quais são os conhecimentos não específicos da engenharia que podem ser de maior utilidade para um projetista (administração, economia, logística, marketing, vendas...)?**

Em princípio, quanto maior o nível de informação do engenheiro, melhor, em qualquer área que seja, passando por arte, biologia, humanidades em geral. O projeto, como foi dito, é multidisciplinar. Na verdade, a maioria dos projetos de engenharia são cópias ou adaptações de processos naturais; a natureza é uma fonte

de inspiração básica para os engenheiros. Aquele que souber algo de sistemas biológicos estará muito bem preparado -- elas servem de base para várias técnicas de controle, por exemplo. A formação do engenheiro deve, portanto, ser a mais ampla possível; é claro que a diversificação das áreas de conhecimento acaba dependendo dos esforços individuais, porque é inviável tentar fornecer todo esse conhecimento num curso de graduação. A variedade de conhecimentos torna-se um diferencial de um profissional em relação a outro. Sendo mais específico, matérias nas áreas administrativa e gerencial são importantes, assim como matérias na área de custos. Noções sobre o impacto ambiental e social do projeto deveriam fazer sempre parte dos currículos dos cursos de graduação. Para o futuro, seria recomendável incluir disciplinas que fornecessem noções sobre sistemas biológicos.

**4. Qual é a sua visão sobre a importância do conhecimento humanístico (não técnico) para a formação do bom projetista? Qual tipo de conhecimento parece importante a você?**

A importância é grande, não só para o engenheiro, mas para qualquer profissional. Para o engenheiro, é particularmente importante uma vez que ele é normalmente taxado pela sociedade como um indivíduo técnico, totalmente desvinculado da realidade social e humanística que o cerca. As disciplinas da área de humanidades -- nas áreas social e filosófica, por exemplo -- são bastante importantes, porque através delas o engenheiro adquire a consciência necessária para não ser apenas um profissional que faz o que é pago para fazer, mas um indivíduo que contribui ativamente para melhorar os processos em que está envolvido, um agente modificador interno da realidade.

**5. Como desenvolver habilidades de projeto através de atividades não-acadêmicas (visitas a escritórios de projeto, treinamento para a comunicação verbal e/ou escrita, estímulo ao trabalho em grupo...) ?**

As atividades aqui mencionadas deveriam fazer parte da vida acadêmica, na verdade. Visitas, por exemplo, são um meio simples, porém bastante eficiente de mostrar novas realidades para o estudante de engenharia. As pessoas conseguem aprender muito mais quando elas não sabem que estão aprendendo; sempre que o aprendizado puder se dar dentro de um quadro natural, ou seja, dentro de uma necessidade de aprendizado, ele ocorre de uma forma muito mais marcante. O aluno aprende muito mais quando é confrontado com a necessidade de aprendizado para compreender a realidade do que quando deve simplesmente compreender uma teoria de forma desvinculada da sua aplicação. Dessa forma, qualquer atividade que estimule essa necessidade de aprendizado é importante: visitas, onde o aluno pode ver coisas que não entende e se esforçar para compreendê-las, atividades que envolvam a construção do protótipo do projeto, atividades em que haja um aspecto competitivo sadio, quando as suas hipóteses de projeto são confrontadas com as hipóteses de outros. O aluno deve se sentir atraído a buscar a solução para o problema proposto.

**6. Quais foram os fatores que o levaram a dedicar-se ao projeto e não a qualquer outra área da engenharia?**

Eu diria que não há como separar projeto de engenharia; não vejo uma engenharia que não faça projetos -- isso é uma distorção. O engenheiro não faz pesquisa, não propõe teorias -- ele projeta algo. O aspecto de poder utilizar a criatividade própria, e também tudo aquilo que foi desenvolvido pelo ser humano em termos de ciência e

tecnologia para gerar a solução para um problema foi o que me atraiu para a engenharia. Essa é uma experiência extremamente gratificante.

### **7. Projetistas são natos ou podem ser treinados?**

O projetista certamente pode ter sua capacidade de gerar soluções melhorada através de empenho pessoal. Com um bom treinamento e atividades programadas, pode-se melhorar muito o nível dos projetistas em média, mas sempre há o pessoal fora da curva -- para um lado e para o outro -- você encontra o sujeito que é um destaque porque ele naturalmente tem uma tendência para aquilo, como em qualquer outra atividade. (Isso teria que ver com o aspecto vocacional?) É difícil dizer o que acontece, mas eu acho que a estrutura mental do indivíduo está de alguma maneira otimizada para aquela atividade. Certamente existe esse componente pessoal; não se trata de simplesmente seguir uma metodologia, na certeza de se tornar o melhor projetista da área. Você irá se tornar um bom projetista dessa forma, mas o componente pessoal é importante. Por outro lado, também não se deve considerar que se o sujeito é dotado nessa área, não é necessário passar pelo treinamento adequado. O projetista ótimo é resultado da soma de talento pessoal inato com o treinamento necessário para desenvolver as habilidades de projeto. É claro que se o indivíduo se interessou por projeto, ele demonstrou já uma vocação natural para essa área. O bom projetista é o indivíduo que foi bem-treinado e se dedicou; o ótimo projetista é esse mesmo indivíduo, com um diferencial pessoal não quantificável.

**Transcrição N.º 9: Engenheiro Omar Moore Madureira**

## **PARTE 1 – CARACTERIZAÇÃO DO ENTREVISTADO**

1. Nome: Omar Moore de Madureira
2. Faculdade cursada: Escola Politécnica
3. Formado em: 1960
4. Cursos adicionais: Mestrado na Purdue University (EUA), concluído em 1963.  
Programa de Doutorado pela Escola Politécnica não concluído.
5. Cargo ocupado atualmente: Diretor da Promec - Projetos Mecânicos, firma com 22 anos de existência.
6. Tempo de experiência com projeto: Trabalha há 39 anos com engenharia de produtos.

## **PARTE 2 – LEVANTAMENTO DA METODOLOGIA EMPREGADA**

1. **Quais são as informações recebidas como input pelo engenheiro para executar um projeto? Qual é o resultado final do trabalho do projetista? Qual o grau de integração entre projeto e fabricação durante o processo de projeto?**

Nas empresas qualificadas, são requisitos técnicos, funcionais, operacionais, construtivos, incluindo segurança, desempenho, confiabilidade, durabilidade, resultantes dos estudos de QFD (*Quality Function Deployment*, em português, Desdobramento da Função Qualidade, veja BAXTER (1998)) feitos na pesquisa de mercado para definir as necessidades, funções e atributos que esse produto deve ter. O resultado final do trabalho do projetista é o produto em produção seriada. A integração deve ser total; novamente, o grau de integração depende da qualificação da empresa. O engenheiro de projeto é

proibido de emitir um desenho definitivo sem uma assinatura clara de viabilidade de fabricação e fornecimento.

**2. O trabalho de projeto é feito em equipe ou individualmente? Se é feito em equipe, como se administram as contribuições dos diferentes membros?**

Sempre em equipe, em geral multidisciplinar, inclusive fora da área técnica; se você possui um item de projeto que será fornecido, você chama o fornecedor para participar da equipe. Para administrar as contribuições dos membros, a coisa é feita na base de “a minha idéia é essa, o que vocês acham?”, e então se discute a exequibilidade física e a viabilidade econômica para construir tal proposta de projeto. [E quanto à figura do gerente de projetos?] O gerente de projetos é um gerente de gestão de projetos; ele serve para garantir que as coisas aconteçam. Todos da equipe possuem o poder de decisão, apresentando suas objeções à proposta em discussão.

**3. Qual a seqüência de etapas seguida na prática na elaboração de um projeto?**

Planejamento do programa do projeto -- que produto nós vamos fazer, para qual mercado, ou seja, qual é o cliente, qual o prazo para o desenvolvimento do projeto, qual o tempo de utilização desse produto, ou seja, ele será um produto da empresa durante quanto tempo, elaboração de um cronograma básico, estabelecimento dos investimentos necessários, dos limites superiores de investimento nas demais etapas, isto é, no projeto, nos testes, no desenvolvimento, na fabricação e na comercialização, se for o caso. Isso é o planejamento. Agora é preciso fazer um estudo de viabilidade, a partir de requisitos técnicos, funcionais, operacionais, já quantificados, e das novas soluções apresentadas



na forma de idéias, palpites. Faz-se uma análise técnica cuidadosa para determinar a viabilidade daquelas soluções atenderem aos requisitos estabelecidos, a fabricabilidade e fornecibilidade do produto. Depois segue-se uma análise econômica e financeira das soluções que não foram descartadas na etapa anterior, para verificar se o fluxo de caixa que aquele produto vai dar é compatível com os objetivos de lucratividade buscados ao estabelecer o programa do produto. Se após essas análises sobrarem soluções, tem-se um produto; em caso contrário, deve-se recomendar alterações no programa de produto para que ele seja viabilizado -- a empresa, se quer manter-se viva, deve sempre desenvolver novos produtos. A partir daí, segue-se o projeto básico, que envolve a parte de engenharia propriamente, todos os estudos, modelos, simulações das soluções remanescentes. Aqui define-se tudo o que é importante quanto a essas soluções, de forma otimizada. O projeto básico termina com um conjunto de parâmetros de projeto definidos; em princípio, ninguém deve mexer nesses parâmetros a partir de agora. Faz-se a seguir o projeto dos conjuntos e componentes e constroem-se protótipos para verificar todos os requisitos técnicos funcionais, operacionais e dimensionais, que são confirmados por amostragem e estatística aplicada. Esse é o projeto executivo. Só não se pode garantir que o produto possua as características de durabilidade, confiabilidade e vida útil esperadas, porque o processo de construção do protótipo pode não ser representativo dos processos utilizados para construir o produto em série. Vem agora o projeto do processo produtivo, que depende do grau de diferenciação do novo produto em relação à linha de produtos da empresa. Finalmente, se produz um lote piloto, para verificar através de testes que as unidades produzidas na linha atendem aos requisitos de

confiabilidade, capacitando a produção como um todo, porque esses produtos são produzidos exatamente pelos mesmos processos utilizados na linha instalada.

**4. Como se estabelecem os critérios de seleção de idéias utilizados para filtrar o conjunto inicial de possíveis produtos?**

Essa análise técnica é feita a partir dos requisitos estabelecidos para o projeto, como mencionado anteriormente.

**5. Qual o processo utilizado para manter controle sobre o tempo alocado para cada fase do desenvolvimento do produto?**

O processo é o Pert/CPM, que hoje é implementado através de diversos aplicativos computacionais. O velho cronograma de barras serve apenas para ter uma idéia do tempo alocado, mas os aspectos de simultaneidade e precedência somente são observados com Pert/CPM. Uma vantagem adicional é que, com a implementação computacional, as alterações nos programas de projeto são facilmente efetuadas, o que não ocorreria se tivéssemos que fazê-las manualmente.

**6. Quais os pontos que se deve levantar na análise de viabilidade de um produto potencial?**

Atendimento aos requisitos técnicos, fabricabilidade, fornecibilidade na qualidade, volume e prazo estabelecidos.

**7. Na prática, há algum tipo de orientação para que os projetistas consigam superar o problema de barreiras à criatividade?**

Existe uma tendência natural por parte dos coordenadores de projetos de barrar qualquer inovação. Para gerar novas soluções, deve-se burlar a postura defensiva natural da maioria das pessoas, que são resistentes a mudanças, e sempre buscar alternativas ainda não exploradas.

**PARTE 3 – FORMAÇÃO DE PROJETISTAS NOS CURSOS DE ENGENHARIA**

**1. Qual é a sua visão sobre o nível dos profissionais que estão sendo formados atualmente na área de engenharia? Quais são os principais pontos fortes e fracos desses profissionais?**

Os profissionais formados na área de engenharia variam muito conforme a escola; naturalmente, a Poli tem formado gente com muito bom lastro técnico; em geral, os pontos fortes são a capacidade de análise, a capacidade de adaptação e um preparo básico forte. Os pontos fracos são, essencialmente, culpa dos professores que têm uma atuação alienada da realidade prática. O profissional bem-sucedido é 80% de sua personalidade, a sua forma de encarar as coisas, o entusiasmo que ele tem pelo trabalho, e apenas 20% de sua formação escolar. É evidente que quem faz um curso numa boa faculdade tem um lastro técnico que permite que ele, se for interessado, mergulhe mais facilmente e entenda mais rapidamente, seja capaz de exercer melhor a profissão.

**2. Quais disciplinas devem ser priorizadas no ensino de engenharia, tendo em vista a formação de bons projetistas? (Ciências dos materiais, disciplinas de projeto, CAD, disciplinas de raciocínio analítico puro...). Ou, por outro lado, seria a visão global do conhecimento da engenharia que definiria o bom projetista?**

Tudo que é básico, conceitual, fundamental. Todas as ciências da engenharia, basicamente. Sobretudo os fenômenos, a sua compreensão, a sua descrição, a sua interpretação, o seu equacionamento, nessa ordem, e depois de tudo isso, principalmente, as técnicas devem ser ensinadas como ferramentas aos alunos, alertando que essas técnicas, daqui a 20 anos serão obsoletas. A resistência dos materiais, a mecânica newtoniana continuarão sempre válidas, mas as técnicas vão todas desaparecer. Naturalmente, é preciso conhecer os princípios básicos de toda a tecnologia, mas as técnicas e os softwares existentes agora, daqui a 20 anos serão obsoletos. O importante, é colocar as coisas em termos de fenômenos, sua visão, sua percepção, sua interpretação, sua compreensão, depois as leis de equacionamento e, por último, as técnicas numéricas de solução de equações diferenciais, nessa ordem. A falta de visão global é um grave problema que todos os engenheiros têm. Um problema que ocorre nos cursos de engenharia é que acaba-se pensando que engenharia é um conjunto de disciplinas estanques; a gente leva algum tempo para perceber que é tudo parte de um grande todo. Infelizmente, alguns professores acabam por reforçar essa idéia, fazendo com que o aluno pense que matérias como termodinâmica e mecânica dos fluidos são coisas diferentes. A integração é fundamental.

- 3. Quais são os conhecimentos não específicos da engenharia que podem ser de maior utilidade para um projetista (administração, economia, logística, marketing, vendas...)?**

Administração, Economia, ciências humanas, percepção da vida, do mundo são fundamentais, senão cria-se um monstinho, capaz de integrar equações diferenciais, e que não serve para nada. Tem-se que criar cidadãos conscientes.

- 4. Qual é a sua visão sobre a importância do conhecimento humanístico (não técnico) para a formação do bom projetista? Qual tipo de conhecimento parece importante a você?**

Sem dúvida alguma, o conhecimento humanístico é importantíssimo. História, Filosofia, Sociologia. O conhecimento do passado permite entender o presente e prever o futuro. Quem não tiver isso não vai a lugar nenhum; esse tipo de gente é substituível por computadores. [Isso seria uma forma de aplicar às ciências humanas o conceito de entender os processos?] Exatamente. Nós somos o que somos porque os nossos antepassados foram como foram e nossos filhos serão como serão porque hoje nós somos assim.

- 5. Como desenvolver habilidades de projeto através de atividades não-acadêmicas (visitas a escritórios de projeto, treinamento para a comunicação verbal e/ou escrita, estímulo ao trabalho em grupo...)?**

Levando os alunos para ver máquinas e equipamentos em ação; não dá para estudar mecânica dos fluidos sem ir a uma grande indústria química e ver as coisas escoando;

foi a partir daí que a humanidade conseguiu aprender. Isaac Newton inventou o cálculo diferencial para aplicar aquilo ao conhecimento da natureza. Quanto mais contato tiver com a realidade, tanto melhor será a formação do estudante de engenharia. [Então, para formar bons projetistas, deve-se enfatizar a idéia de que os alunos tenham contato com a vida real e com as possibilidades de solução que existem?] Exatamente. Quanto mais contato com a realidade prática, tanto melhor. Esse contato deve ser feito, e sobre a realidade observável, deve-se ter a elaboração e a teorização, e não o contrário -- teorizar e depois ver. Deve-se ver, e depois teorizar. Sob esse ponto de vista, a Poli possui profundas deficiências. Eu passei décadas na Escola Politécnica brigando para colocar um enfoque fenomenológico no ensino da engenharia. Vocês estão estudando engenharia da mesma forma que o meu avô estudou em Berlim, em 1903. A linha de ensino é a mesma.

**6. Quais foram os fatores que o levaram a dedicar-se ao projeto e não a qualquer outra área da engenharia?**

Primeiro, um interesse natural; depois, eu tive muita sorte na minha carreira. Eu fiz a Politécnica, mecânica, e tive muito bons professores. Depois, fui convidado para dar aulas, e ganhei essa bolsa para ir para a Purdue University, fiz o meu mestrado e, quando eu voltei, fui trabalhar na Willys, em 1963, no projeto de um carro novo, que seria o substituto do Renault Gordini. Eu entrei numa engenharia avançada com um chefe austríaco que era um excelente engenheiro, excepcionalmente bom, e que só me motivou, o que foi um pouco de sorte. O interesse era grande, mas a sorte foi grande também.

## **7. Projetistas são natos ou podem ser treinados?**

Naturalmente, se o indivíduo tiver curiosidade e interesse sobre coisas mecânicas, eletromecânicas, eletrônicas, eletromecânicas-hidráulicas e pneumáticas, porque as máquinas hoje são assim, ele certamente pode ser treinado. Mas ele precisa ter interesse. Ele certamente pode ser treinado se tiver a vocação, o interesse, senão, não dá. A natureza do projetista é a da criatividade. O indivíduo criativo é capaz de elaborar as informações que ele tem para gerar idéias novas, mas isso depende da personalidade, de inibições, do ambiente onde ele está, da formação familiar, de várias outras coisas. Um pouco de estímulo é importante.

**Transcrição N.º 10: Engenheiro Paulo Carlos Kaminski**



## **PARTE 1 – CARACTERIZAÇÃO DO ENTREVISTADO**

1. Nome: Paulo Carlos Kaminski.
2. Faculdade cursada: Escola Politécnica - engenharia naval.
3. Formado em: 1986.
4. Cursos adicionais: mestrado e doutorado em engenharia mecânica (92), livre docência em estruturas mecânicas (97), graduado em Administração de Empresas pela FEA-USP (91), pós-doutoramento em desenvolvimento de produtos e estruturas mecânicas pela Universidade Técnica de Darmstadt (94).
5. Cargo ocupado atualmente: Professor associado do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica (97).
6. Tempo de experiência com projeto: 15 anos

## **PARTE 2 – LEVANTAMENTO DA METODOLOGIA EMPREGADA**

1. **Quais são as informações recebidas como input pelo engenheiro para executar um projeto? Qual é o resultado final do trabalho do projetista? Qual o grau de integração entre projeto e fabricação durante o processo de projeto?**

Varia de empresa para empresa e de projeto para projeto. Normalmente os inputs para o engenheiro são bastante vagos, qualitativos e não quantitativos e faz parte da atividade do engenheiro quantificar essas entradas para o seu projeto. O resultado físico do trabalho do projetista é geralmente um relatório contendo um memorial descritivo, explanações sobre o projeto, descrições da função do projeto, resultados obtidos, desenhos e cálculos, às vezes maquetes, às vezes resultados de experimentos, às vezes protótipos físicos feitos com máquinas de prototipagem

rápida. A integração entre projeto e fabricação é maior hoje do que no passado, mas ainda menor do que o desejável. A qualidade dos projetos feitos atualmente no Brasil poderia ser melhorada, principalmente em pequenas e médias empresas através de uma maior integração entre essas áreas.

**2. O trabalho de projeto é feito em equipe ou individualmente? Se é feito em equipe, como se administram as contribuições dos diferentes membros?**

Qualquer projeto de médio porte para cima é sempre feito em equipe, porque a complexidade do projeto e o volume de tarefas necessárias para o seu desenvolvimento não permitiriam. A questão de administrar as contribuições é resolvida através de um gerente de projetos, que coordena as participações dos diferentes membros da equipe dentro de um projeto específico.

**3. Qual a seqüência de etapas seguida na prática na elaboração de um projeto?**

Estudo de viabilidade, projeto básico, projeto executivo, ensaios; essas etapas são seguidas com várias interações entre si. O projeto possui um planejamento um pouco mais formal, mas na prática, naturalmente se vai para a informalidade. Essa seqüência de etapas é basicamente aquela apresentada nos livros que teorizam o processo de projeto, mas aqui ela ocorre de uma forma mais flexível. Na prática, isso varia muito de produto para produto e de empresa para empresa. Falando em termos de um tipo específico de produto, aquele que é feito para o consumidor final, que vai comprá-lo em supermercados ou lojas. A primeira etapa é enxergar todo o ciclo de produção e consumo desse produto, ou seja, o projeto, a fabricação, a estocagem, a distribuição, como esse produto é consumido, por quanto tempo é consumido, é feita manutenção ou não, é necessária assistência técnica ou não, como é abandonado esse

produto. Essa visão global do ciclo de produção e consumo é muito importante para o projetista porque o produto tem de ser desenvolvido visando todas essas etapas. É lógico que a prioridade é dada ao consumo, porque se o consumidor não comprar o produto, não adianta projetá-lo. Depois, vem a espiral de projeto, que consiste em passar pelos diversos elementos que devem ser projetados para que aquele produto seja desenvolvido, e não se passa apenas uma vez por cada uma delas. Para cada um desses elementos, se passa por um estudo de viabilidade, um projeto básico, um projeto mais detalhado

**4. Como se estabelecem os critérios de seleção de idéias utilizados para filtrar o conjunto inicial de possíveis produtos?**

Varia muito de empresa para empresa. Normalmente a seleção mais rigorosa é feita pelo setor de marketing tecnológico da empresa, composto muitas vezes por engenheiros, que analisam as idéias vindas do mercado, dos clientes, da assistência técnica e passam as melhores para critérios quantitativos dentro da empresa. [Seria o custo o principal critério de seleção?] Não exatamente. O custo é um aspecto funcional do produto mais adequado. O que se visa sempre é a relação custo/benefício.

**5. Qual o processo utilizado para manter controle sobre o tempo alocado para cada fase do desenvolvimento do produto?**

Pessoalmente, tenho uma proposta baseada em pontos de controle, por exemplo, a escolha da solução mais adequada, o projeto básico, o projeto da fabricação desse produto, o projeto do ferramental para a fabricação desse produto; nesses pontos se estipulam datas ao longo do ano onde cada um desses processos deve estar

concluído, e se alocam os responsáveis para cada uma dessas etapas. Nesse método, se estipulam os tempos e os responsáveis devem procurar atingir esses tempos. Se eles, a priori, percebem que não conseguirão atingir essas metas, eles devem interagir com o gerente de projeto, justificar porque não é viável aquele prazo; não se trata de fazer um estudo do caminho crítico, porque, de antemão, é muito difícil ter informações suficientemente confiáveis para sobre elas planejar o projeto; os tempos são muito elásticos. O CPM é adequado para se ter uma estimativa do tempo gasto, mas quem tem informações realmente precisas sobre cada uma das etapas são os responsáveis por elas. Não adianta, portanto, que o gerente de projeto estabeleça um caminho crítico para o projeto completo; por outro lado, os caminhos críticos para as partes não são o caminho crítico para o todo. Em síntese, o gerente de projeto estabelece as datas limites e os responsáveis pelas partes devem argumentar se isso é viável ou não, justificando quando não for e requisitando novos prazos.

#### **6. Quais os pontos que se deve levantar na análise de viabilidade de um produto potencial?**

Inicialmente, deve-se efetuar um estudo de mercado -- preço, volume de produção e tempo de vida do produto, pontos que devem ser levantados pelo setor de marketing da empresa. Essas informações servem para analisar se há uma perspectiva de viabilizar economicamente esse produto. Depois, deve-se verificar se há condições de desenvolver esse produto -- se o incremento que deverá ser dado na linha atual de produtos da empresa para atingir esse determinado mercado não será grande demais, e se o processo de fabricação muda muito ou não. Assim, tem-se uma idéia do risco que se está correndo e do capital necessário para desenvolver esse produto e o processo de fabricação. Esse dois eixos devem ser considerados: o desenvolvimento

do produto em si e o desenvolvimento do processo de fabricação para se chegar a esse produto.

**7. Na prática, há algum tipo de orientação para que os projetistas consigam superar o problema de barreiras à criatividade?**

O mais importante é que o projetista se mantenha constantemente aberto para novas idéias, observando e entendendo o que a concorrência faz, participando de feiras, participando de cursos de especialização na sua área de atuação para conhecer as novas tecnologias de produto e de processos de fabricação e interagindo com profissionais da mesma linha de atuação.

**PARTE 3 – FORMAÇÃO DE PROJETISTAS NOS CURSOS DE ENGENHARIA**

**1. Qual é a sua visão sobre o nível dos profissionais que estão sendo formados atualmente na área de engenharia? Quais são os principais pontos fortes e fracos desses profissionais?**

A Escola Politécnica da USP forma, senão os melhores, os prováveis melhores profissionais da área de engenharia do Brasil e mesmo da América do Sul. Os nossos alunos, quando formados, possuem um grande embasamento teórico, analítico, e o grande ponto forte é o seu raciocínio lógico. O que talvez pudesse ser melhorado é a capacidade de síntese desses alunos, a capacidade de projetar coisas, transformar informação em produto -- o que se treina menos o aluno para fazer, por que a maior ênfase é dada ao aspecto de análise dos problemas.

**2. Quais disciplinas devem ser priorizadas no ensino de engenharia, tendo em**

**vista a formação de bons projetistas? (Ciências dos materiais, disciplinas de projeto, CAD, disciplinas de raciocínio analítico puro...). Ou, por outro lado, seria a visão global do conhecimento da engenharia que definiria o bom projetista?**

Como já foi afirmado anteriormente, para quem vai trabalhar com projeto, devem-se priorizar as disciplinas de síntese, de projeto, que envolvem as matérias básicas de engenharia -- matemática, física, mecânica geral, que estabelecem um raciocínio básico muito apurado, as ciências da engenharia -- mecânica dos fluidos, termodinâmica, resistência dos materiais, elementos de máquinas, e as disciplinas de projeto -- metodologia de projeto, projeto do produto, que procuram sintetizar os conhecimentos absorvidos em outras disciplinas na forma de um projeto.

- 3. Quais são os conhecimentos não específicos da engenharia que podem ser de maior utilidade para um projetista (administração, economia, logística, marketing, vendas...)?**

Na área administrativa, a parte de gestão de projetos, que é muito importante para o projetista. Na área de logística e marketing, o mais importante é conseguir traduzir as informações de vendas, que são qualitativas ou ainda numéricas, mas não técnicas, em aspectos quantitativos para poder desenvolver um produto. Os aspectos legais também podem ser de grande utilidade, como no caso de registro de patentes, por exemplo.

- 4. Qual é a sua visão sobre a importância do conhecimento humanístico (não técnico) para a formação do bom projetista? Qual tipo de conhecimento parece importante a você?**

O conhecimento humanístico é importante em qualquer atividade humana, e quanto mais perto de pessoas, mais importante ele será. Na área de desenvolvimento de produtos, um produto que não seja ergonômico, que não seja visualmente atrativo, ou que de alguma forma possa chocar-se com os valores culturais do público consumidor, esse produto não será adequado, e o projetista deve ter em mente todos esses fatores quando for fazer o projeto.

**5. Como desenvolver habilidades de projeto através de atividades não-acadêmicas (visitas a escritórios de projeto, treinamento para a comunicação verbal e/ou escrita, estímulo ao trabalho em grupo...)?**

Através das próprias atividades mencionadas na pergunta, mas, principalmente, projetando. A grande experiência de projeto vem através do desenvolvimento concreto de produtos, utilizando os conhecimentos formais obtidos nos cursos de graduação e especialização. É com isso que se consegue desenvolver as habilidades de projeto. Infelizmente, a universidade não tem condições de oferecer ao aluno a experiência profissional, que deve ser adquirida pelo aluno trabalhando junto com professores, com profissionais, com os escritórios piloto, com empresas juniores, realmente desenvolvendo alguma coisa. É essa experiência que vai dar qualificação ao aluno. A parte teórica é a mais importante, mas sem a parte prática, muito provavelmente, esse aluno não vai conseguir desenvolver um projeto. Por outro lado, se o aluno parte somente para o lado prático, operacional, ele não será capaz de produzir grandes inovações, nem de acompanhar mudanças maiores nos produtos e nos processos de fabricação.

**6. Quais foram os fatores que o levaram a dedicar-se ao projeto e não a qualquer**

**outra área da engenharia?**

Essencialmente, as características de projeto, a possibilidade de trabalhar desenvolvendo produtos os mais variados.

**7. Projetistas são natos ou podem ser treinados?**

Depende muito da educação que a pessoa teve antes de exercer a atividade, mas o projetista não é um artista, e creio que eles possam ser treinados. O projetista é uma pessoa com uma sólida formação cultural e técnica que se dedica ao desenvolvimento de produtos. [Então não existe uma influência grande do aspecto vocacional?] A pessoa já teve que ter uma influência vocacional para se tornar um engenheiro ou tecnólogo, e não qualquer outra coisa. Para conseguir desenvolver produtos, ela tem que ter a formação cultural e profissional muito sólida, e ainda ter a experiência, necessária para aprimorar as habilidades de projeto.



---

**Síntese das respostas obtidas nas entrevistas,  
referentes à parte 2 do questionário:  
Levantamento da metodologia empregada**

A seguir encontra-se uma síntese qualitativa das respostas obtidas nas entrevistas realizadas, referentes à parte 2 do questionário – levantamento das metodologias empregadas. Uma representação quantitativa dessas respostas pode ser encontrada nos gráficos I a IX, nas páginas 110 a 118, para os quais as respostas abaixo remetem.

**1. Quais são as informações recebidas como input pelo engenheiro para executar um projeto? Qual é o resultado final do trabalho do projetista? Qual o grau de integração entre projeto e fabricação durante o processo de projeto?**

Os entrevistados, ao responder a essa questão, descreveram uma grande variedade de situações possíveis, desde a completa falta de informações a respeito do que o cliente deseja para o produto a ser projetado -- inclusive porque este não sabe o que quer -- até o caso de projetos feitos para grandes empresas, que fornecem especificações completas sobre o projeto -- requisitos técnicos, funcionais, operacionais, construtivos. O que parece se sobressair, porém, é o caso em que as informações recebidas são bastante vagas, qualitativas e não quantitativas, cabendo ao engenheiro filtrar essas informações e identificar qual a necessidade a ser atendida e quais os requisitos reais de projeto. As respostas obtidas para essa questão estão representadas no gráfico I, página 110. O resultado final do projeto, por quase unanimidade de respostas, é o produto final entregue ao cliente, ou em produção seriada, para produtos de consumo, ou instalado e funcionando, no caso de uma máquina, o que, segundo o engenheiro Moyses Szajnbok, é uma tendência atual de projeto. As respostas obtidas para essa questão estão representadas no gráfico II, página 111. Outra tendência de projeto é a total integração entre projeto e fabricação, como uma forma de melhorar a eficiência do projeto e reduzir

custos, mas é consenso geral que o nível em que essa integração ocorre atualmente no Brasil, embora maior do que no passado, ainda é insuficiente -- muitas empresas, mesmo de grande porte, ainda falham nesse aspecto. As respostas obtidas para essa questão estão representadas no gráfico III, página 112.

**2. O trabalho de projeto é feito em equipe ou individualmente? Se é feito em equipe, como se administram as contribuições dos diferentes membros?**

A resposta a essa questão apresentou uma resposta basicamente uniforme: projetos comerciais são feitos em conjunto, não apenas porque o grau de complexidade de grande parte dos projetos exija a participação de muitas pessoas, mas também porque, com a participação de diversos membros, cada um deles pode oferecer uma contribuição mais profunda da sua área de conhecimento particular. As respostas obtidas para essa questão estão representadas no gráfico IV, página 113. Observou-se que, em muitas empresas, as equipes envolvidas com o projeto são realmente multidisciplinares, englobando não apenas pessoas da área técnica e de engenharia, mas também da área de marketing e outras afins. A coordenação dessa equipe, na maioria dos casos relatados, é feita com base na apresentação e discussão das idéias por toda a equipe, cabendo a decisão final nos casos de impasse a uma figura central com uma formação teórica e técnica muito sólida e com uma visão geral do projeto -- o gerente de projetos. As respostas obtidas para essa questão estão representadas no gráfico V, página 114.

**3. Qual a seqüência de etapas seguida na prática na elaboração de um projeto?**

Esta é a questão que apresenta maior dificuldade de padronização das respostas, porque

cada engenheiro entrevistado apresentou o processo de projeto utilizado de uma forma diferente, utilizando uma nomenclatura diferente. O que se observa, porém, é que a linha geral de todas as respostas é semelhante -- a seqüência de passos é essencialmente a mesma, aquela sugerida pelas metodologias, e que é, na verdade, uma tentativa de sistematizar algo que já era utilizado na vida real, e que parece ser lógico a fazer. Como ilustração, apresenta-se como a seqüência ideal de passos seguidos na elaboração do projeto aquela relatada pelo Prof. Omar Moore Madureira, que foi a mais completa e detalhada descrição do processo obtida:

*Planejamento do programa do projeto -- que produto nós vamos fazer, para qual mercado, ou seja, qual é o cliente, qual o prazo para o desenvolvimento do projeto, qual o tempo de utilização desse produto, ou seja, ele será um produto da empresa durante quanto tempo, elaboração de um cronograma básico, estabelecimento dos investimentos necessários, dos limites superiores de investimento nas demais etapas, isto é, no projeto, nos testes, no desenvolvimento, na fabricação e na comercialização, se for o caso. Isso é o planejamento. Agora é preciso fazer um estudo de viabilidade, a partir de requisitos técnicos, funcionais, operacionais, já quantificados, e das novas soluções apresentadas na forma de idéias, palpites. Faz-se uma análise técnica cuidadosa para determinar a viabilidade daquelas soluções atenderem aos requisitos estabelecidos, a fabricabilidade e fornecibilidade do produto. Depois segue-se uma análise econômica e financeira das soluções que não foram descartadas na etapa anterior, para verificar se o fluxo de caixa que aquele produto vai dar é compatível com os objetivos de lucratividade buscados ao estabelecer o programa do produto. Se após essas análises sobrarem soluções, tem-se um produto; em caso contrário, deve-se recomendar alterações no programa de produto*

*para que ele seja viabilizado -- a empresa, se quer manter-se viva, deve sempre desenvolver novos produtos. A partir daí, segue-se o projeto básico, que envolve a parte de engenharia propriamente, todos os estudos, modelos, simulações das soluções remanescentes. Aqui define-se tudo o que é importante quanto a essas soluções, de forma otimizada. O projeto básico termina com um conjunto de parâmetros de projeto definidos; em princípio, ninguém deve mexer nesses parâmetros a partir de agora. Constrói-se então um protótipo para verificar todos os requisitos técnicos funcionais, operacionais e dimensionais, que são confirmados por amostragem e estatística aplicada. Esse é o projeto executivo. Só não se pode garantir que o produto possua as características de durabilidade, confiabilidade e vida útil esperadas, porque o processo de construção do protótipo pode não ser representativo dos processos utilizados para construir o produto em série. Vem agora o projeto do processo produtivo, que depende do grau de diferenciação do novo produto em relação à linha de produtos da empresa. Finalmente, se produz um lote piloto, para verificar através de testes que as unidades produzidas na linha atendem aos requisitos de confiabilidade, capacitando a produção como um todo, porque esses produtos são produzidos exatamente pelos mesmos processos utilizados na linha instalada.*

**4. Como se estabelecem os critérios de seleção de idéias utilizados para filtrar o conjunto inicial de possíveis produtos?**

Um procedimento interessante apresentado por alguns entrevistados é a discussão das idéias do projeto com o cliente, a quem são apresentadas as possíveis soluções, suas vantagens e desvantagens em termos de critérios técnicos de projeto -- fabricabilidade,

funcionalidade, fornecibilidade, custo. O cliente, assessorado pela empresa de projeto, dá a palavra final sobre o que ele considera adequado desenvolver como solução para as suas necessidades. As respostas obtidas para essa questão estão representadas no gráfico VI, página 115.

**5. Qual o processo utilizado para manter controle sobre o tempo alocado para cada fase do desenvolvimento do produto?**

Os entrevistados reconheceram unanimemente a importância dos métodos baseados em PERT/CPM para o controle do tempo do projeto, e ressaltaram como sua grande vantagem a visualização dos aspectos de simultaneidade e precedência, mas pelas suas experiências, o projeto mecânico, normalmente, não é complexo a ponto de requerer um controle formal por esses métodos, sendo necessário apenas em projetos muito grandes e complexos, com várias equipes interligadas, onde a ordem de prioridades e as datas-limite são relevantes. Nos casos mais simples, foi comentado que utilizar esse tipo de controle significa apenas incluir custos adicionais no projeto. Em geral, concordou-se que um bom controle do tempo é obtido com um cronograma inicial, a partir do qual se tenta encaixar as tarefas dentro dos tempos disponíveis. O importante é se estabelecer as datas-limite para que as tarefas sejam finalizadas. As respostas obtidas para essa questão estão representadas no gráfico VII, página 116.

**6. Quais os pontos que se deve levantar na análise de viabilidade de um produto potencial?**

Atendimento aos requisitos técnicos, fabricabilidade, fornecibilidade na qualidade,

volume e preço estabelecidos são os principais elementos a serem considerados numa análise de viabilidade técnica; além disso, deve-se sempre levar em conta se existe um cliente, ou um público consumidor disposto a pagar pelo produto que você vai produzir, gerando uma margem de lucro mínima preestabelecida. O Prof. Paulo Kaminski forneceu a mais precisa descrição dos pontos a serem considerados: inicialmente, deve-se efetuar um estudo de mercado -- preço, volume de produção e tempo de vida do produto, pontos que devem ser levantados pelo setor de marketing da empresa. Essas informações servem para analisar se há uma perspectiva de viabilizar economicamente esse produto. Depois, deve-se verificar se há condições de desenvolver esse produto -- se o incremento que deverá ser dado na linha atual de produtos da empresa para atingir esse determinado mercado não será grande demais, e se o processo de fabricação muda muito ou não. Assim, tem-se uma idéia do risco que se está correndo e do capital necessário para desenvolver esse produto e o processo de fabricação. Esse dois aspectos devem ser considerados: o desenvolvimento do produto em si e o desenvolvimento do processo de fabricação para se chegar a esse produto. O Prof. Nicola Getschko complementarmente afirmou que, além das viabilidades técnica e financeira, também os efeitos ambientais e sociais devem ser considerados; que no Brasil, por enquanto, os efeitos ambientais ainda são levados em consideração apenas em casos muito específicos, como obras civis. O que fica evidente pelas respostas obtidas é que o aspecto financeiro é a grande variável de um processo de projeto. Ainda de acordo com o Prof. Nicola, na maioria dos projetos, a análise de viabilidade é menos técnica do que econômica; para os produtos corriqueiros, o maior ponto de análise é a viabilidade econômica. A viabilidade técnica existe, mas o maior resultado dela é permitir determinar se os custos para a produção do

produto não serão pesados demais. O projetista, tendo em mente que deverá projetar um produto com o custo o mais baixo possível, deve executar o projeto sempre procurando utilizar os meios de produção menos custosos. As respostas obtidas para essa questão estão representadas no gráfico VIII, página 117.

**7. Na prática, há algum tipo de orientação para que os projetistas consigam superar o problema de barreiras à criatividade?**

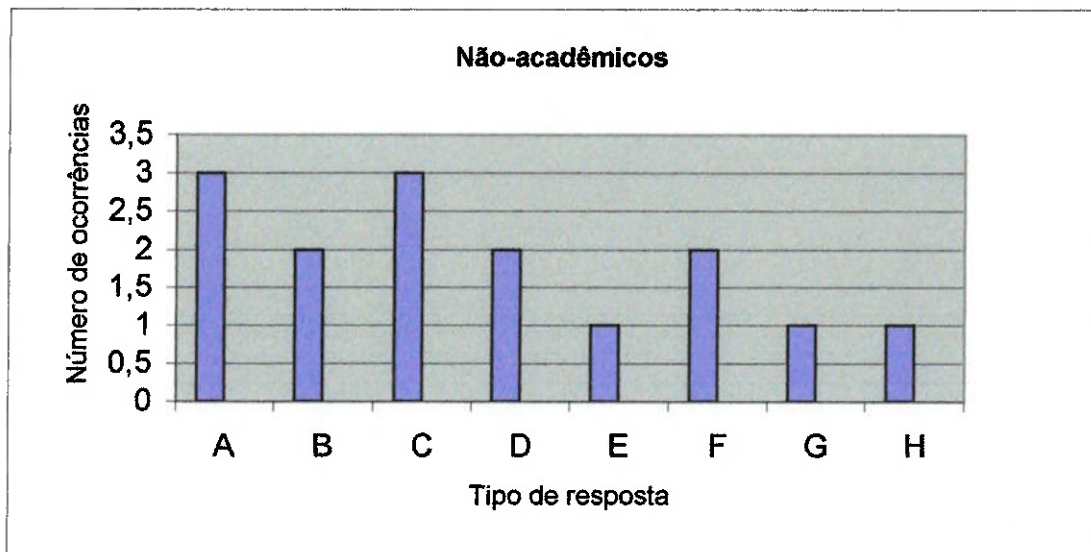
Aproximadamente metade dos entrevistados entende que o problema de limitação da criatividade pode ser contornado através de uma postura por parte do engenheiro de projeto de aumentar sempre o seu conhecimento pessoal, observando o trabalho da concorrência, participando de feiras, cursos de especialização que permitam a ele conhecer as novas tecnologias de produto e de processos de fabricação. A outra metade dos entrevistados afirmou que o grande problema de barreiras à criatividade está, na verdade, na resistência natural que os coordenadores de projeto apresentam a conceitos inovadores. Cabe então ao engenheiro projetista evitar essas restrições fictícias e buscar sempre alternativas não-exploradas para os problemas, utilizando generalidades e não se prendendo às formas tradicionais de resolver os problemas. As respostas obtidas para essa questão estão representadas no gráfico IX, página 118.



**Gráficos I a IX: Distribuição numérica das respostas  
obtidas nas entrevistas referentes à parte 2 do questionário**

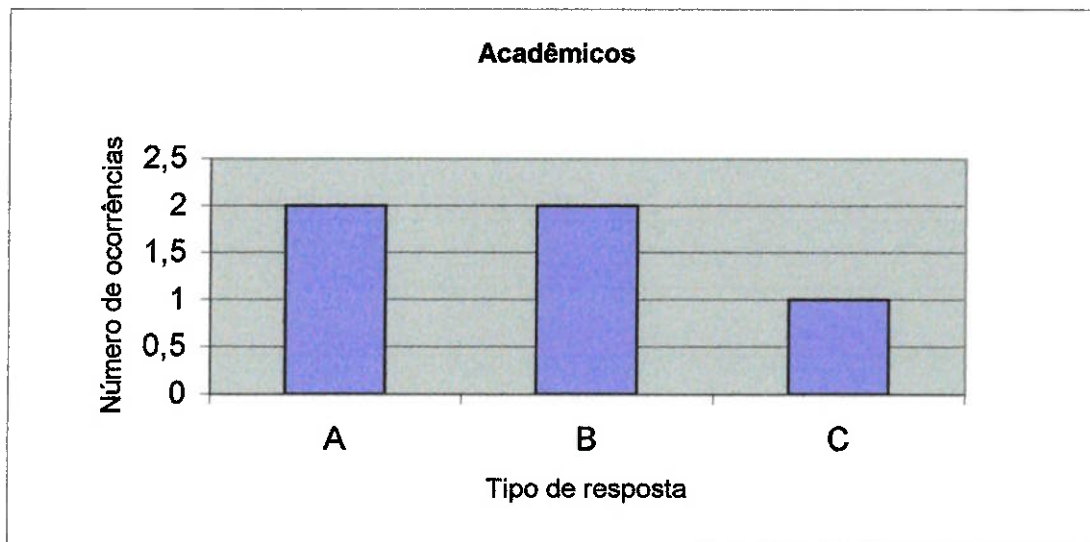
Gráfico I

Quais são as informações recebidas pelo engenheiro para executar um projeto?



**Legenda**

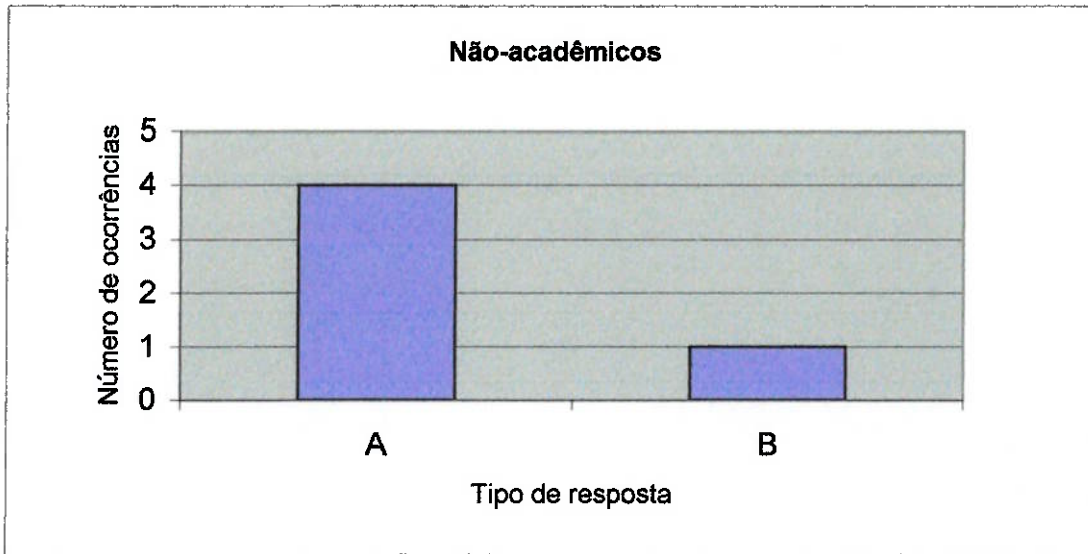
- A Informação não-técnica obtida com o cliente/consumidor final
- B Nicho de mercado/público consumidor para o produto
- C Margem de lucro desejada/limite de preço
- D Para que serve o projeto
- E O que a sociedade ganha com o projeto
- F Características técnicas de desempenho do produto
- G Prazo para desenvolver o projeto
- H Volume de produção requerido



**Legenda**

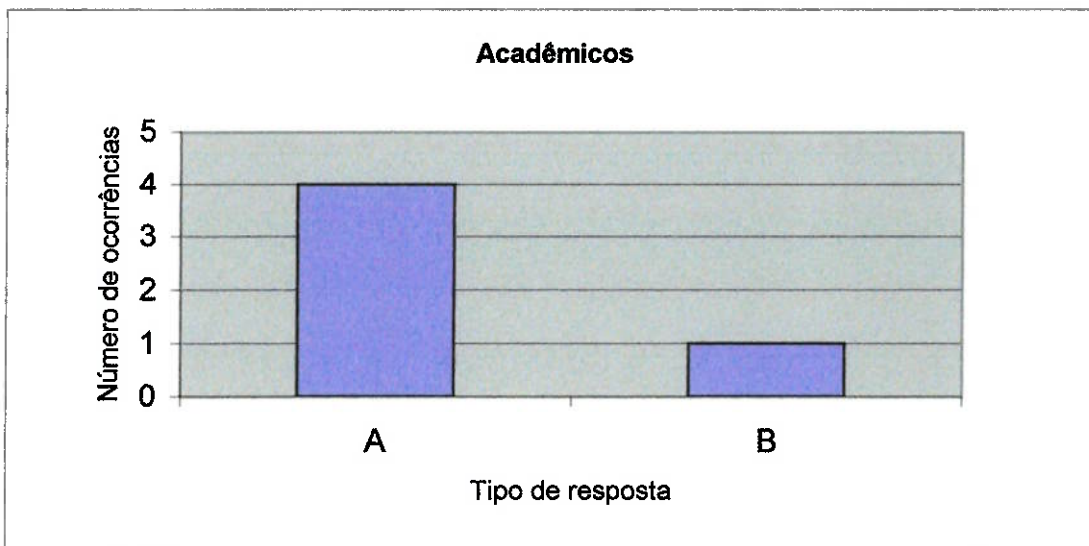
- A Informações não-técnicas e imprecisas obtidas com o cliente/consumidor final
- B O que o mercado quer/o que o cliente espera do projeto
- C Requisitos técnicos, funcionais, operacionais, construtivos (segurança, desempenho...)

**Gráfico II**  
**Qual é o resultado final do trabalho do engenheiro?**



**Legenda**

- A O produto construído, instalado e funcionando
- B Um produto que agrade ao consumidor

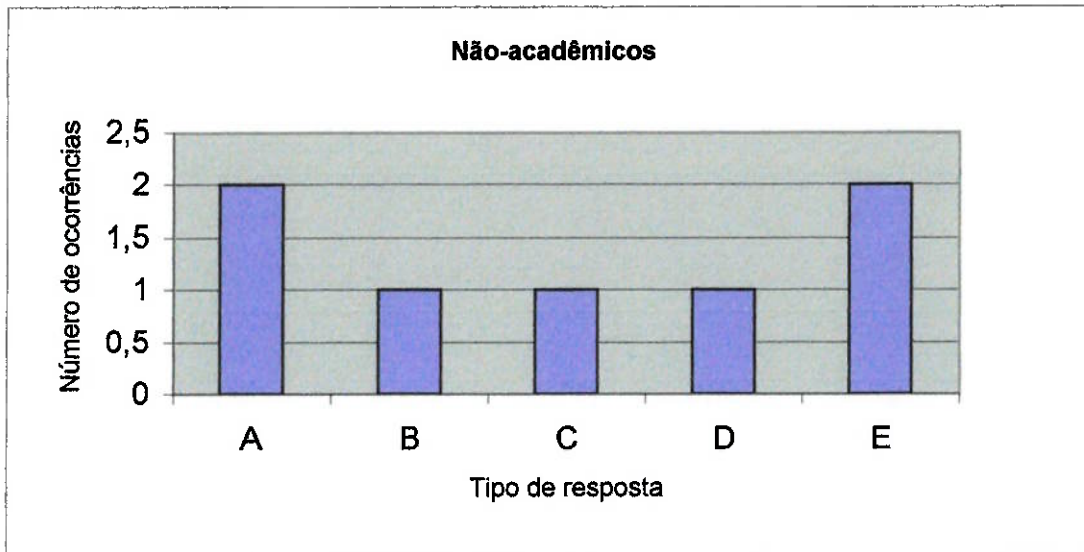


**Legenda**

- A O produto construído, instalado e funcionando
- B Um relatório contendo a descrição, desenhos e especificações do projeto

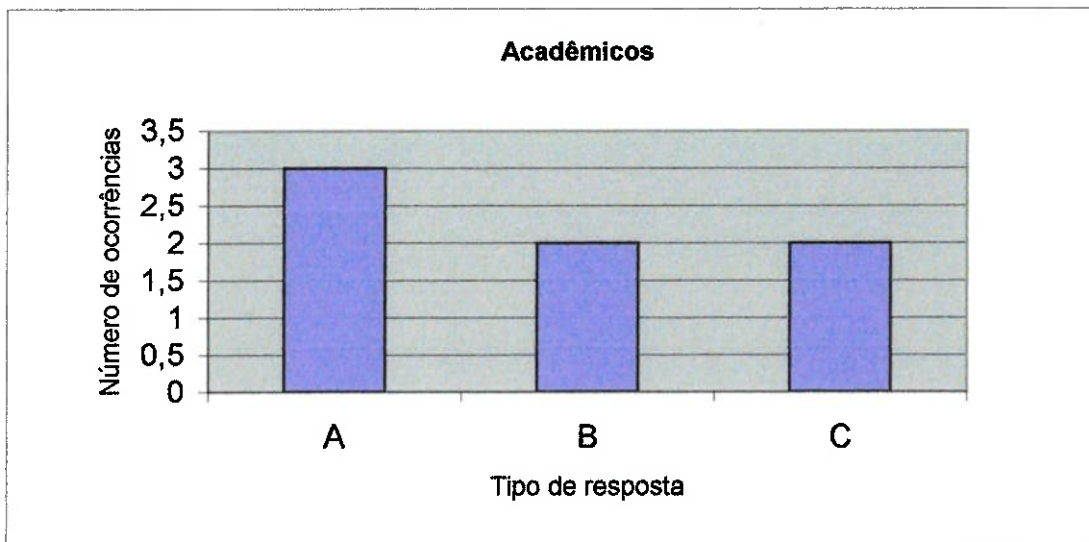
Gráfico III

Qual o grau de integração entre projeto e fabricação durante o processo de projeto?



**Legenda**

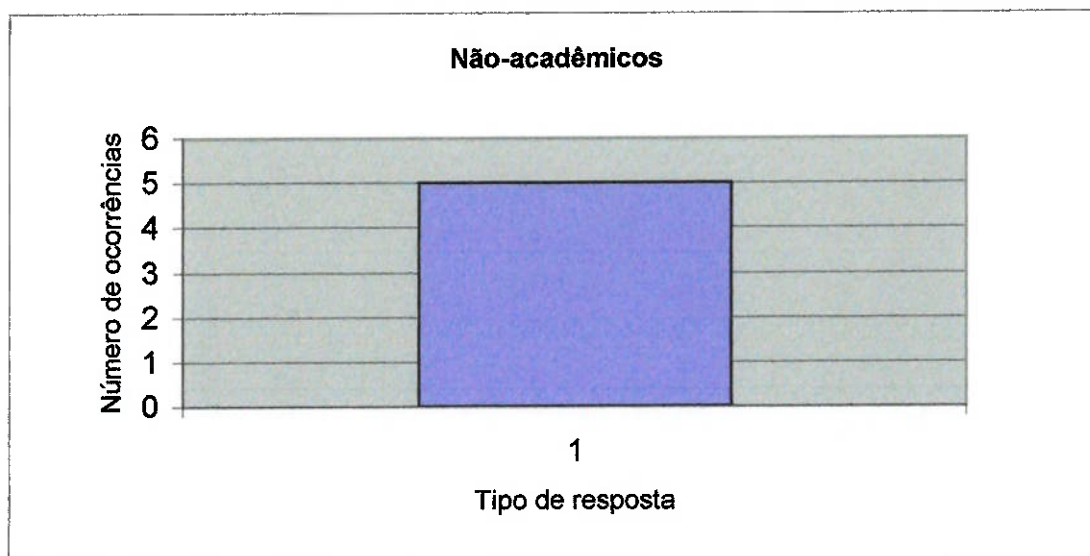
- A É imprescindível ter conhecimento dos processos de fabricação
- B É imprescindível fazer uma consideração prévia da matéria-prima
- C É imprescindível fazer uma consideração prévia dos fornecedores
- D O grau de integração é muito diferente de empresa para empresa
- E A integração é total, atualmente



**Legenda**

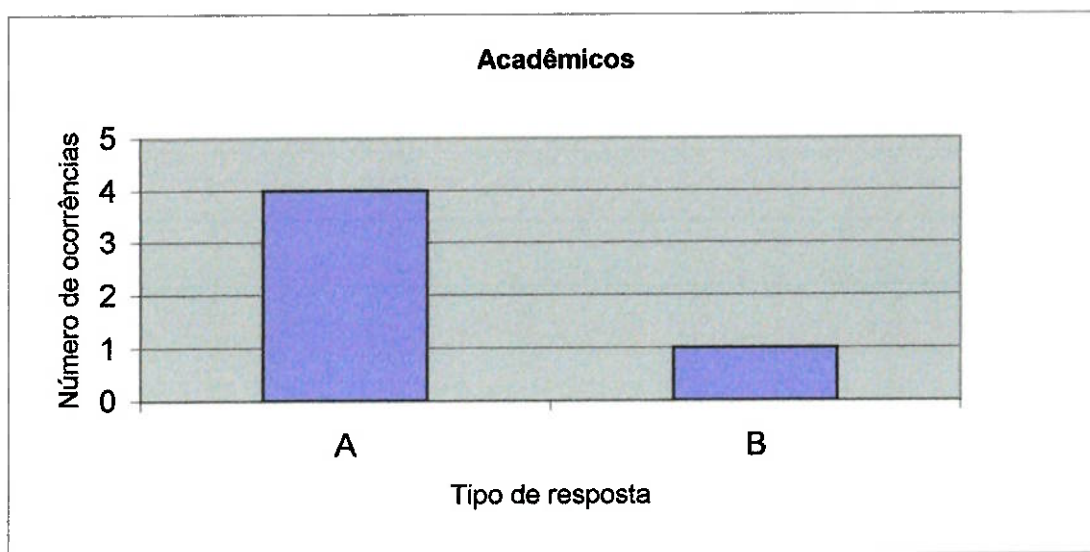
- A É imprescindível ter conhecimento dos processos de fabricação
- B O grau de integração é muito variável de empresa para empresa
- C A integração é hoje maior do que no passado, mas ainda menor do que seria desejável

**Gráfico IV**  
**O projeto é feito em equipe ou individualmente?**



**Legenda**

A Sempre é feito em grupo

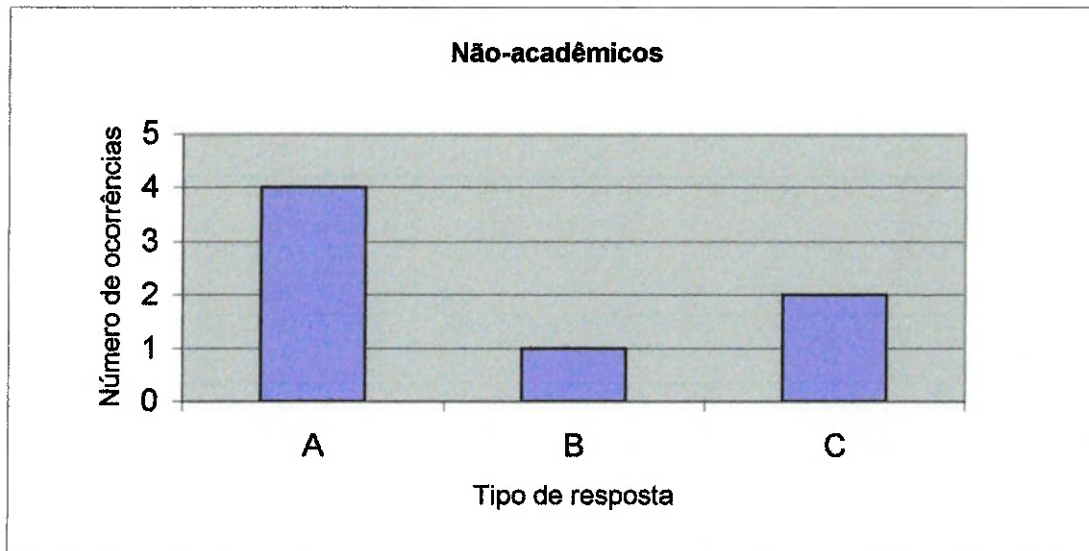


**Legenda**

A Sempre é feito em grupo

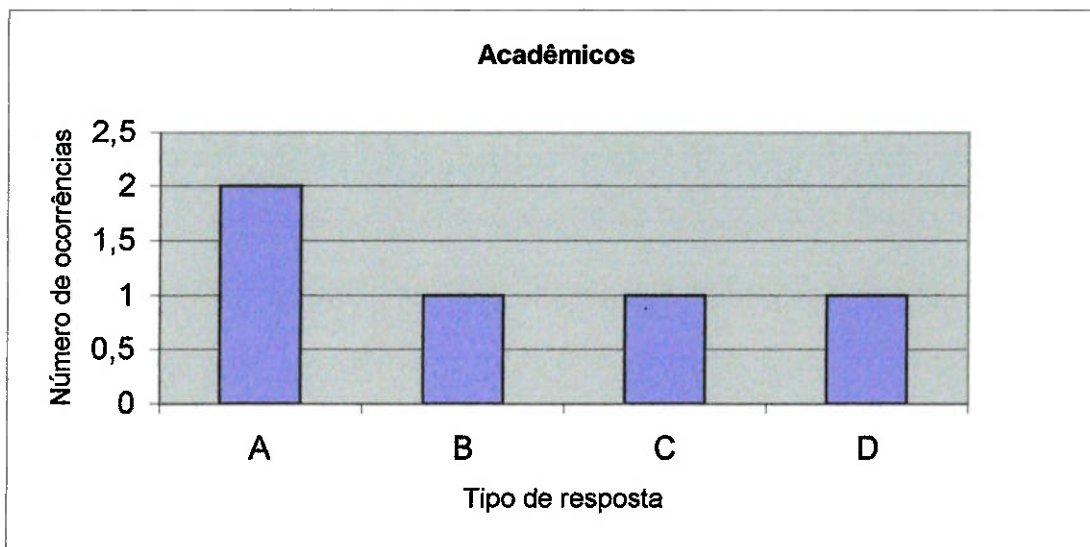
B Pesquisas inovadoras são feitas individualmente

**Gráfico V**  
**Como se administram as contribuições dos diferentes membros?**



**Legenda**

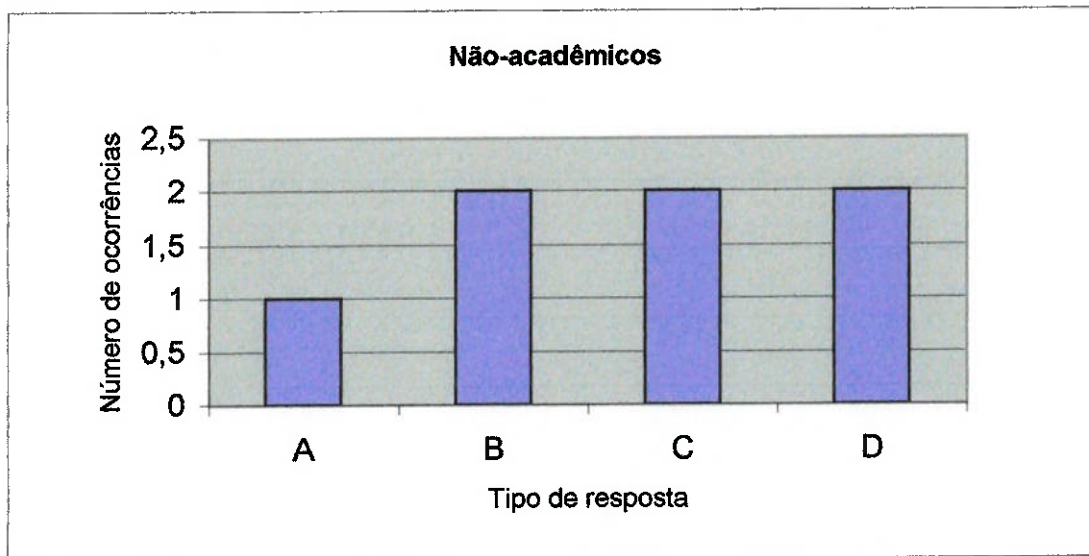
- A Deve haver um coordenador, engenheiro experiente
- B Vencem as idéias que tiverem a menor relação custo-benefício
- C O coordenador toma as decisões, porque ele é quem tem o conhecimento mais profundo do projeto



**Legenda**

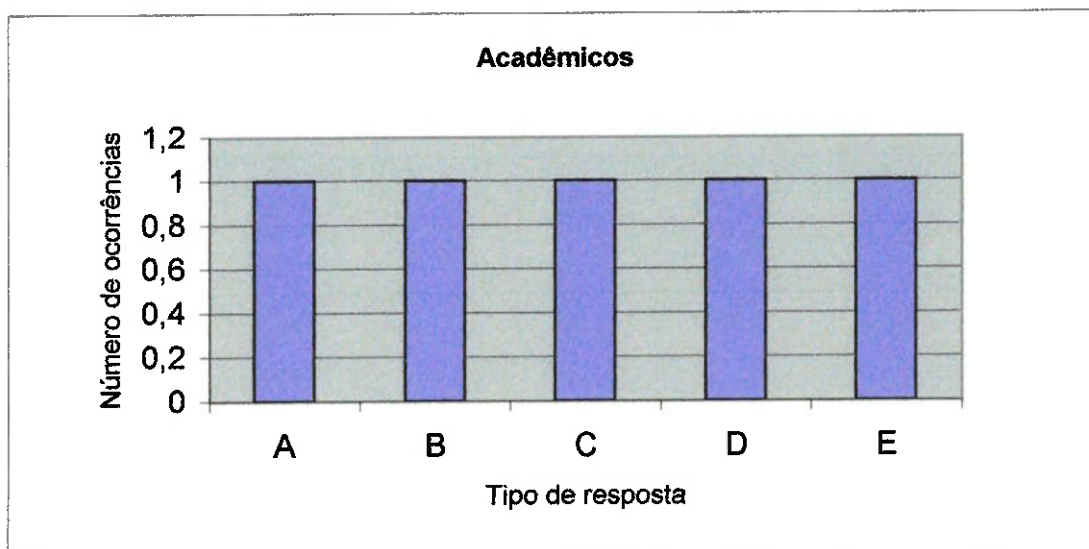
- A Deve haver um coordenador, engenheiro experiente
- B As decisões são tomadas a partir dos critérios de projeto, por meio de um processo semelhante a uma matriz de decisões
- C As decisões são tomadas pela equipe, com base na análise das idéias segundo critérios de exequibilidade física e viabilidade econômica
- D Projetos inovadores são realizados individualmente, no máximo com uma outra pessoa, então não há equipe a coordenar

**Gráfico VI**  
**Quais são os critérios de seleção de idéias utilizados?**



**Legenda**

- A Empresa pequena - o próprio engenheiro faz a seleção
- B Os clientes já sabem o que querem - produtos industriais
- C Observar os produtos da concorrência (pontos fortes e fracos)
- D O cliente faz a seleção das idéias

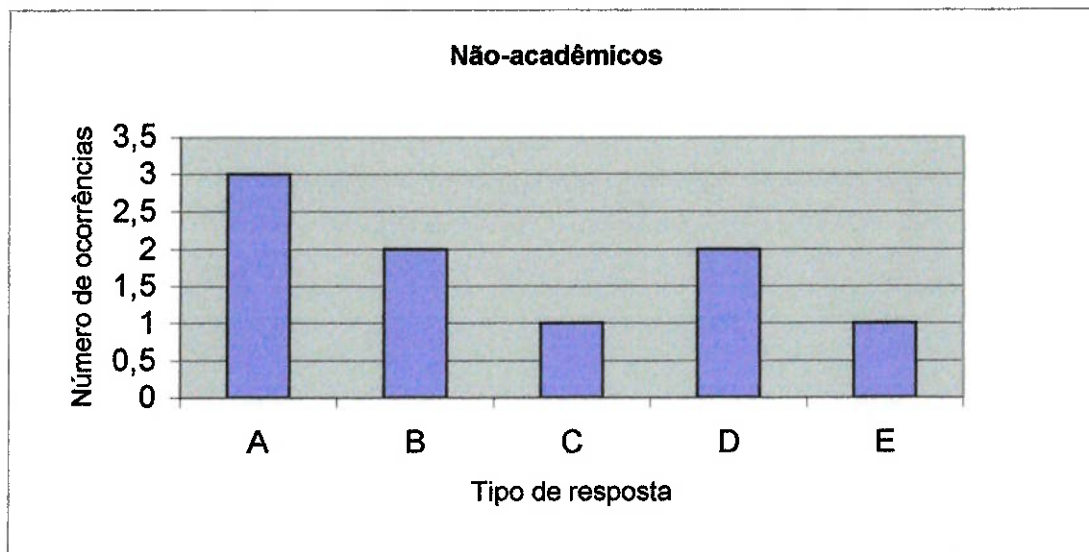


**Legenda**

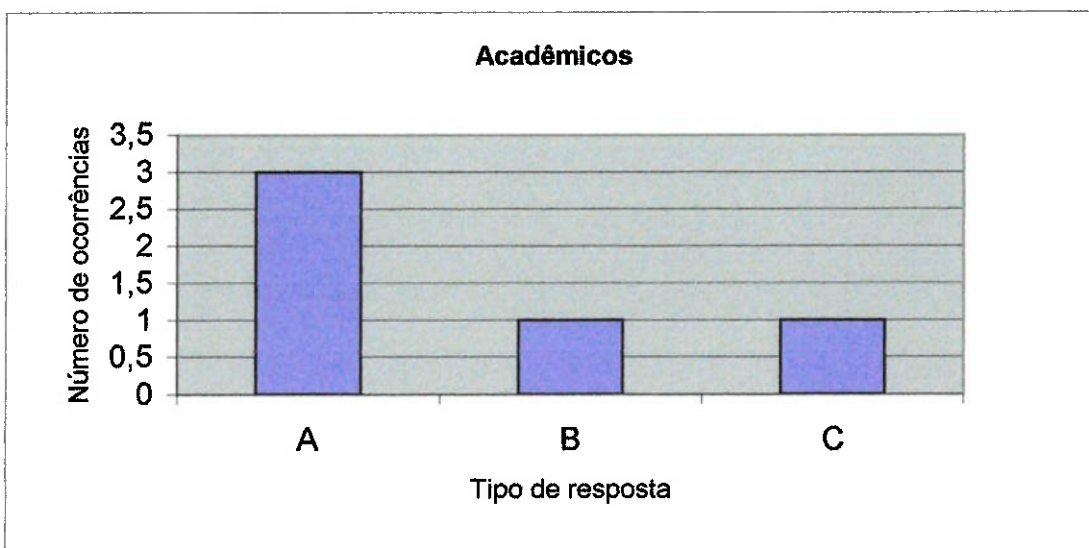
- A A seleção das idéias de produtos é feita com base na relação custo-benefício
- B Os critérios são intuitivos; deve-se ser altamente crítico em relação ao projeto
- C Utilizar parâmetros de natureza social e econômica (que são difíceis de avaliar objetivamente), além de critérios técnicos de projeto
- D O critério de seleção real é o custo
- E Segurança, desempenho, confiabilidade e durabilidade

Gráfico VII

Qual é o processo utilizado para manter controle sobre o tempo gasto?

**Legenda**

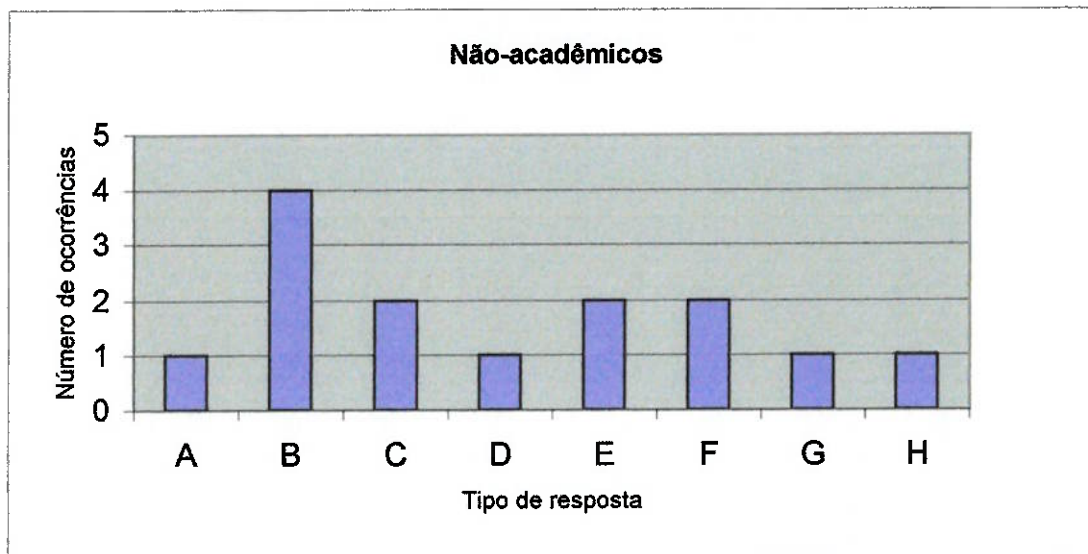
- A Empresa pequena, com poucos funcionários - utiliza-se cronograma
- B PERT/CPM
- C Pode-se usar qualquer método; o importante é prestar atenção no gargalo da produção
- D Pode-se usar qualquer método; o importante é alocar bem o tempo disponível, e monitorar continuamente as horas gastas no projeto
- E Pode-se usar qualquer método; o importante é utilizar um método adequado à complexidade do projeto, não gerando custos desnecessários

**Legenda**

- A PERT/CPM
- B Método dos pontos de controle
- C Não deve haver esse tipo de restrição no projeto inovador

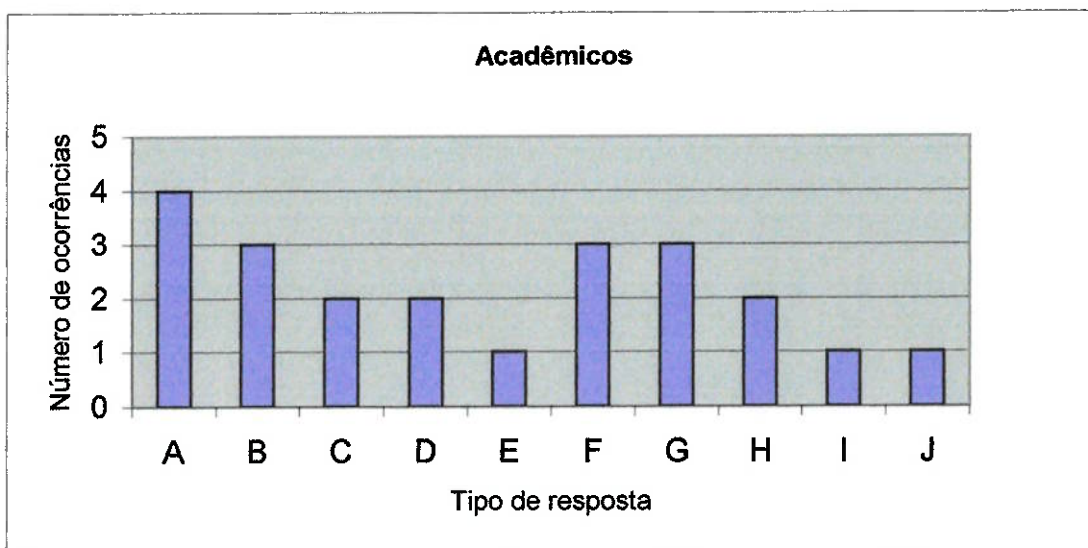


**Gráfico VIII**  
**Critérios utilizados na análise de viabilidade**



**Legenda**

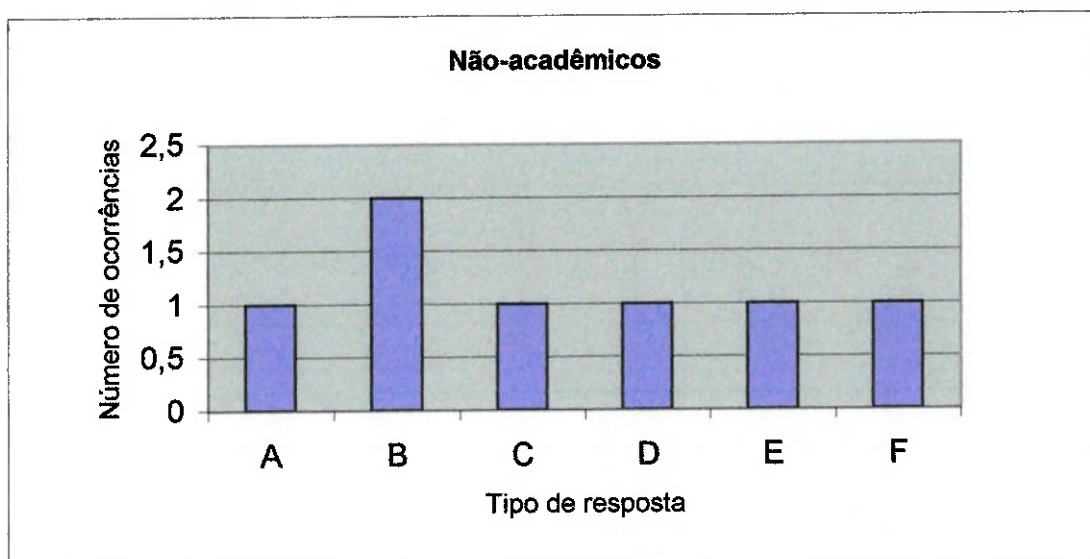
- A O produto atende à necessidade do cliente?
- B Com o que o cliente está disposto a pagar, pode-se obter lucro?
- C Como reduzir os encargos fiscais sobre a produção
- D Tenho pessoal capacitado para executar o projeto?
- E Tenho equipamentos capazes de executar o projeto?
- F Qual o investimento requerido para executar o projeto?
- G Tempo de retorno do investimento inicial
- H Condições de mercado para esse projeto



**Legenda**

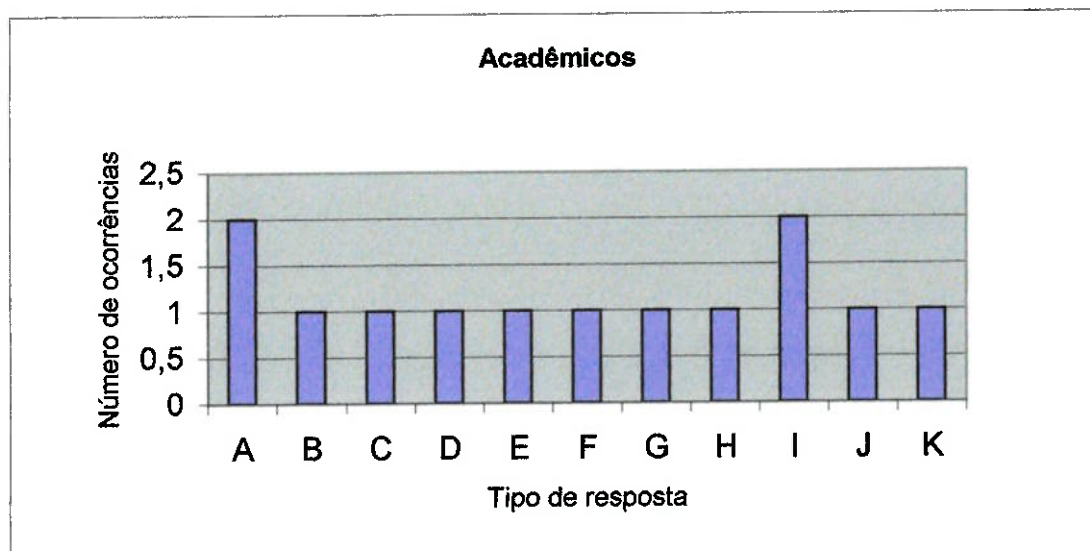
- A Tenho equipamentos capazes de executar o projeto?
- B Tenho a capacidade de produção necessária?
- C Quais os custos da produção?
- D Qual o preço máximo que o produto pode ter?
- E Tempo de vida do produto
- F Viabilidade financeira
- G Atende às necessidades do cliente?
- H Viabilidade ambiental
- I Efeitos sociais do projeto
- J Aspectos estético-construtivos

**Gráfico IX**  
**Como superar barreiras à criatividade?**



**Legenda**

- A Oferecer pequenos desafios aos funcionários
- B Oferecer um ambiente onde o funcionario se sinta confortável
- C Estimular a ligação pessoal do projetista com o projeto
- D Aplicar técnicas formais (cursos e livros) com essa finalidade
- E Estar disposto a inovar e não se prender a convenções
- F Total liberdade de criação



**Legenda**

- A Estar disposto a inovar e não se prender a convenções
- B Total liberdade de criação
- C Observar a concorrência
- D Participar de cursos de especialização, feiras
- E Trocar idéias com outros engenheiros
- F Ser curioso, observar como as coisas funcionam
- G Ter o maior número de experiências possível
- H Deve-se estimular a criatividade do indivíduo desde a infância
- I Não se prender a restrições fictícias
- J Procurar se aprimorar nos assuntos relacionados à sua atividade
- K Buscar alternativas não-exploradas

## **Seção 2: Formação de Projetistas nos cursos de Engenharia**

---

**Síntese das respostas obtidas nas entrevistas,  
referentes à parte 3 do questionário:  
Formação de projetistas nos cursos de engenharia**

A seguir encontra-se uma síntese qualitativa das respostas obtidas nas entrevistas realizadas, referentes à parte 3 do questionário – formação de projetistas nos cursos de engenharia. Uma representação quantitativa dessas respostas pode ser encontrada nos gráficos X a XIX, nas páginas 128 a 137, para os quais as respostas abaixo remetem.

**1. Qual é a sua visão sobre o nível dos profissionais que estão sendo formados atualmente na área de engenharia? Quais são os principais pontos fortes e fracos desses profissionais?**

Os entrevistados afirmaram, de uma maneira bastante uniforme, que o nível profissional do engenheiro depende da escola em que ele estudou; como todos os informantes estão ou estiveram, de alguma forma, ligados à Escola Politécnica, suas respostas foram direcionadas para o engenheiro formado nesta escola, sempre considerado de excelente qualidade. Como pontos fortes, apontou-se unanimemente a sólida formação técnica e teórica e a grande capacidade de análise. Quanto aos pontos fracos, houve uma grande dispersão das respostas, que passaram pela falta de treinamento da habilidade de síntese dos alunos, da sua capacidade de transformar informações em produto, pela falta de experiências em questões práticas da engenharia -- processos de fabricação, por exemplo, pela dificuldade encontrada pelo recém-formado para reunir o seu conhecimento em diferentes áreas, resultante da segmentação da formação em matérias isoladas. As respostas obtidas para essa questão estão representadas nos gráficos X, XI e XII, nas páginas 128, 129 e 130 respectivamente.

- 2. Quais disciplinas devem ser priorizadas no ensino de engenharia, tendo em vista a formação de bons projetistas? (Ciências dos materiais, disciplinas de projeto, CAD, disciplinas de raciocínio analítico puro...) Ou, por outro lado, seria a visão global do conhecimento da engenharia que definiria o bom projetista?**

Todos os entrevistados mencionaram a importância das disciplinas básicas -- física, cálculo, mecânica geral, álgebra linear, disciplinas ligadas a compreensão, descrição e equacionamento dos fenômenos. Metade dos relatos obtidos salientou ainda a importância das disciplinas em que se desenvolvem projetos para a formação do engenheiro, uma vez que considerou-se que a habilidade para o projeto só pode ser melhorada através da prática. A resposta do Prof. Paulo Kaminski parece fazer a conexão mais clara entre todos os elementos necessários à formação do bom engenheiro projetista: deve-se priorizar as disciplinas de síntese, de projeto, que envolvem as matérias básicas de engenharia -- matemática, física, mecânica geral, que estabelecem um raciocínio básico muito apurado, as ciências da engenharia -- mecânica dos fluidos, termodinâmica, resistência dos materiais, elementos de máquinas, e as disciplinas de projeto -- metodologia de projeto, projeto do produto, que procuram sintetizar os conhecimentos absorvidos em outras disciplinas na forma de um projeto. As respostas obtidas para essa questão estão representadas no gráfico XIII, na página 131.

- 3. Quais são os conhecimentos não específicos da engenharia que podem ser de maior utilidade para um projetista (administração, economia, logística, marketing, vendas...)?**

Todos os entrevistados mencionaram a importância, nos dias de hoje, de que o engenheiro tenha conhecimentos de Administração e Economia, para poder gerenciar melhor os projetos, assim como de Marketing, para que ele possa lidar melhor com as informações não-técnicas recebidas do público consumidor quanto às expectativas para o projeto. Foram ainda mencionados como importantes conhecimentos nas áreas de Psicologia, para lidar melhor com os membros das equipes de projeto, Biologia, que foi considerada uma grande fonte de inspiração para o projeto de dispositivos mecânicos, além de englobar a questão de impacto ambiental e Direito, no que diz respeito a registro de patentes e legislação tributária. As respostas obtidas para essa questão estão representadas no gráfico XIV, na página 132.

**4. Qual é a sua visão sobre a importância do conhecimento humanístico (não técnico) para a formação do bom projetista? Qual tipo de conhecimento parece importante a você?**

O conhecimento humanístico foi considerado de grande importância por praticamente todos os entrevistados: as aplicações registradas desse tipo de conhecimento dividiram-se basicamente em facilitar a integração entre o engenheiro e sua equipe de trabalho, em auxiliar a compreensão da época e do mundo em que vive, conseqüentemente auxiliando o engenheiro a operar mudanças construtivas e em permitir ao engenheiro que desenvolva projetos mais adequados ao público consumidor; quanto mais voltados para o consumo forem os produtos, mais se devem levar em consideração fatores como ergonomia, estética e os valores culturais do público consumidor. As áreas citadas como

de maior importância foram História, Filosofia e Sociologia. As respostas obtidas para essa questão estão representadas nos gráficos XV e XVI, nas páginas 133 e 134.

**5. Como desenvolver habilidades de projeto através de atividades não-acadêmicas (visitas a escritórios de projeto, treinamento para a comunicação verbal e/ou escrita, estímulo ao trabalho em grupo...)?**

As atividades de visitas a fábricas e escritórios foram consideradas de importância fundamental por parte dos entrevistados, porque seriam a maneira mais prática do estudante entender como as coisas funcionam – vendo-as funcionar; quanto mais contato o aluno tivesse com a realidade da vida profissional, melhor seria sua formação. Outra parte dos entrevistados considerou que esse tipo de atividade é uma forma válida de ilustrar o conhecimento aprendido na escola, mas que não seria de importância fundamental, representando uma atividade acessória. Foi ressaltado pelo Prof. Paulo Kaminski que as habilidades de projeto são desenvolvidas principalmente pela experiência – ou seja, praticando. Quanto às questões de comunicação e trabalho em grupo, em vários outros pontos da entrevista os informantes manifestaram sua opinião de que esse tipo de treinamento é de grande importância para que o engenheiro consiga integrar-se adequadamente ao ambiente de trabalho e transmitir suas idéias. As respostas obtidas para essa questão estão representadas no gráfico XVII, na página 135.

**6. Quais foram os fatores que o levaram a dedicar-se ao projeto e não a qualquer outra área da engenharia?**



Os entrevistados afirmaram que o grande estímulo para dedicar-se ao projeto é a realização de poder utilizar a criatividade própria combinada com o conhecimento tecnológico obtido na escola para gerar soluções para os problemas propostos, e a sensação gratificante resultante dessa atividade. O elemento criativo e de desafio presentes na atividade de projeto são sempre mencionados como fatores atrativos; a escolha não parece estar fundamentada em qualquer princípio racional, apenas na afinidade apresentada e no interesse natural por essa área. É relevante notar que parte dos entrevistados também mencionou como fator determinante da sua escolha profissional o fato de as oportunidades terem se apresentado no momento certo. As respostas obtidas para essa questão estão representadas no gráfico XVIII, na página 136.

#### **7. Projetistas são natos ou podem ser treinados?**

Nesta questão, obteve-se respostas que são aparentemente diferentes, mas que apontam para uma mesma direção. Todos os entrevistados concordaram que os projetistas poderiam ser treinados, e que com o treinamento adequado qualquer pessoa com interesse pela atividade de projeto poderia exercê-la de forma satisfatória: concordaram também que haveria uma diferença no nível de proficiência dos profissionais que estaria ligada a fatores pessoais não quantificáveis. Uma parte dos entrevistados entendeu como intrínseco o elemento diferenciador de dois profissionais que recebessem o mesmo treinamento – uma canalização natural dos aspectos mentais ou mesmo genéticos para a atividade de projeto, enquanto que outra parte declarou que o que determinaria porque alguns seriam melhores e outros piores seria a vocação apenas – uma afinidade natural

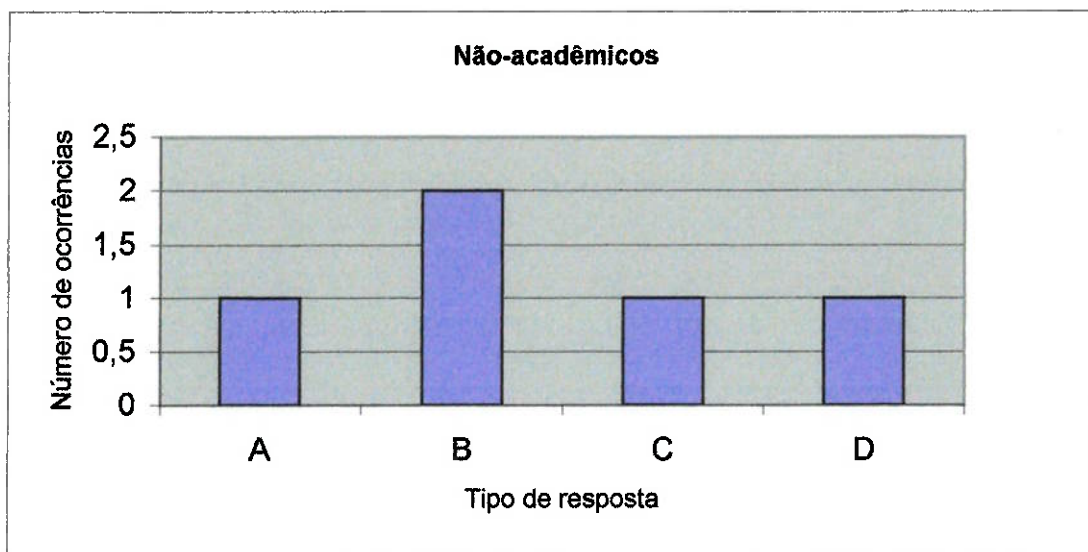
com essa ocupação. As respostas obtidas para essa questão estão representadas no gráfico XIX, na página 137.

---

**Gráficos X a XIX: Distribuição numérica das respostas  
obtidas nas entrevistas referentes à parte 3 do questionário**

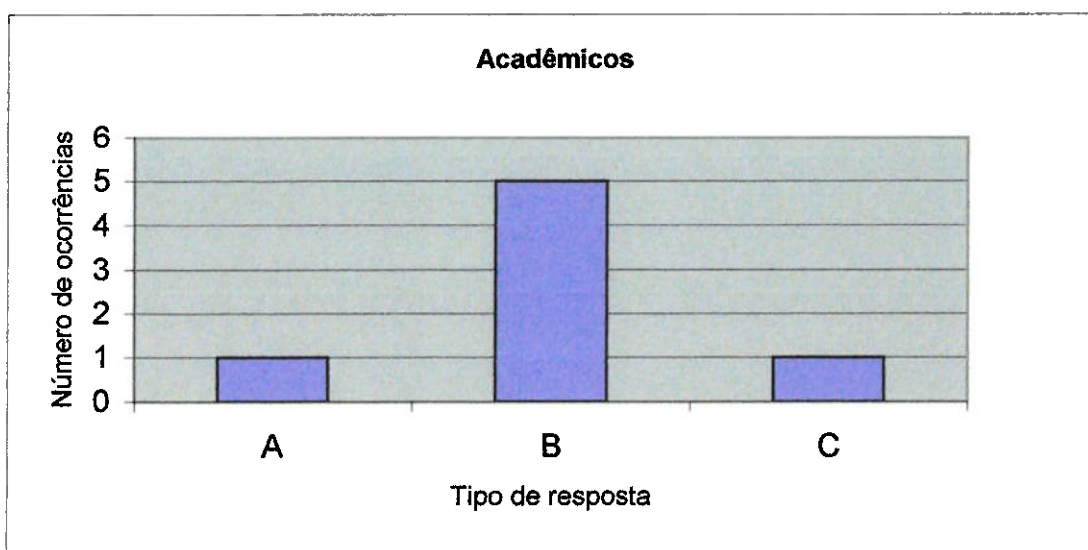
---

**Gráfico X**  
**Qual o nível dos engenheiros formados atualmente?**



**Legenda**

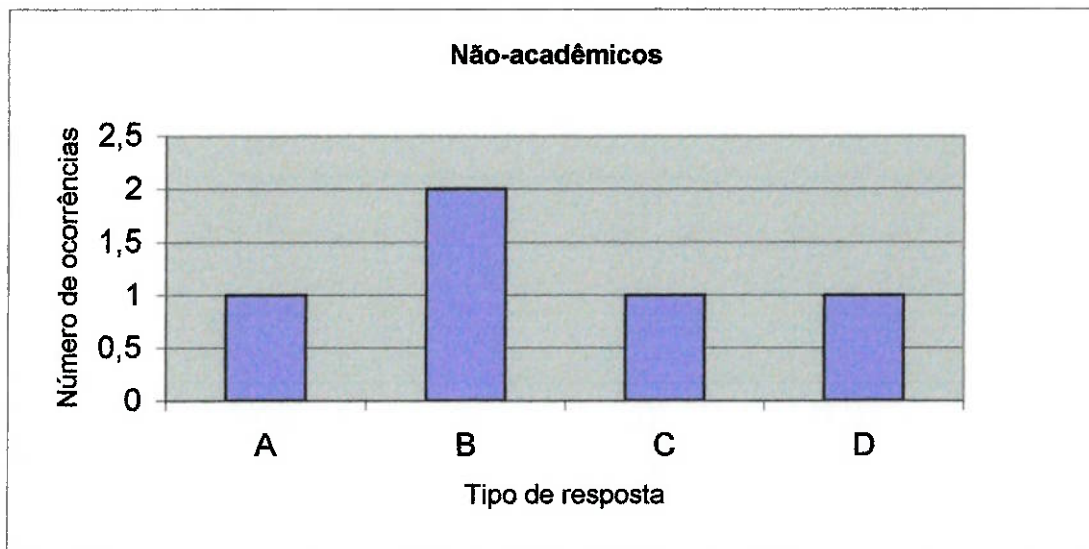
- A Não tem contato com engenheiros recém-formados
- B Na Poli, é muito bom
- C Depende muito da pessoa e do empenho pessoal; não há como generalizar
- D A formação deixa a desejar, porque é inadequada à realidade profissional



**Legenda**

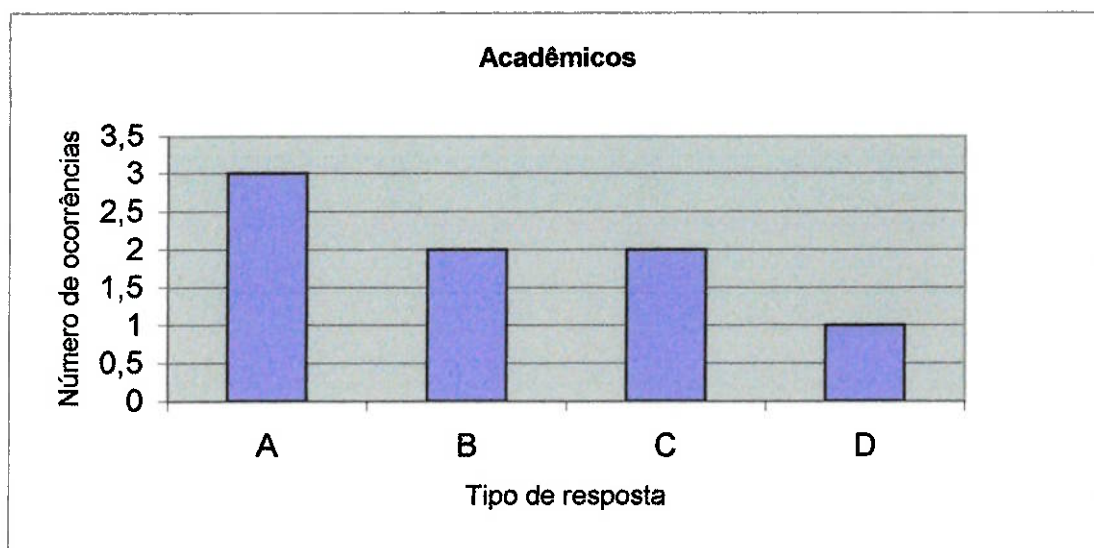
- A Fraco
- B Na Poli, é muito bom
- C Varia muito conforme a escola

**Gráfico XI**  
**Quais são os pontos fortes dos novos profissionais?**



**Legenda**

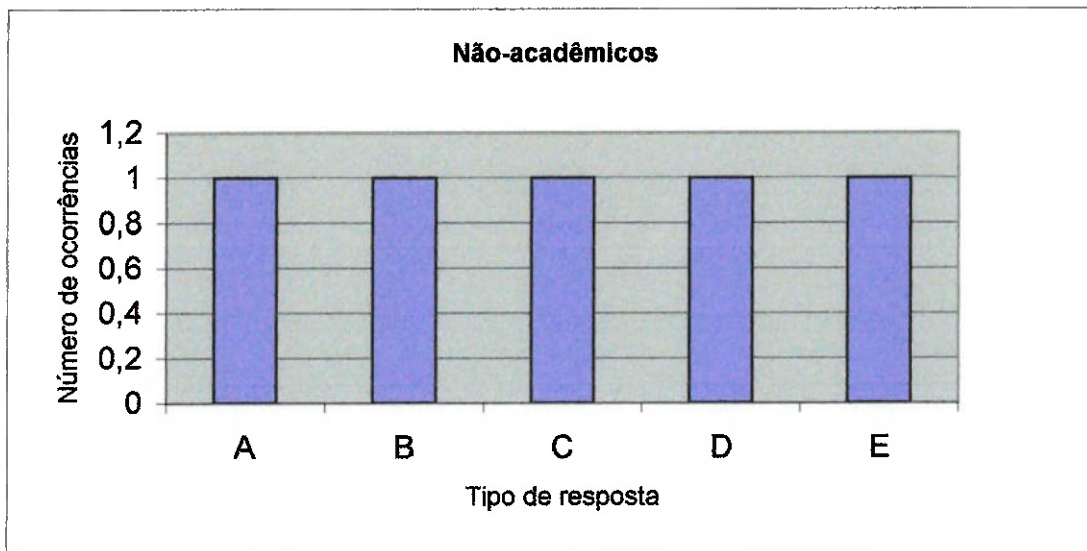
- A Formação Multidisciplinar
- B Forte base teórica
- C QI elevado dos alunos da Poli
- D Depende muito da pessoa, da escola e de outros fatores



**Legenda**

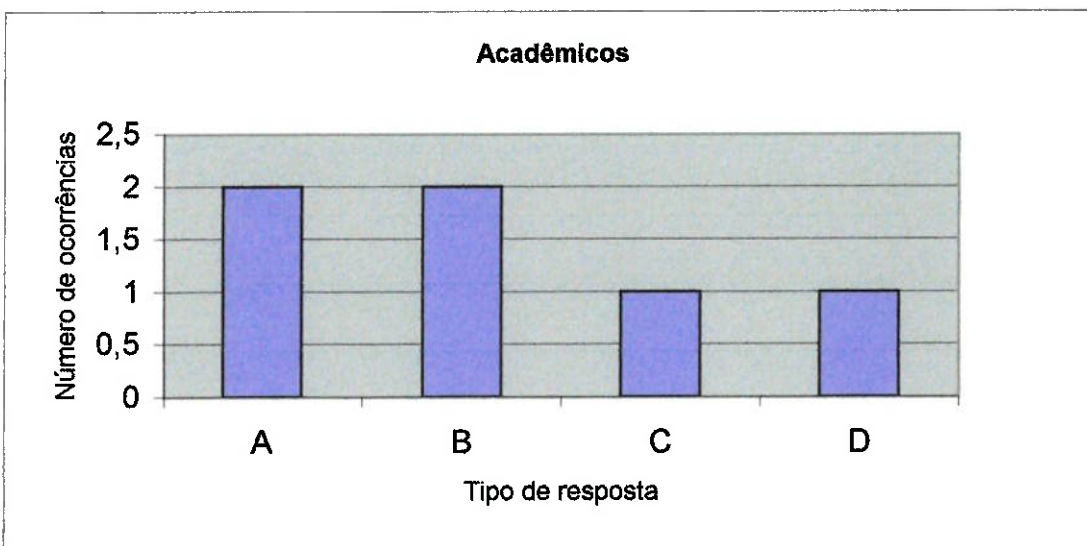
- A Boa formação teórica
- B QI elevado dos alunos da Poli
- C Formação em análise excelente
- D Boa capacidade de adaptação

**Gráfico XII**  
**Quais são os pontos fracos dos novos profissionais?**



**Legenda**

- A Falta de adequação da formação à vida profissional
- B Falta de estímulos - apatia pela engenharia
- C Falta de experiência em desenvolver projetos e utilizar a criatividade para a engenharia
- D Falta de uma formação ampla, devido à criação de sub-especialidades nos cursos de engenharia
- E Se há algum ponto fraco, a culpa é do professor, que não soube conduzir o processo de ensino

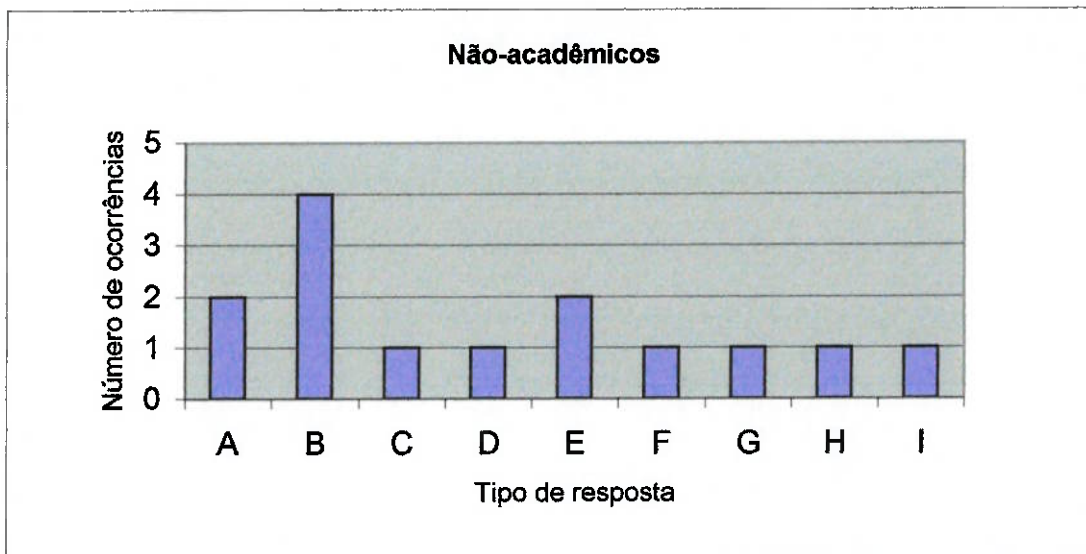


**Legenda**

- A Falta de experiência em desenvolver projetos e utilizar a criatividade para a engenharia
- B Visão segmentada do conhecimento da engenharia - inabilidade em fazer a conexão entre as disciplinas estudadas na escola
- C Falta generalizada de conhecimentos
- D Falta de uma formação com direcionamento fenomenológico-prático

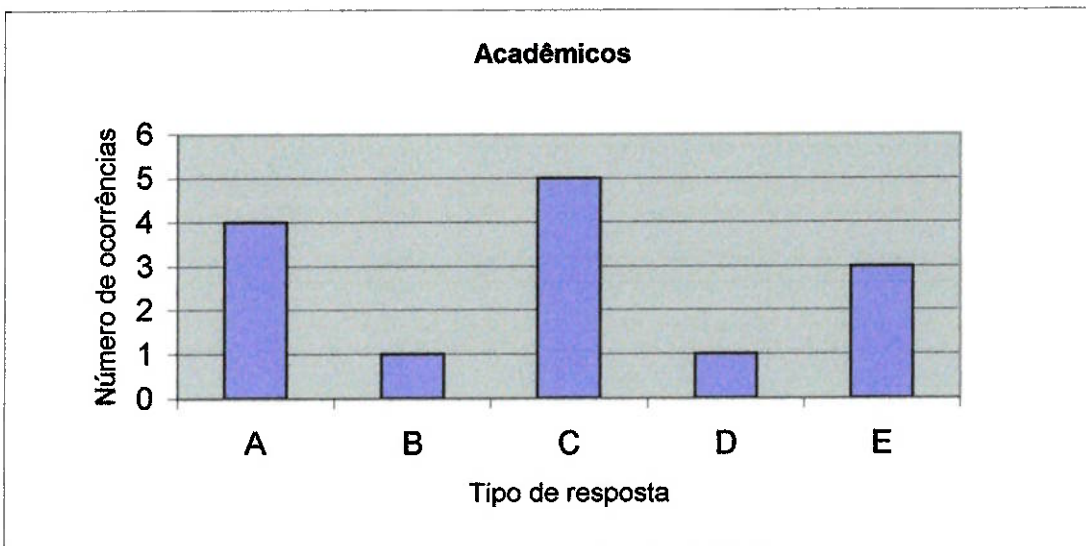
Gráfico XIII

Quais disciplinas devem ser enfatizadas na graduação para formar bons projetistas?



**Legenda**

- A Disciplinas que formam a capacidade de raciocínio
- B O mais importante é a visão global
- C Não se deve enfatizar as disciplinas de tecnologia
- D Não se deve enfatizar as disciplinas expositivas
- E As ciências da engenharia, que são a sua base (termodinâmica, materiais...)
- F Deve-se enfatizar o enfoque fenomenológico (observar como as coisas funcionam)
- G Deve-se enfatizar as disciplinas de síntese (projeto de máquinas...)
- H Deve-se dar um enfoque maior no aspecto tecnológico
- I Deveria haver um grau de especialização menor do que há hoje

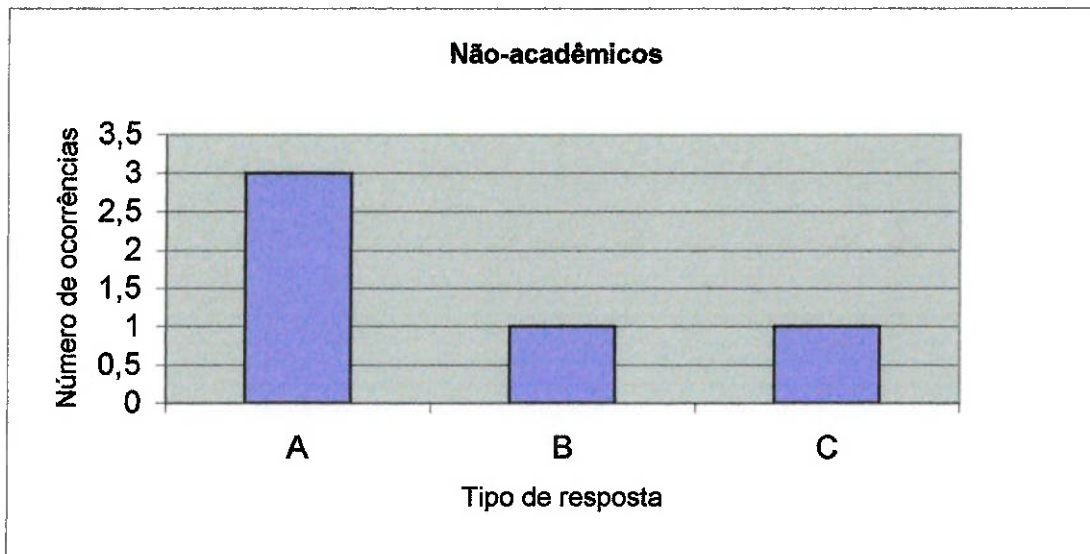


**Legenda**

- A Disciplinas que formam a capacidade de raciocínio
- B Não se deve enfatizar as disciplinas de tecnologia
- C As ciências da engenharia, que são a sua base (termodinâmica, materiais...)
- D Deve-se enfatizar o enfoque fenomenológico (observar como as coisas funcionam)
- E Deve-se enfatizar disciplinas de síntese (projeto de máquinas, metodologia de projeto...)

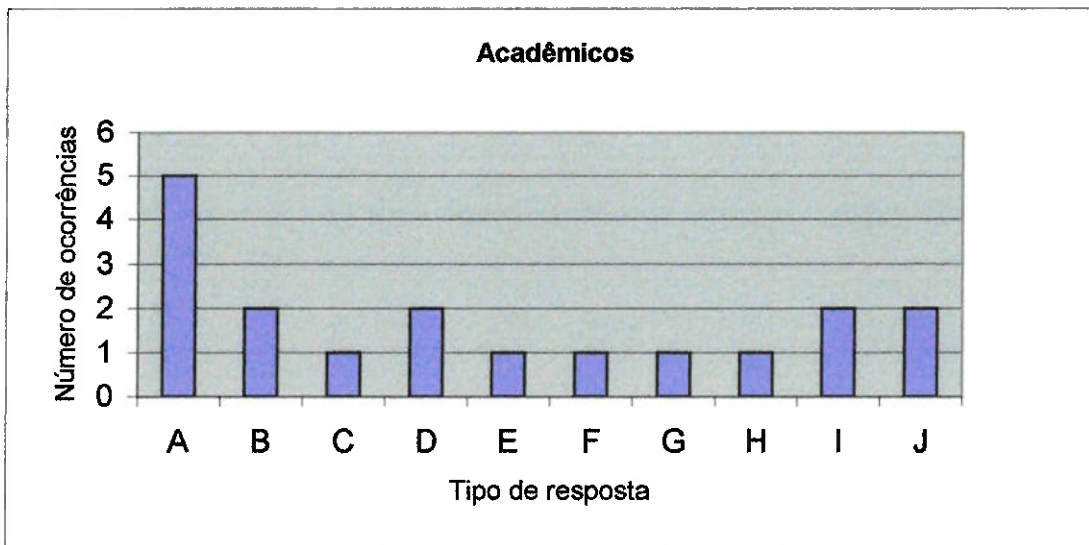
Gráfico XIV

Quais são os conhecimentos não-específicos da engenharia de maior utilidade?



**Legenda**

- A Noções gerais de Economia, Administração e disciplinas gerenciais em geral
- B Noções de custos
- C Depende do perfil do engenheiro



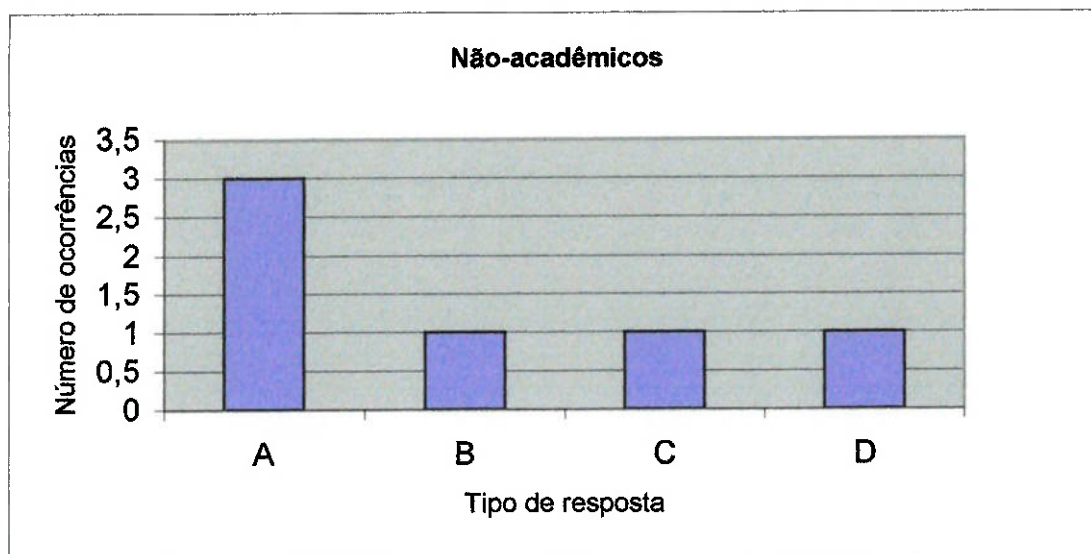
**Legenda**

- A Noções gerais de Economia, Administração e disciplinas gerenciais em geral
- B Biologia
- C Conhecimento de procedimentos legais (para registro de patentes, por exemplo)
- D Gestão de projetos
- E Técnicas de comunicação oral, visual e escrita
- F Direito, para lidar com a tributação da produção
- G Psicologia, para lidar com as equipes de trabalho
- H Disciplinas que permitam avaliar o impacto ambiental do projeto
- I História, Sociologia, Filosofia, para poder avaliar o impacto social do projeto
- J Qualquer coisa a mais que ele saiba é útil



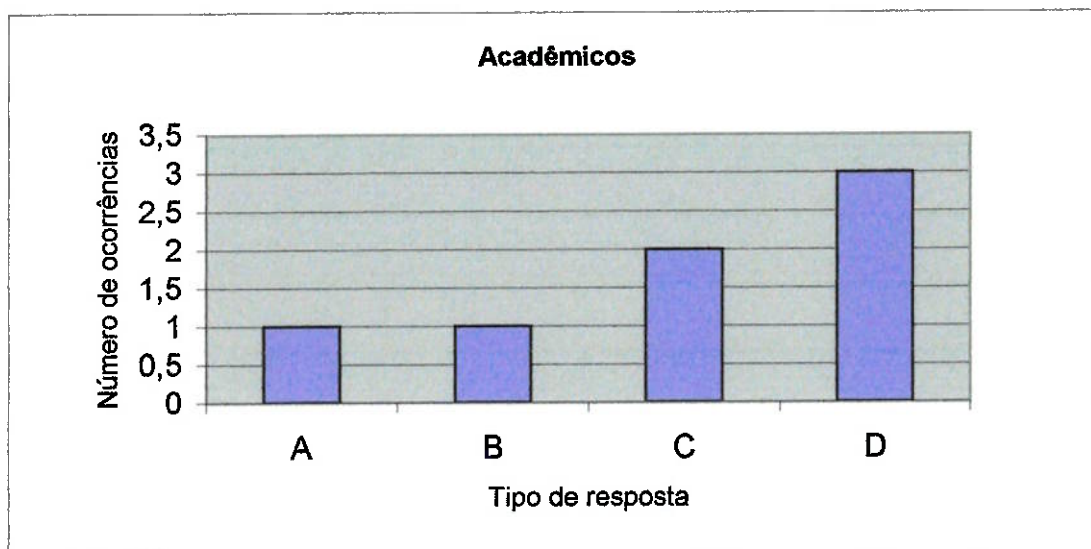
Gráfico XV

Qual a importância do conhecimento humanístico para a formação do projetista?



**Legenda**

- A É muito importante para se relacionar com as pessoas no trabalho
- B Para a engenharia, não tem nenhuma importância
- C É importante, porque permite que você tenha uma visão da sua profissão num contexto global
- D É fundamental, garante que você é uma pessoa capaz

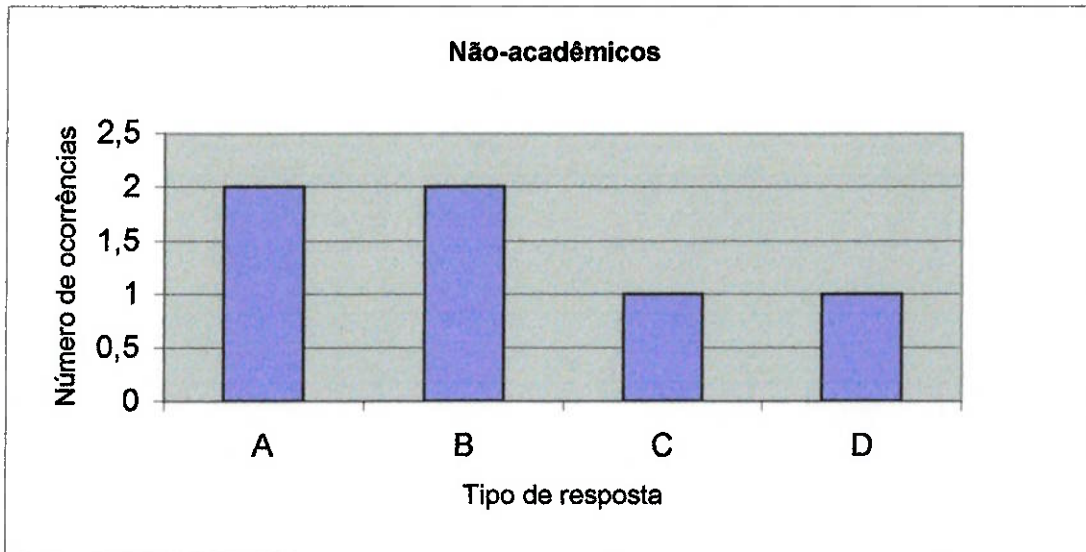


**Legenda**

- A É muito importante para se relacionar com as pessoas no trabalho
- B Para a engenharia, não tem nenhuma importância
- C É importante, porque permite que você tenha uma visão da sua profissão num contexto global
- D É importante em qualquer atividade humana

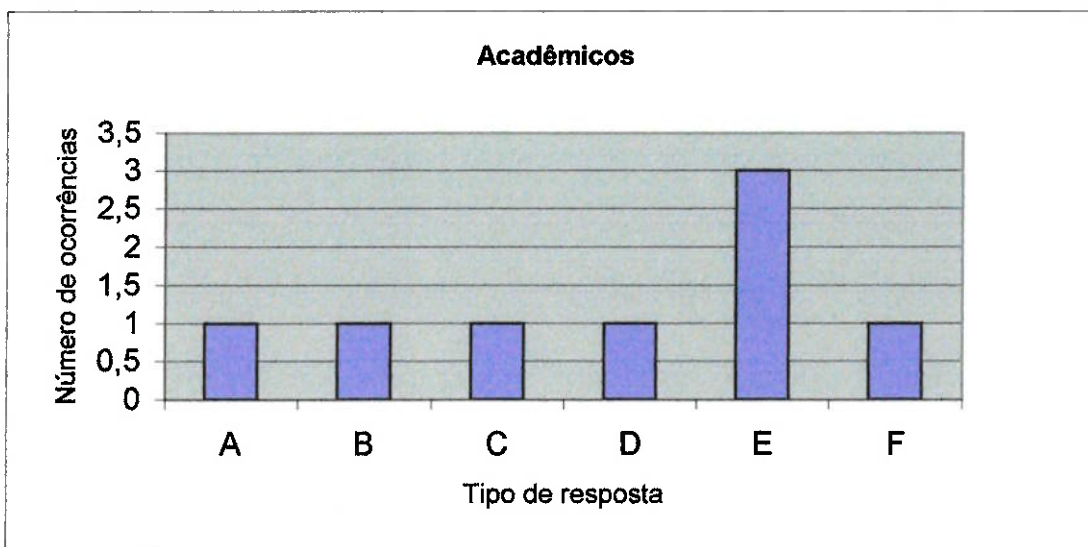
Gráfico XVI

Quais são os conhecimentos humanísticos mais importantes para o engenheiro?



**Legenda**

- A Conhecimento cultural humanístico em sentido amplo
- B Técnicas de Comunicação/Habilidade de relacionamento
- C Psicologia
- D Nenhum

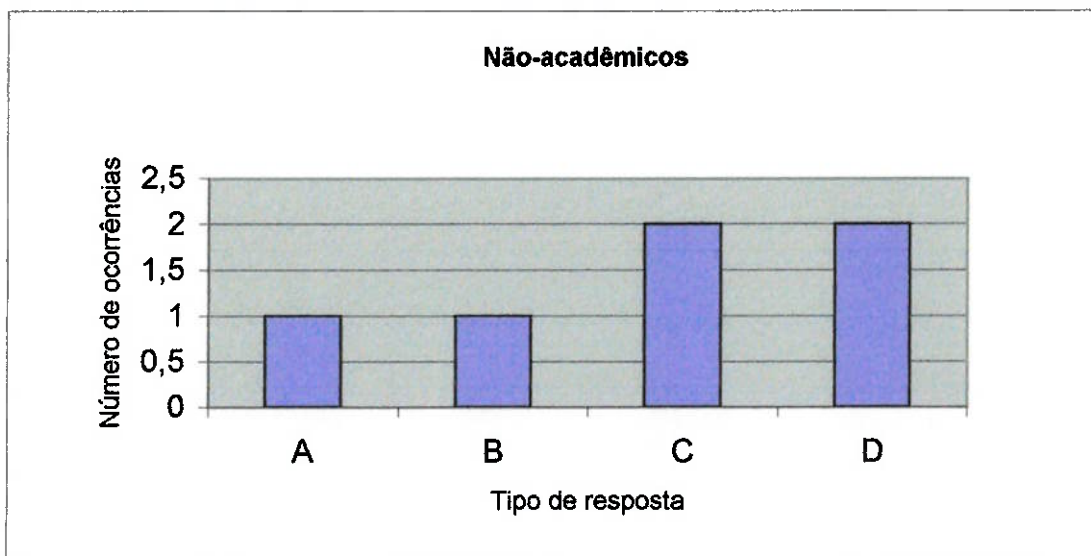


**Legenda**

- A Técnicas de Comunicação/Habilidade de relacionamento
- B Conhecimento dos valores culturais do público consumidor
- C Ergonomia
- D Conceitos de estética, para gerar projetos atraentes para o consumidor/cliente
- E Sociologia, Filosofia, História
- F Ética na engenharia

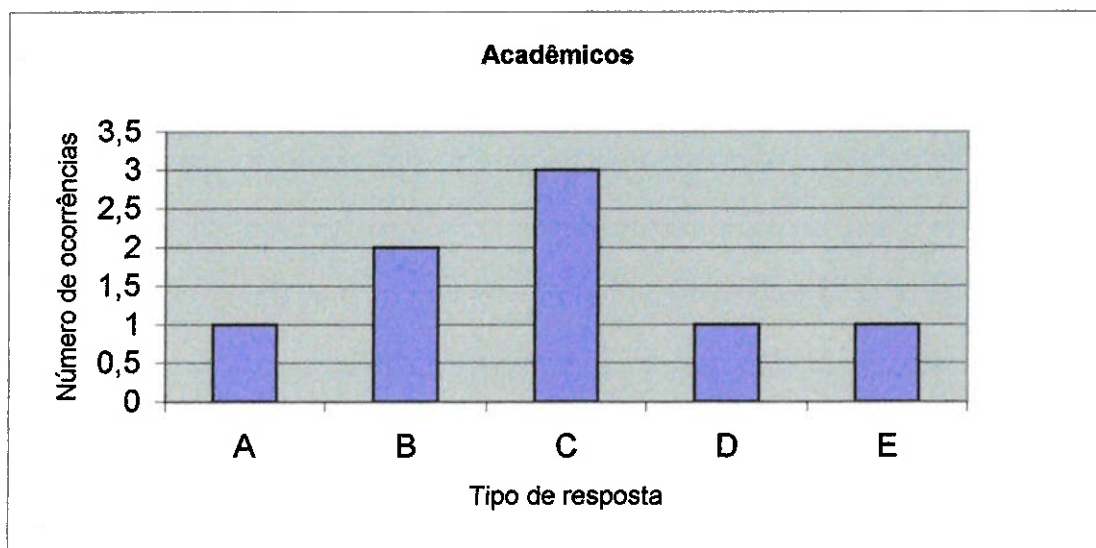
### Gráfico XVII

Quais atividades não-acadêmicas podem auxiliar a formação de bons projetistas?



#### Legenda

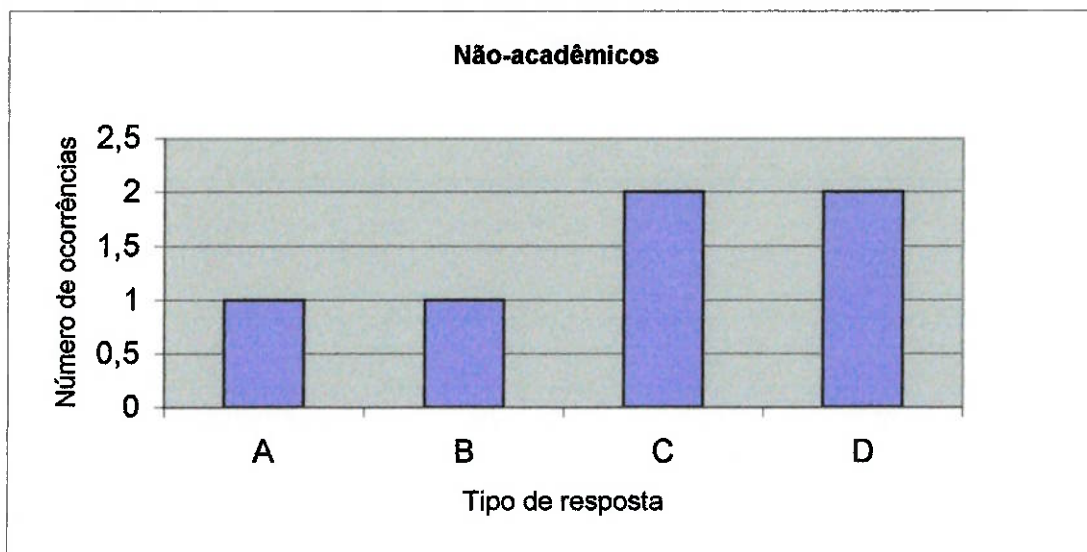
- A Visitas - permitem contato com pessoas que trabalham na área
- B Estágios - fazem com que o aluno lide com problemas reais
- C Visitas - permitem que o estudante tenha contato com as técnicas de produção
- D Visitas servem apenas como ilustração, para que o aluno observe curiosidades



#### Legenda

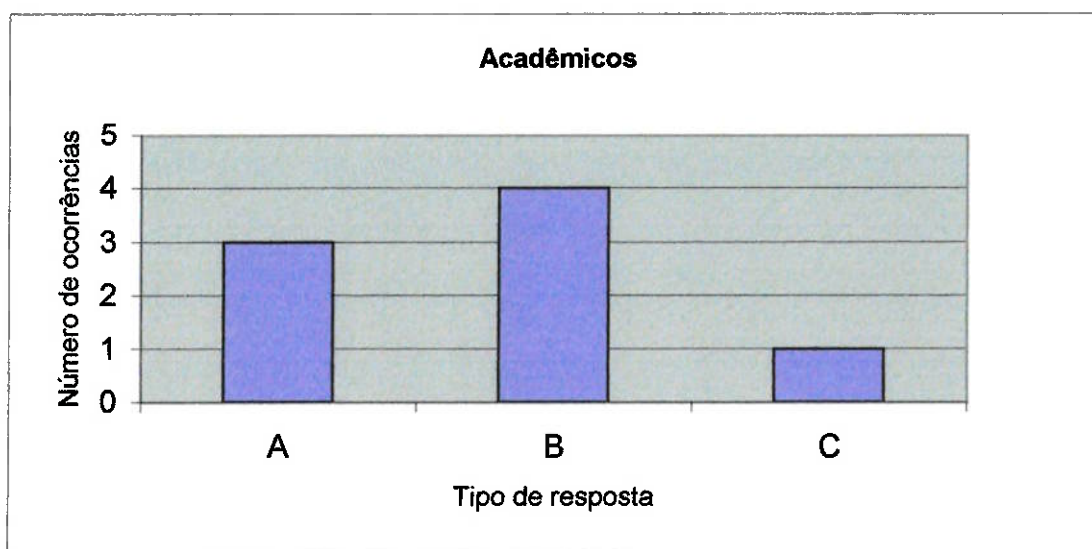
- A Visitas - permitem contato com pessoas que trabalham na área
- B Estágios - fazem com que o aluno lide com problemas reais
- C Visitas - permitem que o estudante tenha contato com as técnicas de produção
- D Atividades onde o aluno possa construir o seu próprio projeto
- E Visitas - permitem que o aluno tenha contato com a atividade de projeto e fenômenos que não poderia observar na sala de aula

**Gráfico XVIII**  
**Por que escolheu a área de projeto?**



**Legenda**

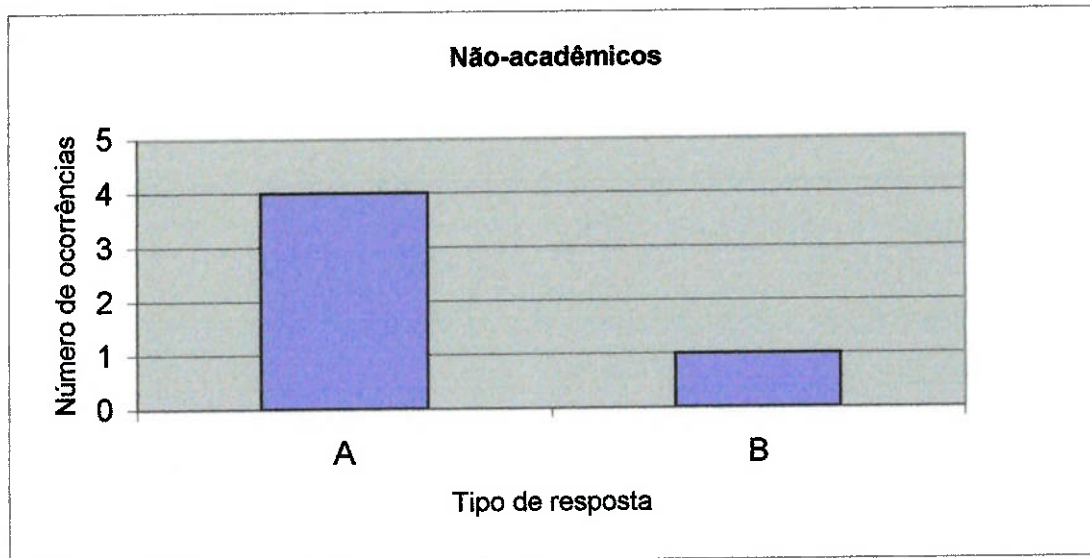
- A Interesse natural pelo funcionamento das coisas
- B Necessidade de sobrevivência
- C Desejo de criar
- D As oportunidades surgiram nessa área



**Legenda**

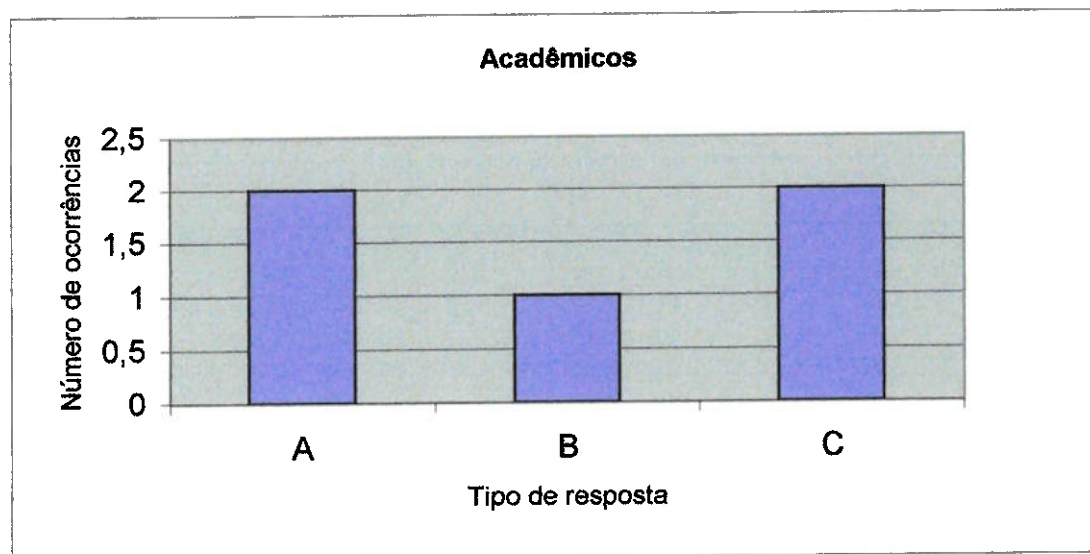
- A Interesse natural pelo funcionamento das coisas
- B Desejo de criar
- C As oportunidades surgiram nessa área

**Gráfico XIX**  
**Projetistas são natos ou podem ser treinados?**



**Legenda**

- A Podem ser treinados, mas a paixão/dedicação integral faz diferença  
 B Qualquer um pode ser treinado para exercer qualquer atividade



**Legenda**

- A Podem ser treinados, mas a paixão/dedicação integral faz diferença  
 B Podem ser treinados, o aspecto vocacional está incluído na escolha pela atividade de projeto  
 C Devem ter um talento natural, que é maximizado com o treinamento adequado

---

### **Seção 3: Caracterização do Tipo Psicológico Médio dos Engenheiros Entrevistados**

---

## **A Teoria dos Tipos Psicológicos de Jung**

## **A teoria dos tipos psicológicos de Jung**

### **Introdução**

Jung, médico e psicólogo suíço, desenvolveu uma das mais abrangentes teorias para explicar a personalidade humana. Onde outros observadores viam o comportamento das pessoas como aleatório, Jung enxergava padrões. O que ele denominou “tipos psicológicos” são os padrões preferenciais que as pessoas utilizam para perceber a realidade e fazer julgamentos (tomar decisões). Na teoria de Jung, toda atividade mental consciente pode ser classificada em quatro processos mentais – dois processos de percepção (sensação e intuição) e dois processos de julgamento (pensamento e sentimento). O que chega à consciência, a cada momento, vem pelos sentidos ou pela intuição. Para permanecer na consciência, as percepções precisam ser usadas. Elas são usadas – ordenadas, pesadas, analisadas, avaliadas – pelos processos de julgamento, que são o pensamento e o sentimento.

### **Os processos mentais**

#### **Processos de percepção: sensação e intuição**

**Sensação (S)** é o termo usado para a percepção do observável pelos sentidos.

**Intuição (N)** é o termo usado para a percepção de significados, relações e possibilidades pelo *insight*.

Os **tipos sensoriais** usam a sensação e a intuição, mas preferem e, portanto, desenvolvem a sensação. Com o adequado desenvolvimento do tipo, a excelência na



sensação pode conduzir à consciência diferenciada da experiência presente, poderes agudos de observação, memória para fatos e detalhes e capacidade para o realismo, para enxergar o mundo como ele é. Atitudes caracteristicamente desenvolvidas como consequência da preferência pela sensação incluem maior confiança na experiência do que na teoria, confiança na maneira convencional de realizar coisas, preferência por partir do que é conhecido e real, e então mover-se sistematicamente, passo a passo, conectando cada novo fato à experiência anterior, testando-o por sua relevância em termos práticos. Para os tipos sensoriais, a “inteligência real” é caracterizada por segurança, precisão e bom senso. Tipos sensoriais são atraídos profissionalmente por carreiras em que a aplicação habilidosa do conhecimento é mais importante do que o desenvolvimento de novas soluções; em que trabalhar com o concreto é mais importante do que utilizar a teoria e o *insight* e em que lidar com situações imediatas utilizando a sabedoria convencional é mais importante que fazer inovações.

Os **tipos intuitivos** usam a sensação e a intuição, mas preferem e, portanto, desenvolvem a intuição. Com o adequado desenvolvimento do tipo, a intuição provê *insights* sobre situações complexas, habilidade para lidar com o abstrato, com relações teóricas e simbólicas, e capacidade para enxergar possibilidades futuras, freqüentemente criativas. Atitudes caracteristicamente desenvolvidas como resultado da preferência pela intuição incluem maior confiança na inspiração do que na experiência pregressa, interesse pelo novo, pelo ainda não experimentado e preferência por aprender novos assuntos pela compreensão intuitiva de significados e relações. Para os tipos intuitivos, a “inteligência real” é demonstrada por meio de *insights* para apreender conceitos complexos, e *flashes* de imaginação e criatividade. Tipos intuitivos são atraídos por carreiras e cenários em que é mais importante encontrar o padrão em sistemas complexos do que lidar com detalhes práticos; em que criar novo conhecimento é mais

importante do que aplicar o conhecimento existente, em que trabalhar com a teoria e imaginação é mais importante que lidar com o concreto, em que o desafio intelectual é mais importante do que a apreciação dos prazeres e eventos da vida diária.

### **Processos de julgamento: pensamento e sentimento**

**Pensamento (T)** é o termo usado para definir um processo lógico de tomada de decisão, objetivando uma descoberta impessoal. **Sentimento (F)** é o termo que descreve um processo de apreciação, cujos julgamentos são baseados em um sistema de valores subjetivos e pessoais. Tanto o pensamento quanto o sentimento são considerados processos racionais porque ambos usam a razão para chegar a conclusões ou decisões.

Os **tipos pensadores** usam tanto o pensamento quanto o sentimento, mas preferem usar o pensamento para fazer julgamentos. Com o desenvolvimento adequado do tipo, a excelência no pensamento leva a poderes de análise e habilidade para pesar fatos objetivamente incluindo conseqüências, tanto as planejadas quanto as não-intencionais. Atitudes tipicamente desenvolvidas com base numa preferência pelo pensamento incluem objetividade, imparcialidade, um senso de equidade e justiça, e habilidade em empregar a análise lógica. Tipos pensadores são atraídos por áreas em que obstinação e habilidades técnicas são necessárias.

Os **tipos sentimentais** usam o pensamento e o sentimento mas preferem fazer julgamentos pelo sentimento. Com o adequado desenvolvimento do tipo, o sentimento leva ao desenvolvimento de valores e padrões, e a um conhecimento do que mais importa para si e para as outras pessoas. Atitudes tipicamente resultantes de uma preferência pelo sentimento incluem a compreensão das motivações das pessoas e o desejo de se ligar a elas, um desejo de harmonia, e a capacidade para cordialidade,

empatia e compaixão. Tipos sentimentais são atraídos por áreas em que a compreensão e a comunicação com pessoas é necessária e consideram as habilidades interpessoais mais interessantes do que as habilidades técnicas.

## **Relações dinâmicas dos processos mentais**

### **O processo dominante**

Todas as pessoas usam habitualmente os quatro processos mentais – sensação, intuição, pensamento e sentimento – mas nós não os utilizamos igualmente bem. Desde a infância cada um de nós passa a confiar mais em um deles do que nos outros. Ele parece mais confiável, e então é mais usado e se torna mais maduro e preciso. Esse processo mental torna-se o dominante, o âmago da personalidade.

Pessoas em que a percepção sensorial é o processo mental dominante, são acima de tudo, pessoas práticas. Sua atenção estrita aos dados providos pelos sentidos torna-os atentos às experiências imediatas, aos fatos literais disponíveis, às realidades concretas.

Pessoas que têm a percepção intuitiva como processo dominante são naturalmente menos atentas à experiência sensorial. Sua consciência é principalmente preenchida com associações, abstrações, teorias e possibilidades que não dependem diretamente dos sentidos. Acima de tudo mais, eles acreditam em *insights* intuitivos e na imaginação para estabelecer as direções na vida.

Pessoas em que o julgamento pelo pensamento é o processo mental predominante são acima de tudo lógicas, e possuem mentes analíticas e ordenadas. Toda experiência deve encaixar-se em sistemas mentais lógicos, ou esses sistemas devem ser

re-elaborados para acomodar as percepções que não se encaixam. Elas naturalmente tratam pessoas e coisas (e a si mesmas) objetivamente.

Finalmente, pessoas que tem o julgamento pelo sentimento como processo mental predominante, direcionam suas vidas aos valores humanos e à harmonia, acima de tudo. Eles pesam toda a experiência sob o aspecto da harmonia ou dissonância com os valores e prioridades de suas próprias vidas e daqueles com que se importam. Eles são naturalmente mais ligados ao mundo subjetivo dos sentimentos e valores e mais alertas às questões humanas em qualquer situação.

### **Os conceitos de polaridade e equilíbrio**

Na teoria de Jung, os dois tipos de percepção – sensação e intuição – são opostos polares um do outro. Da mesma forma, os dois tipos de julgamento – pensamento e sentimento – são opostos polares. Numa pessoa com a intuição predominante, a sensação é necessariamente o menos desenvolvido e menos confiado (e confiável) dos quatro processos mentais. Esta não é uma característica arbitrária da teoria, mas uma condição lógica na experiência humana. No momento em que a atenção consciente está focalizada em intuições, ela não pode simultaneamente estar focalizada em sensações, e vice-versa. Pode-se mudar rapidamente de uma para outra, mas não dedicar atenção a ambas de uma vez só. Portanto, presta-se atenção à percepção intuitiva e desenvolvem-se as capacidades intuitivas às custas da percepção sensorial.

Se as pessoas confiassem e desenvolvessem apenas um dos quatro processos mentais, suas personalidades seriam essencialmente unidimensionais. As pessoas que se encaixam nessa categoria possuem percepções que não são ponderadas por um bom

juízo, ou juízos tão firmemente estabelecidos que não são renovados por percepções diferentes.

### **O processo auxiliar**

A fim de evitar uma personalidade unidimensional, uma pessoa deve desenvolver um processo auxiliar para equilibrar o processo dominante. Em virtude dos conceitos de polaridade descritos, o auxiliar é sempre formado na dimensão em que o dominante não está, ou seja, uma pessoa que tenha sensação ou intuição (ou seja, algum tipo de percepção) como processo dominante desenvolverá pensamento ou sentimento (ou seja, algum tipo de juízo) como o processo auxiliar. Semelhantemente, uma pessoa com pensamento ou sentimento como processo dominante terá a sensação ou intuição como processo auxiliar. Portanto, combinando os processos dominante e auxiliar são formados oito conjuntos:

<u>Dominante</u>	<u>Auxiliar</u>	<u>Dominante</u>	<u>Auxiliar</u>
sensação	com pensamento	intuição	com pensamento
sensação	com sentimento	intuição	com sentimento
pensamento	com sensação	pensamento	com intuição
sentimento	com sensação	sentimento	com intuição

O significado dos oito conjuntos pode ser ilustrado pelas diversas ênfases na coluna à esquerda acima. O tipo “sensação com pensamento” foca sua visão prática nos aspectos do mundo imediatamente sujeitos à análise lógica – os objetos, equipamentos, e transações mais impessoais da vida. Em compensação, o tipo “sensação com

sentimento” dedica-se primariamente ao lado prático das necessidades humanas. Ainda diferentes em ênfase, os tipos “pensamento com sensação” são aqueles que querem colocar seu sistema de ordem lógica em assuntos práticos do mundo. E os tipos “sentimento com sensação” se preocupam primariamente com relações harmoniosas e procuram atingi-las através de ações práticas.

As diferenças aqui sugeridas são sutis mas não superficiais. Os tipo “intuição com pensamento”, por exemplo, podem testar sua inspiração intuitiva com análise lógica e a análise pode sobrepor-se à inspiração. Entretanto, se a inspiração é suficientemente forte, nenhuma falta de lógica percebida na idéia será suficiente para desacreditá-la. No momento de decisão, a intuição vencerá porque é o processo dominante nos tipos “intuição com pensamento”; já os tipos “pensamento com intuição” sacrificarão a intuição em tais circunstâncias.

### **A terceira dimensão**

Jung identificou uma terceira dimensão na estrutura da personalidade que expande os oito tipos para dezesseis, que são denominados tipos de preferência de Jung. A terceira dimensão é extroversão-introversão. Jung inventou esses termos, com significados muito específicos, que têm sido distorcidos e corrompidos na utilização comum. A partir das raízes latinas, Jung concebeu extroversão como “voltar-se para fora” e introversão como “voltar-se para dentro”. As pessoas utilizam ambos regularmente, todos os dias. Nós voltamo-nos para fora de nós mesmos para atuar no mundo, e voltamo-nos para dentro de nós mesmos para refletir. Evidentemente, a ação é cega, e pode ser infrutífera sem reflexão; e a reflexão que não leva à ação é fútil, entretanto, cada pessoa não se sente igualmente à vontade com a ação e a reflexão.

Extrovertidos freqüentemente dizem “em caso de dúvida, aja.” Introvertidos costumam dizer “em caso de dúvida, reflita melhor sobre o assunto”.

Como a dimensão de introversão-extroversão encaixa-se dentro dos oito padrões anteriormente descritos? Pessoas que utilizam em seu processo dominante primariamente para agir no mundo são extrovertidas. Pessoas que reservam seu processo dominante principalmente para o mundo pessoal, os pensamentos e reflexões são introvertidos. O processo dominante é a melhor apresentação de uma pessoa; ele nos revela uma grande quantidade de informação sobre a personalidade daquela pessoa. Extrovertidos, por definição, revelam primeiramente o seu melhor processo – o dominante. Introvertidos, ao reservar seu processo dominante para o mundo interior, revelam principalmente o seu processo auxiliar aos outros. Apenas às pessoas próximas será permitido ver o processo mais valorizado em operação. Por esse motivo, os introvertidos são pessoas que se conhece mais lentamente.

Considere, por exemplo, como a dimensão extroversão-introversão expande o padrão “pensamento com intuição”. A versão extrovertida descreve aquelas pessoas que desejam agir no mundo e controlá-lo tanto quanto possível. Eles desejam estender seu sistema lógico pessoal ao mundo ao seu redor, que é o campo favorito para sua expressão pessoal. Em contraste, pensadores introvertidos querem exercitar seu processo dominante (pensamento) principalmente no mundo interior de sua atividade mental particular, e eles buscam acima de tudo possuir mentes lógicas e ordenadas. Eles utilizam seu processo auxiliar (intuição) para dirigir suas vidas externas (extrovertidas) isso lhes confere a *aparência* de terem a intuição como processo dominante.

### **A quarta dimensão**

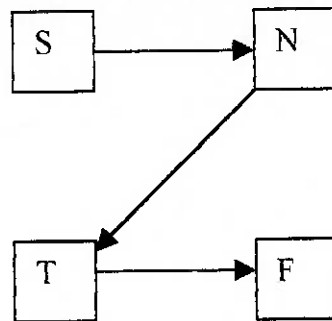
O conceito de uma quarta dimensão está presente, mas não evidente, na teoria de tipos de Jung. Essa dimensão reflete a atitude do indivíduo em relação ao mundo exterior. Quando um processo de julgamento, seja ele dominante ou auxiliar, é utilizado para regular o comportamento do indivíduo no mundo exterior, a tendência natural é de que se tente manter as coisas decididas, julgadas, definidas, planejadas, organizadas e efetuadas de acordo com um plano. Essa é a atitude julgadora (**J**) em relação ao mundo exterior. Nesse tipo de personalidade, o impulso natural é sempre em direção à fixação, a desenvolver um sistema definido.

Quando um processo de percepção é utilizado para regular o comportamento do indivíduo no mundo exterior, o impulso natural é de manter as coisas abertas para novas percepções. O indivíduo deseja permanecer flexível, de forma a se adaptar a novas circunstâncias, e experimentar as possibilidades da vida tanto quanto possível. Essa é a atitude perceptiva (**P**) em relação ao mundo exterior. Nesse padrão de personalidade, o impulso natural é sempre de manter os planos e a organização num nível mínimo necessário, de forma que se possa reagir a novas percepções e adaptar-se flexivelmente às novas circunstâncias.

### **O processo zig-zag**

Esse nome é utilizado para referir-se à seqüência em que os quatro processos mentais – S, N, T, F – são utilizados quando se resolve um problema. Essa seqüência é representada na figura a seguir:





A seqüência começa com o processo de sensação (S). Quando confrontados com um problema, a primeira coisa que fazemos é coletar informação concreta pelos sentidos. Essas informações por si só não resolvem o problema. O seu significado e suas relações com a experiência anterior são dados pela intuição (N). A intuição também envolve ponderação sobre quais são as diferentes possibilidades de se resolver o problema com as informações coletadas. Passamos ao processo de pensamento (T) quando começamos a analisar essas possibilidades e a considerar suas conseqüências lógicas. Finalmente, no processo de sentimento (F), nós consideramos o quanto nos importamos com o resultado de cada uma dessas possibilidades, e suas conseqüências humanas; nós testamos essas possibilidades segundo a harmonia com valores pessoais, ou com os valores de outros. Uma resolução madura do problema deve envolver os quatro processos de uma forma equilibrada. O que acontece, na prática, é que cada tipo tem seus processos favoritos, e o equilíbrio é difícil de atingir. Exemplificando, consideremos o estereótipo de um indivíduo do tipo ESFJ (ou seja, sentimento dominante, com sensação auxiliar). A tendência natural dessa pessoa é gastar pouco tempo com as três primeiras etapas do processo zig-zag, na tentativa de chegar logo ao processo mental com o qual se sente mais a vontade – o sentimento. O processo mais prejudicado é o oposto do dominante – neste caso, o pensamento, que receberá a menor parcela de tempo em todo o processo, por ser aquele com o qual essa pessoa sente-se

menos confortável. O julgamento por sentimento, no qual essa pessoa tende a gastar a maior parte de seu tempo, estará baseado em uma quantidade demasiadamente pequena de informações sensoriais (que são obtidas pela sensação) e de possibilidades consideradas (obtidas por intuição), e em uma análise bastante inadequada dessas possibilidades (obtida pelo pensamento), resultando numa atividade mental descuidada, superficial e banal. Uma pessoa do tipo ESFJ com desenvolvimento pleno dos processos mentais, por sua vez, sabe utilizar os quatro processos apropriadamente.

### **Quadro Geral**

Em poucas palavras, a teoria de tipos psicológicos de Jung prevê que toda a atividade mental consciente pode ser dividida em dois processos de percepção (sensação e intuição, representados pelas letras S e N, respectivamente) e dois processos de julgamento (pensamento e sentimento, representados pelas letras T e F, respectivamente). Todas as pessoas usam os quatro processos, mas diferem em quanto e quão habilmente utilizam cada um deles. Em qualquer pessoa, um dos processos é dominante e indica a forma básica em que a pessoa lida com a vida. Se a pessoa utiliza o processo dominante principalmente no mundo exterior, do relacionamento com as pessoas e interação com as situações, ela é classificada como extrovertida (representada pela letra E). Se ela utiliza esse processo principalmente no mundo interior das idéias e pensamentos, ela é classificada como introvertida (representada pela letra I). O equilíbrio da personalidade é obtido pelo desenvolvimento de um segundo processo mental – o processo auxiliar –, de forma que tanto a percepção como o julgamento possam ser utilizados de forma confiável. Se a pessoa utiliza um processo de julgamento para conduzir seu comportamento no mundo exterior, sua personalidade é qualificada

como julgadora (representada pela letra **J**). Se a pessoa utiliza um processo de percepção para conduzir seu comportamento no mundo exterior, sua personalidade é qualificada como perceptiva (representada pela letra **P**). Todos nós utilizamos os quatro processos mentais na resolução de problemas (na seqüência S-N-T-F). Uma pessoa deve buscar desenvolver plenamente os seus processos mentais, para que não seja limitada pelo seu tipo psicológico inato. Aprendendo a utilizar esses quatro processos adequadamente, sua atividade mental conduzirá a resultados confiáveis.

---

**Processo de Tratamento dos Dados  
obtidos nos Questionários de Avaliação de Personalidade**

### **Análise dos resultados obtidos nos questionários de avaliação de personalidade**

Ao responder os referidos questionários, os entrevistados dispunham de total liberdade para selecionar as assertivas que lhes parecessem mais adequadas à descrição de seu padrão de comportamento, sem ter de efetuar considerações profundas a respeito do que lhes era proposto. Com isso, buscou-se obter a máxima naturalidade e espontaneidade nas respostas, o que creio ter sido alcançado, ainda que às custas de ter uma variação muito grande na quantidade de itens selecionados por diferentes entrevistados: enquanto alguns foram mais ponderados, preferindo assinalar apenas poucos itens sobre os quais não tivessem dúvidas, outros assumiram uma postura mais liberal na escolha desses itens, resultando numa quantidade de respostas muito maior para serem trabalhadas. Para corrigir essa disparidade, efetuou-se uma normalização dos dados, baseada no seguinte princípio:

Definiu-se um eixo, cuja origem marca o ponto de equilíbrio entre os dois elementos de uma determinada oposição de tipos (por exemplo, introvertido vs. extrovertido), e que possui uma escala de 0 a 1 em cada sentido, marcando o desvio percentual do ponto de equilíbrio. Assim, um indivíduo que apresente uma marca de 0,2 no sentido introvertido do eixo teria uma suave predominância do aspecto introvertido da personalidade sobre o extrovertido; da mesma forma, um indivíduo que exibisse uma marca de 0,7 no sentido extrovertido do eixo teria uma predominância fortíssima do aspecto extrovertido sobre o introvertido. Um indivíduo que se localizasse num dos extremos da escala seria absolutamente dominado por um dos aspectos, com total ausência de características relativas ao seu oposto (mas esses tipos são praticamente inexistentes).

Por fim, para determinar em que ponto sobre o eixo definido se localiza um determinado indivíduo, aplicou-se a seguinte expressão:

$$\text{valor} = (\text{aspecto1} - \text{aspecto2}) / (\text{aspecto1} + \text{aspecto2}),$$

onde:

*aspecto1*: é o número de assertivas próprias de um aspecto da oposição selecionadas pelo indivíduo no questionário de avaliação (por exemplo, o número de descrições comportamentais associadas ao aspecto introvertido). Este aspecto será representado no semi-eixo à direita da origem.

*aspecto2*: idem, para o aspecto oposto ao anterior (por exemplo, o número de descrições comportamentais associadas ao aspecto extrovertido). Este aspecto será representado no semi-eixo à esquerda da origem.

*valor*: é o ponto sobre a curva que expressa a relação dos aspectos 1 e 2 daquela determinada oposição fundamental na personalidade do indivíduo. Apresenta valores positivos quando indica predominância do aspecto1 sobre o aspecto2, e valores negativos no caso contrário. Observação: os valores positivos e negativos são apenas uma convenção adotada para indicar em que lado do eixo definido anteriormente o indivíduo se encontra. Os sinais indicados não têm significado real, uma vez que a escolha de qual aspecto será representado no semi-eixo à direita e qual será representado no semi-eixo à esquerda é totalmente arbitrária.

Tendo ilustrado as premissas que demandam a execução de tal processo de normalização e definido seus aspectos funcionais, pode-se proceder a uma análise dos resultados obtidos dessa forma.

---

## **Tipos Psicológicos Médios Encontrados e suas Características**



## Os tipos psicológicos encontrados, suas características genéricas e análise de sua adequação à atividade de projeto

### Engenheiros Acadêmicos – Tipo ENTJ

- a) Utilizam o pensamento para reger uma parte tão grande do mundo quanto seja possível. Isso é uma clara evidência da sua habilidade em aplicar métodos e bom-senso na vida profissional, o que é a essência da atividade de projeto – aplicar um procedimento pessoal reconhecidamente eficaz para gerar soluções para os problemas propostos.
- b) Organizam os fatos e operações com bastante antecedência, definem seus objetivos e empenham esforços sistemáticos para alcançar esses objetivos dentro de um cronograma. Um comportamento indispensável para executar o projeto dentro do tempo disponível é fazer um bom planejamento desse tempo e efetuar um controle do desenvolvimento do projeto, tomando as atitudes necessárias para contornar os desvios que houver e reconduzir o projeto ao estágio esperado
- c) Pela sua confiança na habilidade de pensamento, tornam-se lógicos, analíticos, frequentemente críticos, impessoais e dificilmente serão convencidos por algo que não a razão. A visão crítica e analítica é fundamental para avaliar as diferentes possibilidades que se apresentam ao engenheiro no desenvolvimento de um projeto; aqui, porém, o aspecto de impessoalidade está ligado à carreira acadêmica, onde muitas vezes as atividades (desenvolvimento de pesquisas e projetos inovadores) são feitas individualmente; os engenheiros não-acadêmicos (que são tipos ENFJ), por ter inevitavelmente que lidar com equipes de pessoas, tem uma postura mais diplomática.

- d) Apreciam ter posições gerenciais, decidindo o que deve ser feito, e dando as ordens necessárias. Têm pouca paciência com confusão, ineficiência, medidas parciais ou qualquer coisa inefetiva ou sem objetivo claro, e não hesitam em ser rígidos quando for adequado à situação. O gosto pela posição de comando é necessário àqueles que lideram equipes de projeto. Novamente, observa-se a tendência para uma atitude crítica e direta, que os engenheiros não-acadêmicos, pela natureza cooperativa de seu trabalho, manifestam de uma maneira mais suave e conciliadora. O desejo de decidir o que deve ser feito e controlar as atividades em que está envolvido é típico de engenheiros acostumados a trabalhar sozinhos, ou com equipes pequenas.
- e) Consideram que a conduta deve ser governada pela lógica, e controlam o seu comportamento tanto quanto for possível. Vivem de acordo com uma fórmula definida que incorpora suas opiniões básicas a respeito do mundo.
- f) Apreendem as coisas mais com a intuição do que com a percepção sensorial, assim apresentam interesse em descobrir as possibilidades além daquelas que são presentes, óbvias ou conhecidas. O aspecto intuitivo amplia seus interesses intelectuais, curiosidade por novas idéias, tolerância pela teoria, gosto por problemas complexos, *insight*, visão e preocupação com conseqüências de longo prazo. O interesse por encontrar novas soluções para o problemas é o impulso básico para que o indivíduo se dedique à atividade de engenharia. No caso dos engenheiros acadêmicos, esse fator é ainda mais importante, porque eles estão envolvidos com pesquisas e desenvolvimento de projetos inovadores, enquanto que os não-acadêmicos freqüentemente lidam com adaptação e combinação da tecnologia existente para gerar soluções economicamente rentáveis para os problemas – nesse caso, embora ainda haja o elemento de desenvolver uma solução diferente para o problema, a busca de conceitos radicalmente inovadores normalmente está ausente.

g) Difícilmente ficam satisfeitos com atividades que não envolvem aplicação do aspecto intuitivo. Precisam de problemas para resolver e são peritos em encontrar novas soluções. Seu interesse recai sobre o quadro geral, não sobre procedimentos ou eventos detalhados. O gosto pela resolução de problemas é uma característica presente em todos os engenheiros consultados durante o desenvolvimento desta pesquisa, e está associado ao aspecto da intuição típico dessa categoria profissional. A preferência pelo quadro geral sobre os detalhes revela uma afinidade maior com a desenvolvimento de soluções conceituais do que com a operacionalização dessas soluções – que, no meio acadêmico, somente será considerada uma vez que estiver provado o valor do conceito. Os engenheiros não-acadêmicos, como tem geralmente que lidar com prazos mais estreitos e gerar produtos funcionais, ainda que não inovadores, apresentam uma preocupação maior com todos os detalhes do projeto, desde o seu início.

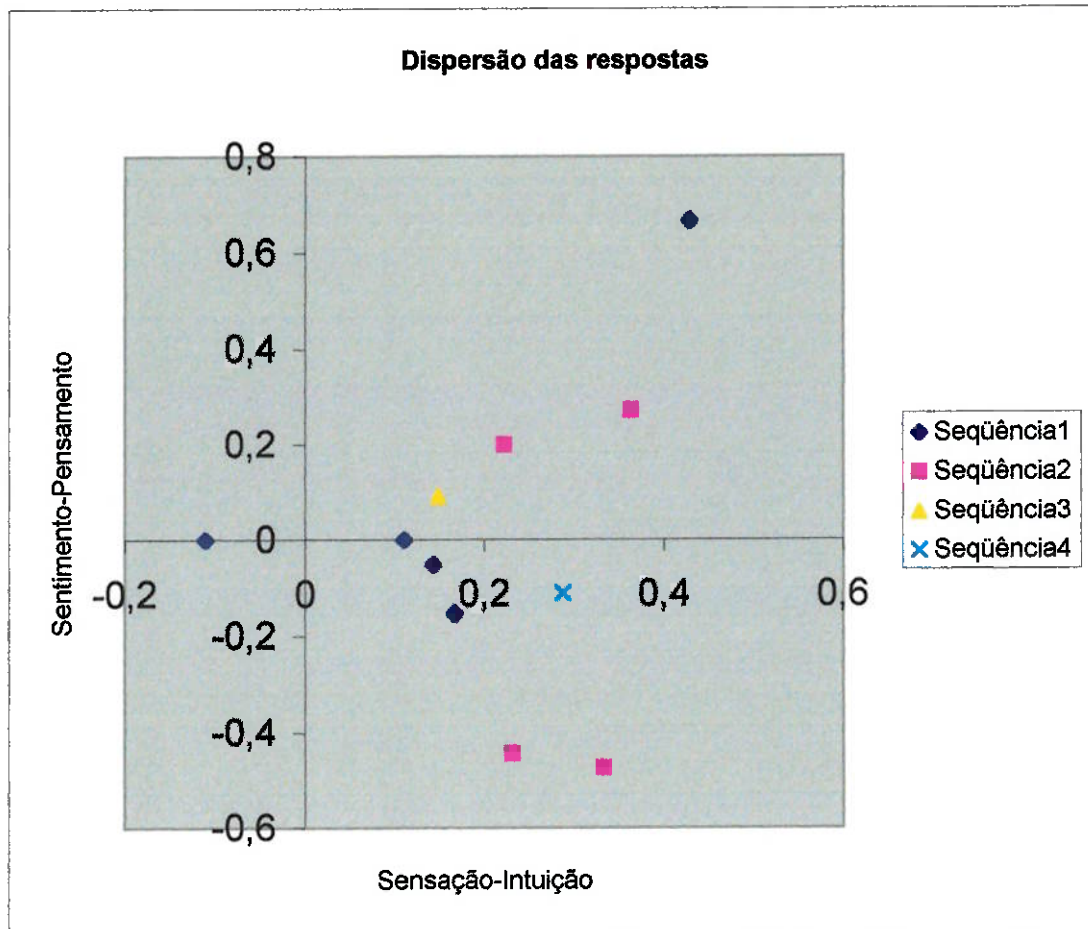
#### **Engenheiros Não-acadêmicos – Tipo ENFJ**

a) Sendo tipos extrovertidos, focalizam seu sentimento nas pessoas ao seu redor, atribuindo um valor alto em contatos humanos harmoniosos. São amigáveis, simpáticos, diplomáticos e quase sempre expressam a reação emocional adequada à situação. Essa é uma característica necessária a engenheiros que lidam com equipes de projeto e com os técnicos que trabalham na produção. Uma característica considerada fundamental pelos engenheiros não-acadêmicos entrevistados é a habilidade de se relacionar com as outras pessoas, sabendo fazer valer os seus pontos de vista, sem desagradar àqueles que se posicionarem de forma diferente, e sabendo convencer o pessoal de fábrica a executar as suas instruções

- b) São particularmente hábeis em enxergar o valor nas opiniões das outras pessoas. Mesmo quando essas opiniões são conflitantes, eles acreditam que a harmonia pode ser alcançada e freqüentemente conseguem instaurá-la. São ideais para atividades em que lidam com pessoas e qualquer situação em que a cooperação necessária pode ser atingida pela boa-vontade. Novamente, aqui se ressalta a adequação desses engenheiros ao trabalho em equipe, e à posição de chefia de equipes de projeto, onde é necessário ter uma noção precisa do valor das possibilidades apresentadas por cada membro, e decidir sobre o rumo a ser tomado, sem ferir opiniões individuais.
- c) Pensam melhor quando conversam com as pessoas e apreciam conversar. Precisam empenhar esforços para agir de forma breve, impessoal e direto ao ponto. Mais um detalhe que reforça o caráter de integração social deste tipo de engenheiro. A inabilidade em ser breve e direto, que poderia ser considerada uma limitação, considerando a atividade de engenharia, não parece ser uma característica presente nos engenheiros entrevistados.
- d) Como tem preferência pelo processo de julgamento, gostam de deixar os problemas definidos e resolvidos, mas não têm necessidade nem desejo de tomar todas as decisões por conta própria. O desejo de definir soluções para o problemas é comum a todos os engenheiros. O desapego a tomar todas as decisões por conta própria e, conseqüentemente, de ter controle total sobre o processo de projeto, é mais uma demonstração da sua habilidade para trabalhar em grupo. Os engenheiros acadêmicos, por sua vez, estando acostumados a desenvolver seus projetos individualmente ou em equipes reduzidas têm um interesse maior em ter o projeto sob controle absoluto – veja o item d) da análise das características desse tipo de personalidade (ENTJ)

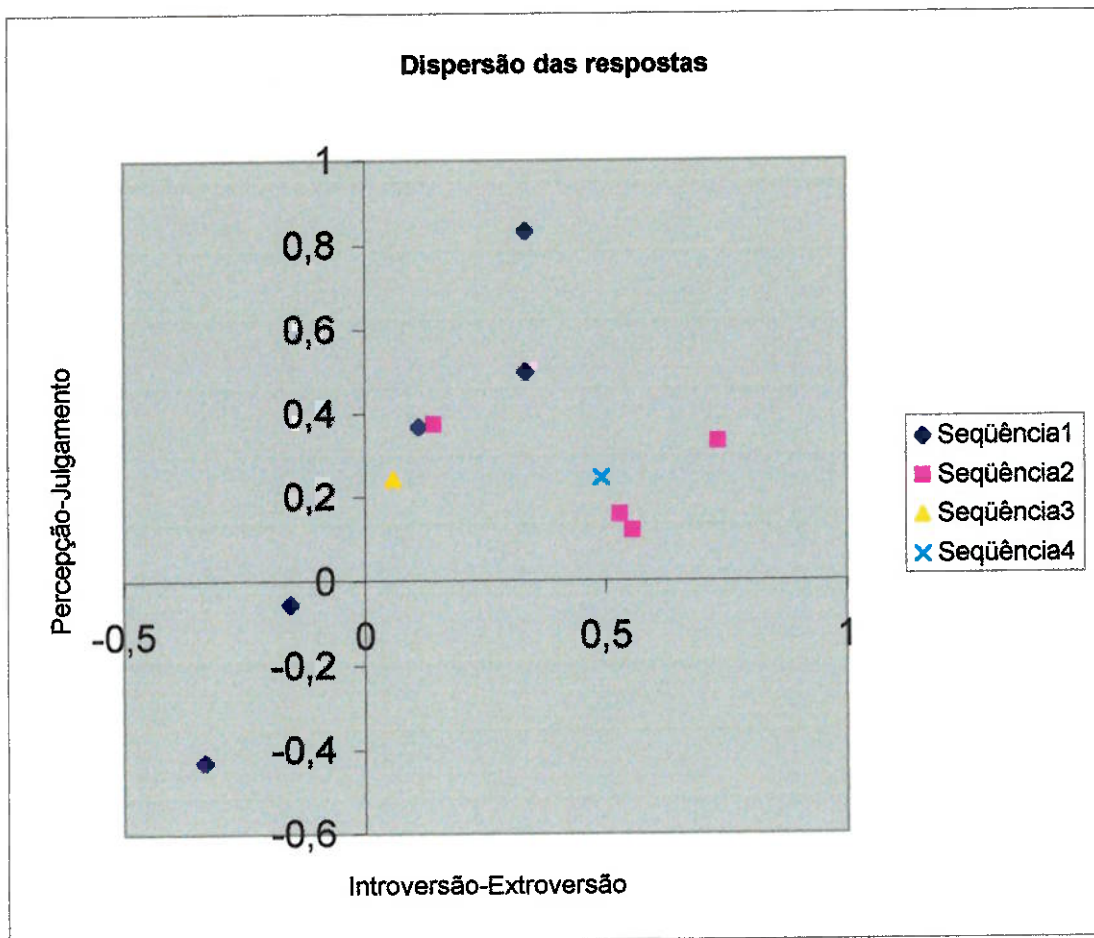
- e) São cuidadosos, perseverantes e ordeiros, mesmo em pequenos problemas, e geralmente esperam que os outros ajam da mesma maneira. Essas três características são próprias da profissão de engenheiro.
- f) Apreendem as coisas mais com a intuição do que com a percepção sensorial, assim apresentam interesse em descobrir as possibilidades além daquelas que são presentes, óbvias ou conhecidas. O aspecto intuitivo amplia sua compreensão, visão de longo alcance, *insight*, curiosidade sobre novas idéias e tolerância pela teoria. Assim como com os engenheiros acadêmicos, o aspecto intuitivo da personalidade é o que faz com que os engenheiros não-acadêmicos tenham um desejo de descobrir novas soluções para os seus problemas. A curiosidade sobre novas idéias e a consideração de conseqüências a longo prazo das suas decisões é também típica da atividade de engenharia.
- g) São inclinados a desenvolver a habilidade de expressão, mas sua aplicação está voltada mais para a comunicação oral com um grupo de ouvintes do que para a escrita. Os engenheiros não-acadêmicos, como já mencionado, têm necessidade de uma maior habilidade de comunicação porque têm de lidar com uma quantidade maior de pessoas na sua atividade profissional.

**Gráficos XX e XXI: Tipo Psicológico Médio  
dos Engenheiros Entrevistados**

**Gráfico XX****Dispersão das respostas ao questionário de avaliação de tipo psicológico****Legenda**

- Seqüência 1: Pontos referentes aos engenheiros acadêmicos  
Seqüência 2: Pontos referentes aos engenheiros não-acadêmicos  
Seqüência 3: Média dos engenheiros acadêmicos  
Seqüência 4: Média dos engenheiros não-acadêmicos

**Gráfico XXI**  
**Dispersão das respostas ao questionário de avaliação de tipo psicológico**



**Legenda**

- Seqüência 1: Pontos referentes aos engenheiros acadêmicos
- Seqüência 2: Pontos referentes aos engenheiros não-acadêmicos
- Seqüência 3: Média dos engenheiros acadêmicos
- Seqüência 4: Média dos engenheiros não-acadêmicos



## **Conclusão**

## Conclusão

Esta pesquisa produziu uma compilação das metodologias empregadas na vida profissional dos engenheiros entrevistados, que serve como uma verificação dos pontos principais apresentados na literatura sobre o assunto, e como uma complementação a essa literatura, uma vez que os entrevistados apresentam ligações entre a teoria e a realidade da engenharia no Brasil. Para apresentar os resultados alcançados por este trabalho, no campo de estudo de metodologias de projeto, é interessante responder a algumas perguntas:

A metodologia que os projetistas seguem na prática é uniforme? Quais pontos em comum existem entre essas metodologias?

Verificou-se grande similaridade nas respostas obtidas para as questões 2 (o projeto é feito individualmente ou em grupo?), 5 (qual o método utilizado para manter controle sobre o tempo gasto na execução do projeto?), 6 (quais pontos devem ser verificados na análise de viabilidade?) e 7 (como superar barreiras à criatividade?), o que ocorre por versarem essas questões sobre pontos internos do processo de projeto. As respostas às questões 1 (qual é a informação recebida pelo engenheiro para executar o projeto?) e 4 (quais são os critérios de seleção de idéias utilizados?) apresentam uma variedade maior de respostas, porque essas questões não dependem apenas de elementos internos ao projeto, mas de fatores externos, como o tipo de projeto que se está desenvolvendo (projetos industriais possuem uma maior precisão nas especificações iniciais, e são desenvolvidos para clientes que fornecem como ponto de partida informações técnicas bastante acuradas relativas ao desempenho desejado do produto final; no projeto de produtos de consumo, o grau de incerteza inicial é muito maior, assim como a flexibilidade na condução do projeto), e o tipo de cliente (empresas maiores, com

departamentos de engenharia, tendem a apresentar uma definição inicial mais precisa sobre o que esperam do projeto). Assim, as experiências relatadas pelos engenheiros consultados são mais variadas.

#### A metodologia que os projetistas seguem na prática é descrita nos livros?

A metodologia utilizada na prática pelos engenheiros consultados é, em linhas gerais, descrita nos livros; o que se observa é que a literatura existente sobre o assunto, na tentativa de ser exaustiva, cobre um número de aspectos muito maior do que são realmente observados na vida profissional. Os engenheiros utilizam uma simplificação da metodologia prescrita nos livros, incorporando à sua “metodologia pessoal” somente os aspectos imprescindíveis. É necessário também levar em consideração que, sendo a metodologia descrita nos livros uma formalização do que é lógico em termos de projeto, muitas vezes os engenheiros agem de forma intuitiva, sem seguir um roteiro formal de como o projeto deve ser conduzido, o que torna inviável a apresentação de uma seqüência comum de procedimentos (a incompatibilidade de nomenclatura utilizada e a diferença de níveis de especificidade com que as fases do projeto são descritas – alguns entrevistados descrevem o processo de projeto por meio de uma resumida seqüência de fases, cada uma com um nível de generalidade muito grande, enquanto que outros fazem uma descrição do processo através de um número muito maior de fases, melhor delimitadas e com uma caracterização muito mais pormenorizada – tornam impossível tal formalização).

No tocante à formação dos engenheiros, elaborou-se um compêndio dos principais pontos fortes e fracos dos profissionais recém-formados, dos tópicos que se devem enfatizar na formação do engenheiro; listaram-se as principais áreas de conhecimentos externas à engenharia que foram consideradas de interesse para o engenheiro de projetos e discutiu-se a influência da dedicação e da vocação na formação

do engenheiro. Numa época em que a reforma dos currículos está em andamento, esses resultados podem oferecer subsídios para a reestruturação do curso de graduação num formato que maximize a excelência da Escola Politécnica.

Finalizando, foi apresentado e comentado um modelo para a personalidade média dos engenheiros consultados, descrevendo as suas características básicas e a sua adequação à atividade de projeto. Os estudantes de engenharia, de posse dessas informações, podem avaliar a sua própria adequação a essa área, determinando se possuem uma personalidade naturalmente voltada à elaboração de projetos.

Anexo A - Revisão dos principais conceitos apresentados na obra  
*The Science of Engineering Design*  
de Percy H. Hill

## **A necessidade de novos produtos**

Os produtos comercialmente disponíveis têm um ciclo de vida bem-definido. Há uma fase inicial de introdução no mercado, seguida de uma fase de crescimento, uma fase de maturidade, uma de saturação e uma de declínio, como se pode observar na figura 1, na página seguinte. O volume de vendas, pequeno ainda na fase de introdução, começa a se expandir rapidamente na fase de crescimento, sendo sua taxa de crescimento mais acentuada no ponto entre a fase de crescimento e a de maturidade. A partir daí, esse volume continua crescendo, só que mais lentamente, até o seu ponto máximo, na fase de saturação, e então inicia um declínio que determina a remoção do produto do mercado. As empresas estão interessadas na curva de margem de lucro, que é proporcional à taxa de crescimento da curva de volume de vendas, comentada anteriormente, o que significa que, para manter uma margem de lucros aproximadamente constante, um novo produto deve ser introduzido no mercado quando o anterior estiver oferecendo sua margem de lucro máxima, ou seja, antes da fase de maturidade. A duração desses ciclos depende de quanto o produto considerado está próximo da indústria de base (ciclos mais longos) ou da indústria de bens de consumo (ciclos bastante curtos), mas é óbvio que a preocupação com o desenvolvimento de novos produtos é fundamental para as empresas que desejam obter lucro e manter-se no mercado.

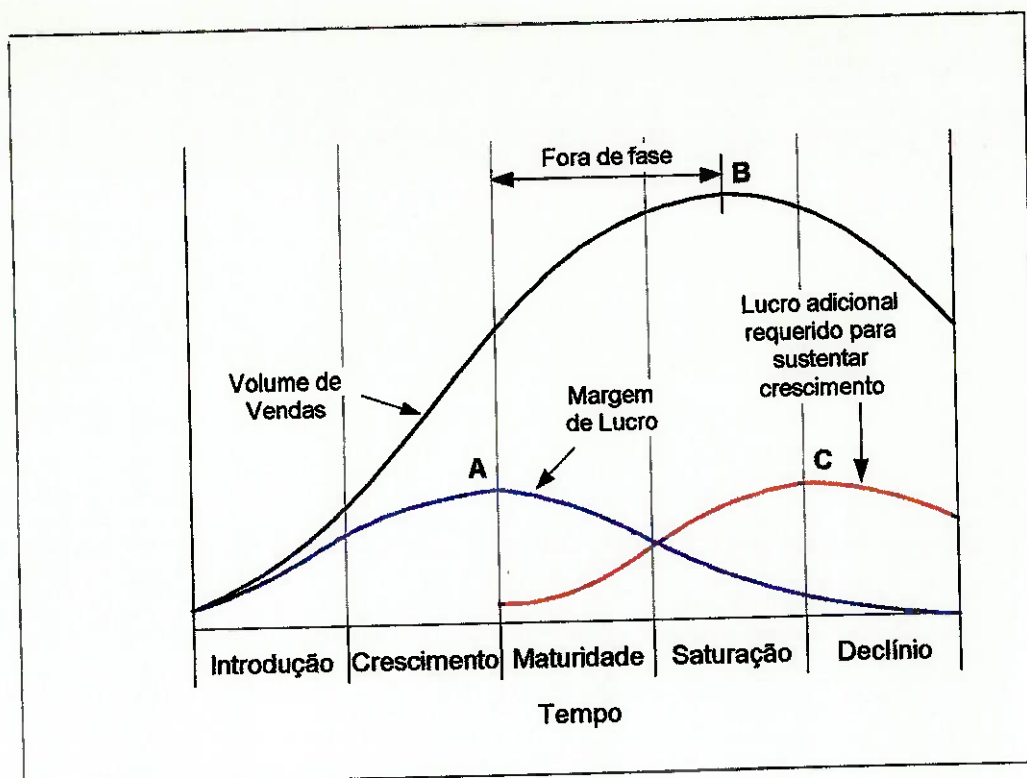


Figura 1: Ciclo de vida de novos produtos

### A evolução do novo produto

O processo de evolução de um novo produto pode ser dividido nas seguintes fases (veja a figura 2, na página seguinte):

- Busca de idéias: compreende a busca de idéias para um novo produto, seja ele completamente inovador, um melhoramento de um produto já existente ou simplesmente um produto estranho à linha de produção da empresa. Essas idéias podem vir de fontes internas à empresa (programas de incentivo à sugestões, produção de periféricos para os produtos principais da empresa, etc.), ou externas (pesquisas de mercado, observação da concorrência, pesquisa patrocinada em universidades, ...).

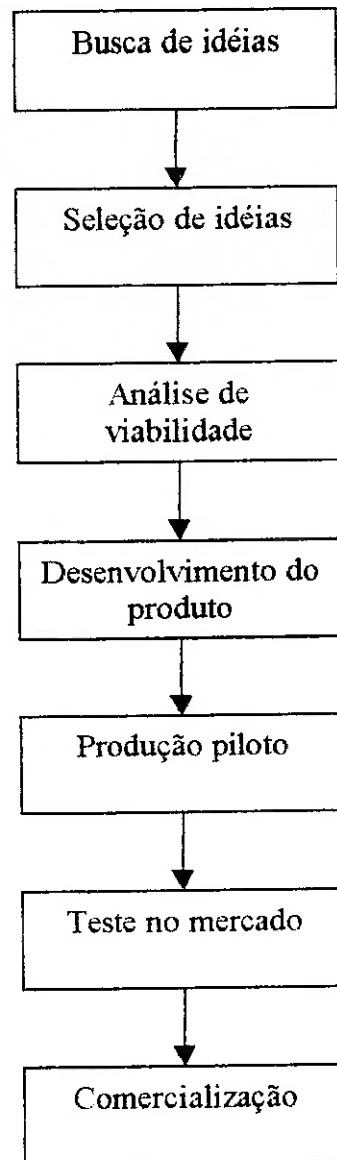


Figura 2: Etapas da evolução de um novo produto



- Seleção de idéias: avaliação inicial das idéias obtidas na fase anterior, identificando e descartando aquelas que obviamente não são adequadas aos objetivos da empresa. Esta seleção deve ser feita pelos ocupantes de altos cargos na administração, pois esses são os indivíduos com maior visão e compreensão dos objetivos da empresa.
- Análise de viabilidade: aqui é feita uma análise mais detalhada das idéias remanescentes, para determinar aquelas que oferecem maior possibilidade real de lucro, através de pesquisas de mercado (tipo de consumidor potencial), canais de distribuição, estimativa dos custos de produção totais,...
- Desenvolvimento do produto: esta fase compreende toda a parte de projeto físico do produto, suas formas, dimensões, material utilizado, determinação dos processos de fabricação empregados
- Produção piloto: aqui procede-se à produção de uma quantidade relativamente pequena do produto, numa linha de montagem especialmente elaborada para esta finalidade. Com essas unidades, pode-se prosseguir aos testes de laboratório para verificação da funcionalidade, eficiência e resistência do produto. Essa pequena produção também permite verificar as estimativas de custos e tempo de produção e do tipo de treinamento necessário para o pessoal da linha de montagem.
- Teste no mercado: uma vez determinada uma área de mercado, os itens produzidos na produção piloto são colocados à venda, para observar-se a reação dos consumidores e da concorrência, como o produto compete com seus similares, o potencial real de vendas e o perfil do consumidor.
- Comercialização: se o produto for aprovado em todas as etapas anteriores, ele pode entrar em produção comercial. Ainda assim, é necessário manter constante vigilância das reações dos consumidores e de sugestões que possam levar a melhorias no produto, em seu processo de fabricação ou nos procedimentos de vendas.

É importante frisar a importância do processo de seleção de idéias na evolução do produto. Durante esse processo, cada etapa subsequente é mais custosa que a anterior em termos de tempo e dinheiro, pois abrange uma estrutura maior da empresa. Se uma idéia de potencial limitado passa por uma das fases iniciais, isso implica em grande desperdício de tempo, dinheiro e trabalho de pessoal qualificado, como se pode observar na figura 3.

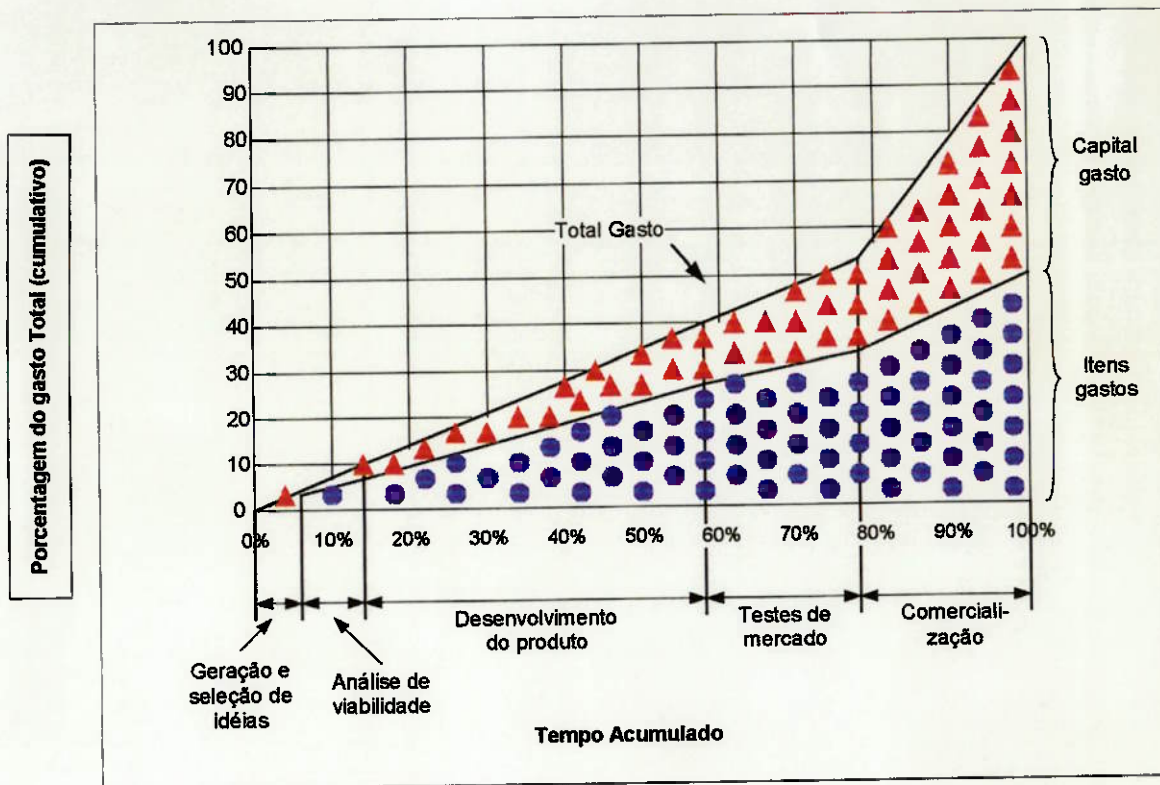


Figura 3: Consumo de tempo e recursos no desenvolvimento do projeto

A seleção das idéias deve ser feita de forma bastante criteriosa, sempre tendo em vista os objetivos de médio e longo prazo da empresa e o quanto ela está disposta a pagar em termos de investimento de recursos e diversificação da linha de atuação para produzir um novo item. Para se ter uma idéia do nível de seletividade necessário ao

desenvolvimento de um produto de sucesso uma relação de aproximadamente 60 idéias iniciais para se chegar a um único produto é adequada.

### **Elementos críticos na evolução de um novo produto**

Há áreas às quais deve-se prestar especial atenção durante o processo de evolução de um produto, para reduzir a possibilidade de problemas. Em síntese, essas áreas críticas e seus respectivos problemas são:

- **Organização:** um erro comum em empresas é tentar gerenciar programas de desenvolvimento de um novo produto da mesma forma que se faz com produtos já familiares. Novos produtos são novidades para todas as pessoas envolvidas com eles, que não sabem exatamente como tratá-los. É preciso que haja mais dedicação, comunicação e espírito de grupo entre essas pessoas. A administração da empresa deve claramente distribuir autoridades e responsabilidades, para evitar a ocorrência de objetivos conflitantes, falhas na comunicação e atrasos em geral.
- **Controle da evolução do produto:** é importante também que a administração da empresa utilize uma forma de programação e agendamento das fases do projeto, de forma a manter o controle sobre o tempo nelas consumido e, caso seja necessário, buscar recuperar o tempo perdido, evitando que o produto chegue ao mercado atrasado e com custos superiores aos esperados. Para essa finalidade, o método de PERT/CPM (método dos caminhos críticos) é indicado, pois não só indica a programação para o projeto como também permite visualizar a dependência entre suas fases.

- Seleção das idéias: como afirmado anteriormente, a seleção de idéias deve ser baseada em uma definição clara dos objetivos da empresa e levar em consideração o preço que a empresa pretende pagar em termos de alocação de pessoal e espaço, marketing e se ela pretende diversificar sua área de atuação ou não. Deixar que idéias que não correspondam aos objetivos da empresa cheguem à fase de produção (ou mesmo deixar que ultrapassem as fases iniciais da evolução do produto) resulta em grandes perdas financeiras, inevitavelmente.
- Análise de viabilidade: é importante que a empresa determine a oportunidade de lucro que existe para um produto antes de investir tempo e dinheiro em seu desenvolvimento. Produtos fracassam quando a análise apenas toca em pontos superficiais do negócio, numa tentativa de economizar dinheiro, ou quando ela não consegue considerar com suficiente profundidade de detalhes áreas do negócio que não são familiares. Uma análise bem-feita requer um estudo profundo do mercado, suas tendências, da competição, oportunidades de lucro, das necessidades do consumidor e indicações de sua reação à nova idéia (produto). Pode ser vantajoso para empresas inexperientes contratar uma consultoria para tratar de um ou mais desses itens.
- Problemas no desenvolvimento do produto, no teste de mercado e na comercialização: o fracasso de um produto pode também ocorrer se a) houver falha em projetar o produto de acordo com as especificações estabelecidas nos estágios anteriores; b) o plano de testes sobre o mercado não inquirir sobre os pontos certos; além disso, devido ao dinheiro já gasto no desenvolvimento do produto, a equipe que gerencia seu desenvolvimento pode tender a ignorar informações negativas obtidas do mercado e, ao invés de reprojetar o produto, tentar recuperar o investimento comercializando um item que está fadado ao fracasso; c) na fase de comercialização,

problemas podem ocorrer se o produto for apresentado ao consumidor no momento errado (muito cedo, muito tarde, na estação errada), sem o marketing adequado, sem atenção às reações dos vendedores e consumidores, ou utilizando estes para testar a funcionalidade do produto (ao invés de efetuar testes prévios no laboratório), o que pode deixar o público-alvo com uma má impressão sobre o produto.

Através do estudo desses pontos críticos, fica visível a importância do gerenciamento da evolução do produto para garantir uma utilização ótima do tempo e dos recursos financeiros disponíveis. As decisões necessárias ao gerenciamento do produto (definir objetivos da empresa e uma base para seleção de idéias, plano de comercialização, marketing, teste de mercado e estratégia de mercado) são baseadas em informações obtidas nos diversos estágios da evolução do produto. Para que essa informações sejam precisas e sejam fornecidas em tempo, é necessário um esforço coordenado de delegação de responsabilidades e autoridade, além de cooperação entre o pessoal ligado ao programa do novo produto. HILL (1970) sugere a formação de um Departamento de Planejamento de Produtos, que responde diretamente à administração da empresa e que é responsável por definir um programa que permita um fluxo constante de novas idéias de produtos, sugerir novos objetivos para produtos, e pela seleção de idéias, análise preliminar de viabilidade, especificações para o produto e coordenação de atividades interdepartamentais; finalmente, deve também garantir a cooperação e elaborar um planejamento preciso da evolução do produto.

Além desse grupo, sugere-se também a criação de uma Equipe do Produto, para atuar depois que uma idéia de produto já foi aceita, analisada e está pronta para entrar no estágio de desenvolvimento. Esta equipe deve estar ativamente envolvida

com todos os aspectos do produto através de seus estágios evolutivos, e responde diretamente ao Departamento de Planejamento de Produtos.

## O processo criativo

Pode-se enxergar a criatividade na engenharia como uma forma inovadora de combinar conceitos e componentes existentes para gerar uma solução única. Ela está, dessa forma, mais próxima da inventividade do que da pesquisa. A melhor preparação para a criatividade é a experiência, seja ela de primeira mão (experiências pessoais de projeto) ou de segunda (experiência obtida através de leituras, estudo, investigação da tecnologia existente). A criatividade requer, portanto, autodisciplina, mais do que “inspiração”. As idéias para um produto podem ser obtidas das seguintes maneiras:

- Imaginação livre: consiste em deixar os pensamentos voarem livremente, não sendo restringidos por qualquer tipo de consideração sobre a viabilidade física das alternativas imaginadas, e posteriormente trazer essas idéias “disparatadas” para a luz da engenharia. O ponto positivo deste método é permitir que projetos realmente arrojados e não-convencionais venham à tona.
- Geração coordenada de idéias: aqui, uma idéia criativa e selecionada a partir de um grupo de idéias menos significantes. Portanto, se um número grande de idéias é gerado, é mais provável que uma delas seja uma solução realmente criativa. Este processo requer atenção, imaginação e auto-disciplina para gerar alternativas aceitáveis. A associação de idéias é muito produtiva, pois assim uma idéia dá origem a outra, e novamente deve-se frisar que o indivíduo capaz de produzir um grande

número de idéias é aquele que tem maior probabilidade de gerar idéias significativas. Além disso, este processo muitas vezes tem sua produtividade máxima quando a mente não está ocupada com atividades intelectuais. Uma abordagem mais sistemática para este processo é analisar o problema com as seguintes possibilidades em mente: a) O que há de errado? b) Como pode ser melhorado? c) Crie outros usos (funções alternativas); d) Modifique (formas, descrição, peso,...); e) Maximize/minimize (o tamanho); f) Adapte; g) Mude o visual (aparência antiga/ultramoderna); h) Substitua (materiais, componentes,...); i) Rearranje (componentes); j) Faça mais fácil de operar, mais rápido, automático, reciclável,...; k) Aumente a segurança, torne-o não-inflamável, não-tóxico, inquebrável,...

- Visualização funcional: este método serve como uma interface entre a definição e a solução do problema. O ponto de partida é a definição do problema, mantendo a ênfase no conceito funcional e não na forma da solução, evitando que as soluções existentes limitem a geração de possíveis alternativas. A forma física deve ser vista apenas como um meio de executar a função especificada.
- Matriz de idéias: este é um procedimento preciso de geração de idéias, consistindo na análise das diferentes variáveis relacionadas ao problema ou tarefa. Cada variável é subdividida em parâmetros, tipos, características, que são listadas separadamente, formando uma matriz. As intersecções representam possíveis soluções para o problema. Muitas idéias obviamente inúteis surgirão, mas o número de combinações certamente será maior do que o que seria gerado por associação livre de idéias, e o projetista terá à mão idéias (combinações de possibilidades) que talvez tivessem passado despercebidas.
- Brainstorming: este processo, amplamente utilizado, consiste na geração de idéias através da colaboração criativa de um grupo organizado. Seus princípios básicos são:

- a) O coordenador não deve usar seu conhecimento do assunto para dominar o grupo;
  - b) Não deve haver críticas às idéias apresentadas durante o andamento da sessão, mas somente após seu término;
  - c) Não deve haver restrições ao pensamento (quanto mais fora do comum forem as idéias, melhor);
  - d) O que se deseja são idéias em quantidade;
  - e) Deve-se estimular a combinação de outras idéias apresentadas para gerar diferentes alternativas;
  - f) A sessão deve ter duração de aproximadamente 60 minutos, e o grupo, cerca de 5 a 10 pessoas.
- Sinética: este processo é similar ao brainstorming, ou seja, também consiste de um esforço coordenado de um grupo para gerar idéias, mas aqui apenas 2 ou 3 idéias são buscadas, e com riqueza de detalhes. O problema é explicado detalhadamente ao grupo. O coordenador pode iniciar a sessão, por exemplo, sugerindo idéias, a forma de abordagem do problema, discutindo detalhes ou propondo uma situação análoga. Quando uma idéia interessante de possível significância surgir, o coordenador deve direcionar a discussão para a elaboração e análise desta idéia. Esta técnica é baseada no fato de que a mente é mais produtiva quando lidando com um novo ambiente do que com elementos conhecidos. A situação análoga leva os participantes para longe das abordagens tradicionais e os faz reconsiderar outras possibilidades, pois o problema tradicional agora lhes parece estranho.

### **O processo criativo**

Idéias criativas não ocorrem repentinamente; elas são estimuladas pela curiosidade direcionada. Crê-se que um processo ordenado, passo-a-passo resultará numa solução inovadora ou criativa. O processo descrito a seguir pode funcionar



quando utilizado parcialmente ou em uma ordem alterada. A importância dessa formalização é a compreensão e a descrição dos processos mentais desenvolvidos.

- Irritação/decisão: momento em que uma situação insatisfatória gera no indivíduo a decisão e o desejo de fazer algo a respeito.
- Preparação: é a fase do esforço mental consciente. Aqui o indivíduo explora em detalhes todas as soluções e combinações que podem levar a uma resposta satisfatória. Frequentemente, o problema é resolvido nesta fase; ou então, pelo menos o projetista estará familiarizado com a tarefa em detalhes bastante específicos.
- Incubação: nesse período, o subconsciente age sobre o problema, experimentando novas combinações “esquecidas” pela mente consciente.
- Iluminação: esta é a fase em que a solução inovadora surge repentinamente, em geral durante um período de descanso ou quando se está envolvido numa ação estranha ao problema.
- Verificação: após chegar a uma idéia criativa, é necessário julgar essa idéia para saber se é realmente uma solução viável, através de análise, experimentação ou exposição da idéia a autoridades no assunto. Este é o passo final e mais necessário do processo criativo.

### **Barreiras à criatividade**

Para se dedicar às técnicas de geração de idéias e aos passos do processo criativo descritos, é necessário eliminar as barreiras que impedem uma abordagem verdadeiramente criativa do processo de projeto. Essas barreiras são classificadas em

personais (criadas pelo próprio indivíduo) e organizacionais (impostas pela organização e pela estrutura de trabalho da empresa). As principais barreiras à criatividade são:

- Medo do ridículo: a geração de soluções criativas, freqüentemente, resulta em idéias pouco ou nada convencionais. Se o projetista avaliar suas idéias do ponto de vista da convencionalidade, para verificar se os outros irão considerá-las aceitáveis, ele estará limitando sua criatividade ao campo daquilo que é aceito como funcional (o que é indesejado).
- Mente prática (particularização prematura): se o projetista, devido à sua tendência à praticidade, atacar diretamente o problema, tentando resolvê-lo com a primeira idéia surgida, ao invés de primeiramente considerar outras possibilidades, ele limita sua capacidade de gerar idéias inovadoras.
- Superespecialização: a superespecialização pode limitar o horizonte do indivíduo ao ponto em que sua visão se torna superficial no mundo físico em geral, eliminando a possibilidade de considerações interdisciplinares. Não se deve descartar possibilidades externas ao seu campo de conhecimento. Deve-se buscar aprender tanto quanto for possível em áreas não correlatas à engenharia, como arte, ciências humanas, economia, psicologia, ..., pois elas geralmente envolvem processos de raciocínio diferentes do da engenharia, que podem ser utilizados para produzir idéias inovadoras.
- Desconfiança em relação à originalidade: idéias não-convencionais tem de romper uma barreira de desconfiança para serem aceitas. Este tipo de posicionamento é comum a toda a humanidade, e cabe ao projetista não ser preconceituoso com suas próprias idéias, não importando o quanto elas pareçam inviáveis. Cabe também a ele

documentar sua idéia de uma forma suficientemente convincente para romper a barreira de desconfiança das pessoas que julgarão a adequação de seu projeto.

- Imobilidade funcional: a familiaridade com certos objetos ou conceitos acaba por estabelecer uma idéia fixa quanto ao seu uso e função, limitando dessa forma o seu valor. É preciso considerar que os componentes com que estamos familiarizados sempre podem ser utilizados para executar funções diversas daquelas com as quais foram consagrados.

### **O processo de projeto**

Um projeto de sucesso depende de alguns fatores fundamentais, que são obtidos através de educação (formal ou experiência pessoal), autodisciplina e apreciação do desafio criativo:

- Conhecimentos: familiaridade com e compreensão de princípios físicos e matemáticos.
- Habilidades: o projetista deve ter desenvolvidas a habilidade de lidar com técnicas de análise, técnicas gráficas, técnicas de experimentação e métodos de comunicar suas idéias.
- Atitude: é essencial que o projetista tenha uma visão questionadora, curiosidade ativa, flexibilidade de pensamento, desejo de tomar decisões, habilidade de apresentar suas idéias e defendê-las e desejo de desenvolver a habilidade de julgamento através da experiência.
- Criatividade: o sucesso no projeto também depende da vontade de explorar o não-convencional e enfatizar o elemento único e inovador sobre a solução simplesmente

evolucionária. Pode-se afirmar que é impossível resolver os problemas de uma época com a tecnologia disponível quando da sua formalização; as soluções geradas dessa forma são apenas paliativas, e causam problemas adicionais no futuro (atualmente, lidamos com o desemprego resultante da automação e a poluição ambiental decorrente da industrialização desregrada). Decorre daí a importância da geração de soluções criativas para os problemas de nosso tempo.

### **O processo de projeto**

O processo de projeto como um todo, representado na figura 4 (página seguinte), pode ser dividido nas seguintes etapas:

- Identificação da necessidade: a imaginação fornece a necessidade através do estímulo decorrente da irritação causada por uma situação insatisfatória e gera a decisão de fazer algo a respeito.
- Definição de objetivos: expressão em termos gerais de um sistema, dispositivo ou processo que satisfaça a necessidade percebida.
- Pesquisa: busca de toda a informação disponível relacionada ao objetivo.
- Especificações funcionais: listagem de todos os parâmetros e informações pertinentes que tenderão a controlar o projeto na direção do objetivo desejado.
- Geração de idéias: consiste na geração de idéias através de alguma das técnicas descritas anteriormente, ou de uma variação delas, e ao contrário das demais fases do processo de projeto, esta não tem um lugar fixo, podendo ocorrer antes da fase de pesquisa, ou antes da fase de especificações funcionais, assim como antes da fase de conceptualização.

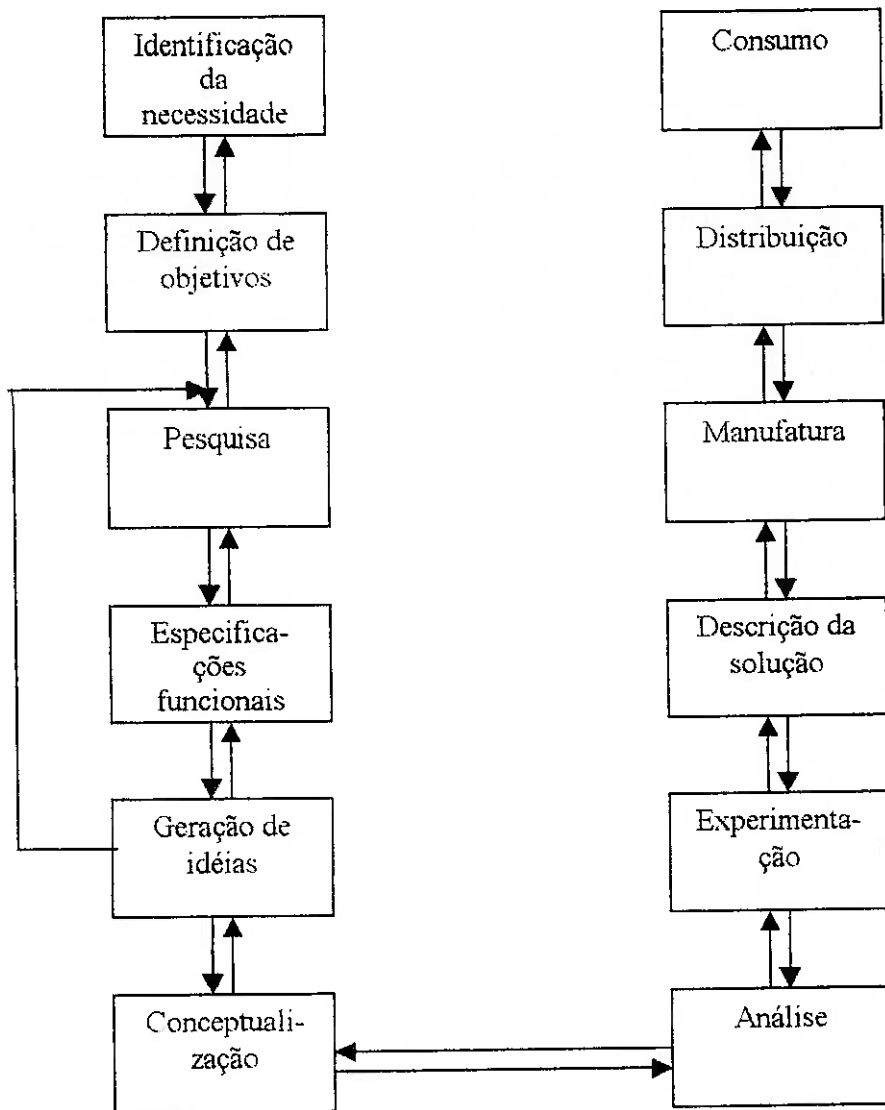


Figura 4: O processo de projeto

- **Conceptualização:** consiste numa atividade inventiva, na forma de geração de soluções alternativas possíveis que satisfaçam o objetivo especificado, geralmente na forma de esboços à mão livre. Aqui ocorre também a seleção de uma idéia que possua o melhor perfil para resolver o problema, segundo as especificações funcionais estabelecidas (o que geralmente é feito na forma de uma matriz de decisão). A matriz de decisão (veja a figura 5, na página seguinte) permite que se julgue os pontos fortes e fracos de cada alternativa, um vez que estas são avaliadas (de 0 a 10) segundo sua habilidade em atender aos critérios de projeto (que recebem um peso relativo; a somatória dos pesos de todos os critérios é 1, o que, ao final, resulta numa “nota” de 0 a 10 para cada alternativa). As alternativas que obtiverem as notas mais altas passam às etapas seguintes do processo – exatamente aquelas que consomem maior quantidade de recursos. É possível também que a equipe de projeto, ao observar o desempenho das alternativas, decida que nenhuma delas deve ir para a etapa seguinte, e retorne às fases anteriores para gerar novas possibilidades, ou dê o projeto por encerrado devido a falta de alternativas compensadoras de solução.
- **Análise:** teste da alternativa escolhida na etapa de conceptualização em relação às leis físicas. Cabe ao projetista determinar quando uma análise de primeira ordem será suficiente para verificar os pontos necessários da solução escolhida, ou quando uma análise mais detalhada (e mais custosa, demorada e cansativa) será necessária. A etapa de análise forma um loop com a etapa de conceptualização; sempre que uma idéia for descartada pela análise, retorna-se à fase anterior para desenvolver ou selecionar uma outra, que por sua vez, passará à fase de análise novamente, e assim por diante.

Critérios de Projeto	A	B	C	D	E	F	G	H	I	SOMA									
	peso do critério	0,12	0,1	0,1	0,18	0,2	0,03	0,04	0,15										
Alternativa de solução N.º 1	3	0,24	5	0,6	2	0,2	4	0,4	9	1,62	6	1,2	1	0,03	1	0,04	3	0,45	4,78
Alternativa de solução N.º 2	9	0,72	10	1,2	10	1	8	0,8	6	1,08	7	1,4	10	0,3	10	0,4	8	1,24	8,14
Alternativa de solução N.º 3	5	0,4	6	0,72	7	0,7	7	0,7	8	1,44	6	1,2	3	0,09	4	0,16	5	0,75	6,16
Alternativa de solução N.º 4	8	0,64	10	1,2	9	0,9	8	0,8	9	1,62	7	1,4	2	0,06	8	0,32	8	1,24	8,18
Alternativa de solução N.º 5	6	0,48	8	0,96	3	0,3	2	0,2	6	1,08	4	0,8	2	0,06	2	0,08	6	0,9	4,86
Alternativa de solução N.º 6	5	0,4	4	0,48	8	0,8	6	0,6	5	0,9	10	2	3	0,09	4	0,16	9	1,35	6,78

#### Exemplos de Critérios de Projeto (variam de acordo com cada projeto):

- A) Uso de peças padronizadas
- B) Segurança
- C) Facilidade de manutenção
- D) Durabilidade
- E) Aceitação do público
- F) Confiabilidade
- G) Custo de desenvolvimento
- H) Desempenho

Desempenho parcial da alternativa = Peso do critério X Nota obtida nesse critério  
 Desempenho global da alternativa = Somatória dos desempenhos parciais

#### Alternativas melhor classificadas:

Alternativa N.º 4 (média 8,18) e Alternativa N.º 2 (média 8,14). Ambas merecem uma consideração mais profunda, porque obtiveram avaliações finais muito próximas.

Figura 5: Matriz de decisão

- **Experimentação:** compreende a construção de um protótipo e testes em laboratório para determinar o desempenho, funcionabilidade, confiabilidade e durabilidade.
- **Descrição da solução:** consiste na elaboração de um relatório detalhado contendo uma descrição do dispositivo, desenhos, especificações, listas de partes, estimativas de custos e todas as demais informações específicas que definem esse dispositivo, processo ou sistema.
- **Manufatura:** envolve a consideração do volume de produção, técnicas de fabricação, automação, aquisição de estoque, controle de qualidade, inspeção.
- **Distribuição:** engloba a parte de estabelecimento de preços competitivos, margens de lucros, propaganda e marketing.
- **Consumo:** depois de vendidos os produtos, ainda cabe à empresa verificar a reação do consumidor, para obter novas informações que levem a melhorias no produto, além de oferecer manutenção adequada.

### **Abordagem morfológica do processo de projeto**

A abordagem morfológica do processo de projeto consiste na organização lógica de idéias (oposta aos métodos tradicionais de intuição e experiência). É particularmente útil para o projetista inexperiente como uma forma de iniciar o tratamento do problema e como um auxílio para organizar e guiar o trabalho segundo caminhos frutíferos. A figura 6, na página seguinte, representa a aplicação da abordagem morfológica nos estágios do processo de projeto.



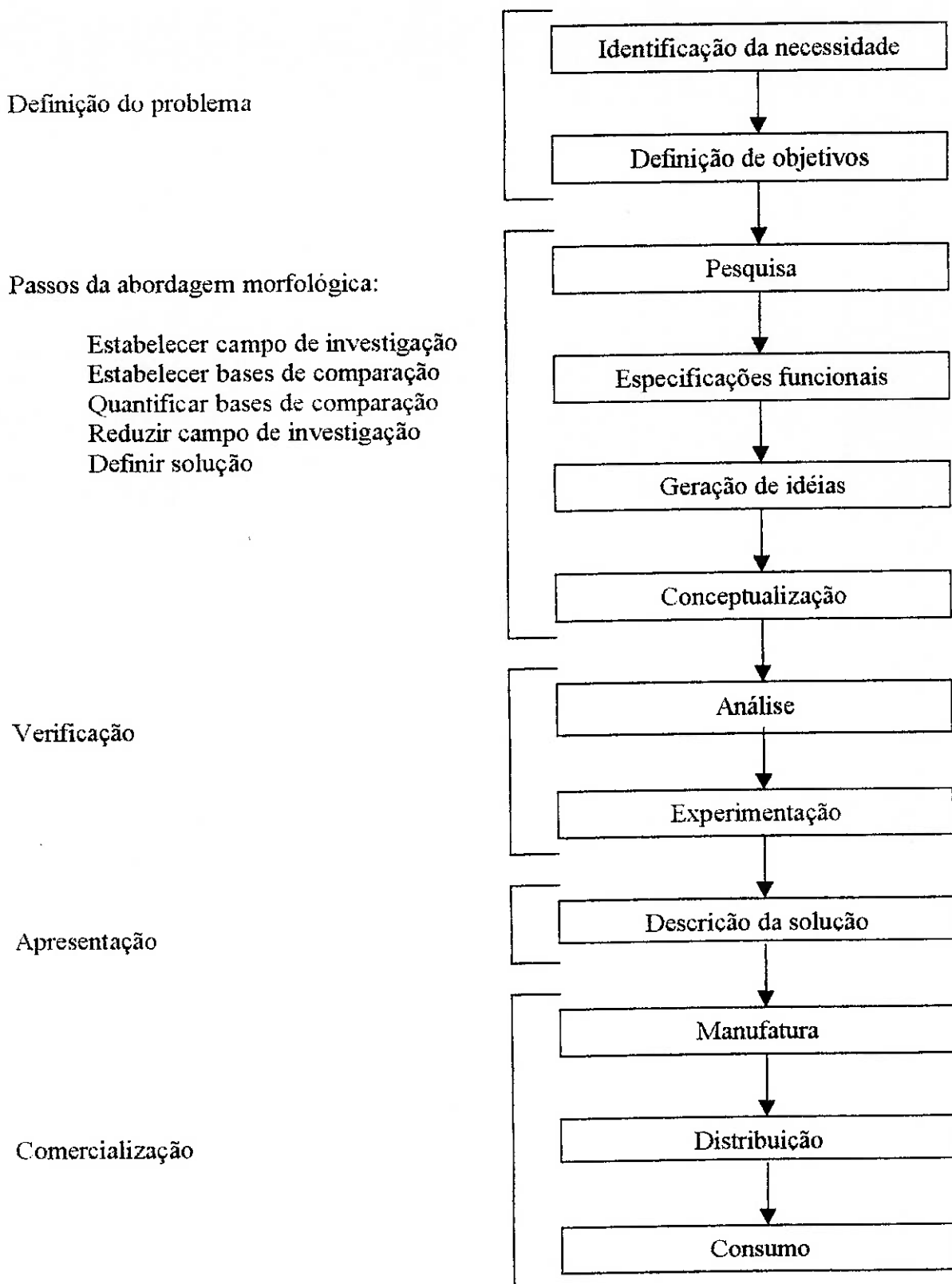


Figura 6: O processo de projeto com a abordagem morfológica

Os passos da abordagem morfológica são:

- Estabelecer o campo de investigação: consiste em combinar especificações de projeto, geração de idéias e conceptualização na forma de parâmetros (que descrevem as características e funções do projeto) e possibilidades (que descrevem as formas ou meios de satisfazer os parâmetros desejados). Isso resulta numa tabela que indica todas as possíveis soluções para o problema dentro dos limites do campo definido por esses parâmetros e possibilidades. A pesquisa de material de apoio é fundamental tanto no estabelecimento dos parâmetros quanto das possibilidades.
- Estabelecer as bases de comparação: isto é feito para poder-se comparar soluções e escolher a melhor. Exemplos de bases de comparações são custo, peso, simplicidade e durabilidade. Se mais de um critério for escolhido como base (o que é provável), elas devem ser classificadas por ordem de importância, e pesos atribuídos a elas.
- Quantificar as bases de comparação: aqui deve-se estabelecer limites de aceitabilidade para as bases de comparação, ou seja, elas devem ser tornadas tão específicas quanto possível, através de pesquisas, consultas ao cliente, conhecimento da capacidade de manufatura, etc. Em termos mais simples, o que se deseja fazer é estabelecer limites como, por exemplo, preço máximo para o produto de R\$ 30,00 (para a base preço), vida útil mínima de 10000 horas (para a base durabilidade), e assim por diante.
- Reduzir o campo de investigação: através de uma análise das diferentes possibilidades estabelecidas para cada parâmetro, o campo de investigação é reduzido pela eliminação das possibilidades não-satisfatórias, restando assim apenas as soluções ótimas (ou, pelo menos, as mais satisfatórias).
- Definição da solução: Através de uma análise cuidadosa de todas as possibilidades remanescentes (que serão muito menos do que a quantidade inicial de possibilidades

do campo), levando-se em conta as bases de classificação e seus respectivos pesos atribuídos, pode-se chegar à solução mais adequada para o problema, dentro do campo de investigação determinado no início. Se essa solução realmente será satisfatória é algo que depende de quão bem definidos foram os parâmetros e as possibilidades iniciais que determinam o campo.

Anexo B - Revisão dos principais conceitos apresentados na obra  
*Projeto de Produtos*  
de Mike Baxter

## Princípios do desenvolvimento de novos produtos

Através do estudo do que houve de diferente em projetos de produtos bem-sucedidos e aqueles que fracassaram comercialmente, é possível identificar fatores-chave para o desenvolvimento de um produto de sucesso e avaliar o grau em que esses fatores contribuem para o sucesso do produto. Os fatores básicos encontrados nos produtos de sucesso, em ordem crescente de importância, são:

- qualidade de desenvolvimento: alta qualidade das atividades técnicas do projeto; entrosamento entre as funções de marketing e vendas; alto nível de cooperação entre o pessoal técnico e de marketing. A presença destas características aumenta as chances de sucesso de um produto em 2,5 vezes, aproximadamente, em relação aos produtos em que isto não ocorre.
- estudos de viabilidade e especificações: cuidadosos estudos de viabilidade técnica e financeira antes do desenvolvimento do produto; especificações bem-definidas quanto a dimensões, funções, potência... Novamente, a presença destas características contribui para uma chance de sucesso 3,0 vezes maior em relação aos produtos cujo desenvolvimento não as apresenta.
- orientação para o mercado: diferenciação em relação aos concorrentes no mercado; presença de características valorizadas pelos consumidores, fazendo com que estes vejam o produto como tendo a) substancialmente melhores qualidades que os dos concorrentes e b) mais valor. Este é o grupo de características mais importante, pois trata diretamente da forma como o consumidor valoriza o produto, contribuindo com um fator de sucesso de 5,0 vezes, em média, em relação aos produtos que possuem estas características.

Pela análise do que se vê acima, pode-se concluir que a orientação para o mercado é a mais importante característica do desenvolvimento de novos produtos, o que é levado em consideração por BAXTER (1998), que é uma obra totalmente voltada para o mercado. Esses aspectos não-técnicos do projeto, como estilo, semântica do produto e simbologia do produto são sua contribuição mais original à metodologia de projeto, e é importante que engenheiros envolvidos com o projeto de produtos de consumo tenham contato com esse texto. Neste anexo, porém, por motivos de concisão, serão apresentados apenas os aspectos técnicos de sua obra, de importância universal para qualquer tipo de projeto, seja ele voltado para produtos industriais ou de consumo.

### **Análise de valores**

A análise de custos convencional examina os custos de material, mão-de-obra e os custos indiretos para cada componente de um produto. Essa abordagem tem um caráter puramente monetário, não se preocupando com o valor de cada componente, o que, na prática, leva os projetistas a tentar reduzir os custos associados ao componente mais caro, mesmo que ele tenha uma contribuição fundamental para a função do produto, o que pode comprometer a função ou qualidade do produto. A análise de valores procura aumentar o valor relativo (em relação ao custo) das peças e componentes e do produto como um todo, sem comprometer as suas funções, baseando-se em três etapas: a) identificar as funções de um produto; b) estabelecer valores para essas funções; c) procurar realizar essas funções ao mínimo custo, sem perda de qualidade. Considera-se como função o objetivo de uma ação, e não a própria ação. O valor de um produto é determinado pelo consumidor, representando a quantidade de

dinheiro que o consumidor está disposto a pagar pelas funções que esse produto contém; produtos que apresentam maior número de características desejadas pelos consumidores são considerados de maior valor. O valor é sempre um conceito relativo, dependendo de fatores locais e temporais, e para se chegar a uma avaliação quantitativa dele, pode-se comparar diversos produtos semelhantes entre si, segundo critérios considerados importantes para o consumidor, ou, no caso de produtos mais simples, pela comparação de preços de produtos que exerçam a mesma função, adotando-se como valor da função o custo do produto mais barato que execute essa função. A análise de valores procura aumentar o valor do componente, reduzindo seus custos ou aumentando o valor de sua função, ou seja, ela procura aumentar a seguinte relação:

$$\text{Valor do componente (ou produto)} = \text{valor da função} / \text{custo do componente (ou produto)}$$

Para reduzir os custos, pode-se utilizar as técnicas óbvias de utilização de componentes mais baratos, técnicas de fabricação mais eficientes e redução dos custos indiretos de fabricação, o que, naturalmente, deve ser feito sem prejudicar a função ou a qualidade do produto. Para aumentar o valor da função, deve-se acrescentar características desejadas pelos consumidores. Pode haver até aumento do custo do produto, desde que isso provoque um aumento proporcionalmente maior no valor de sua função. No caso em que o valor é definido pelo componente de maior custo, para a mesma função, os números acima de 1,0 indicam que a função tem valor superior ao seu custo; aqueles abaixo de 1,0 indicam que o custo da função supera o seu valor, e é nestes casos, portanto, que se deve concentrar a atenção do projetista, pois é aí que está o potencial de redução de custos.

## Qualidade do produto

A qualidade do produto é outra forma de agregar valor a ele; quanto mais qualidade o consumidor associar ao produto, mais este produto será diferenciado em relação aos concorrentes. A qualidade, porém é percebida de maneiras diferentes por diferentes pessoas. Para o pessoal envolvido com a produção de um item, a qualidade pode ser vista como facilidade de manutenção, resistência para suportar a faixa de operações especificada, facilidade de fabricação... O que nos interessa, porém, é a maneira pela qual o consumidor avalia a qualidade do produto, e para tanto, é adequado o modelo de qualidade de Kano, composto, basicamente, dos seguintes elementos:

- expectativa básica: qualidades do produto cuja ausência causa grande insatisfação, mas cuja presença é considerada como uma coisa normal e não contribui para aumentar o sentimento de satisfação.
- fatores de excitação: qualidades do produto que provocam grande satisfação quando estão presentes, mas cuja ausência não causa insatisfação. Estes fatores satisfazem às necessidades latentes dos consumidores.
- fatores de performance: cobrem as qualidades que os consumidores declararam esperar dos produtos. A percepção do consumidor sobre a qualidade varia na proporção direta do grau em que a performance ideal ou máxima do produto seja alcançada.

Há quatro aspectos no modelo de Kano para qualidade do produto que devem ser incorporados ao processo de planejamento do produto:



- desejos não declarados pelos consumidores: existem alguns desejos que os consumidores não declaram e que são muito difíceis de serem identificados pela pesquisa de mercado. Esses desejos recaem nas categorias básica (são considerados evidentes) e de excitação (são desconhecidos pelos consumidores). A melhor maneira de identificar as expectativas básicas de qualidade é pela análise dos produtos concorrentes. Os fatores de excitação podem ser extrapolados a partir da pesquisa de mercado, identificando-se os desejos não atendidos e as frustrações dos consumidores com os produtos existentes.
- atendimento das necessidades básicas: este é um fator essencial no sucesso de um produto, mas uma vez que essas necessidades estejam satisfeitas, não compensa investir muito na melhoria das mesmas. A curva das necessidades básicas oferece um retorno decrescente, em termos de satisfação do consumidor, para graus crescentes de atendimento. A partir de um certo nível de atendimento, o consumidor não valorizará proporcionalmente esse fator; a partir desse nível, qualquer investimento adicional não contribuirá para aumentar significativamente o valor do produto.
- atendimento aos fatores de excitação: a satisfação dos consumidores tende a crescer em taxas extremamente elevadas quando se atende aos fatores de excitação. Quanto mais fatores de excitação forem incluídos num produto, mais prazer será proporcionado aos consumidores, e mais esse produto se destacará em relação a seus concorrentes.
- atendimento aos fatores de performance: estes fatores aumentam a satisfação dos consumidores, mas não tanto quanto os fatores de excitação. Se for alcançado um certo nível dos fatores de performance, o suficiente para que os consumidores não

fiquem insatisfeitos, o esforço extra deve ser dirigido para os fatores de excitação, pois estes fornecem maior retorno.

A classificação dessas necessidades não é imutável; os produtores devem procurar sempre introduzir novos fatores de excitação, pois estes logo são incorporados aos fatores de performance do produto (ou mesmo às necessidades básicas). A criação da qualidade em um produto depende de um balanceamento entre o atendimento das expectativas do consumidor e um pouco de excesso. Um bom planejamento de produto incorpora todos os fatores básicos e de performance e, além disso, procura acrescentar alguns fatores de excitação, para que o consumidor tenha prazer em consumir o produto.

### **Controle de qualidade**

O controle de qualidade tem por objetivos, basicamente:

- direcionar o processo de desenvolvimento de um produto, para que ele se aproxime das necessidades do consumidor.
- filtrar esse processo, deixando passar somente aquelas alternativas que sejam mais próximas dos objetivos da empresa.

Para que o controle de qualidade alcance essas metas, é preciso que as necessidades do consumidor, que definem o produto a ser desenvolvido, sejam transformadas em objetivos técnicos do projeto. Essa conversão deve manter os princípios de :

- utilidade, no sentido de produzir especificações úteis para controlar a qualidade durante o processo de desenvolvimento do produto.
- precisão; essa conversão deve ser feita com precisão suficiente para permitir a tomada de decisões técnicas.
- fidelidade às necessidades do consumidor, para que o produto final seja orientado para o mercado.

A técnica mais adequada à conversão das necessidades do consumidor em objetivos técnicos, mantendo os princípios acima citados é a do desdobramento da função qualidade (QFD).

### **Desdobramento da Função Qualidade (QFD)**

Esta técnica possui, basicamente, quatro estágios:

- desenvolvimento de uma matriz para converter as características desejadas pelo consumidor em atributos técnicos do projeto.
- análise dos produtos existentes no mercado quanto à satisfação dos consumidores e suas características técnicas.
- estabelecimento de metas quantitativas para cada atributo técnico do projeto.
- priorização dessas metas nos esforços de projeto.

Para a perfeita compreensão dessa técnica, é necessária a ilustração de um exemplo, retirado de BAXTER (1998), sucintamente descrito nas etapas seguintes.

### Conversão das necessidades do consumidor

Esta etapa consiste na elaboração de uma matriz de relações. Nas linhas da matriz ficam as necessidades e expectativas do consumidor quanto ao produto; nas colunas, ficam as características técnicas supostamente relacionadas com a satisfação das expectativas do consumidor. Nos cruzamentos das linhas e colunas, coloca-se uma avaliação entre as expectativas e as características técnicas. Por exemplo, pode-se utilizar círculos grandes para as relações fortes e pequenos para as relações fracas, e um código de cores para indicar a natureza da relação, como preto para as relações negativas e cinza para as positivas. Tomando como exemplo o projeto de um novo tipo de percevejo, e sendo as necessidades do consumidor facilidade de penetração, baixo preço e resistência à flexão entre o pino e a cabeça, a equipe técnica determinou como características de projeto o diâmetro da cabeça, do pino, solidez da junção entre cabeça e pino e avaliando as relações entre essas necessidades e características, resultou o quadro a seguir (figura 7):

		Requisitos técnicos do projeto			
		Diâmetro da cabeça	Diâmetro do pino	Solidez da junção pino-cabeça	Ponta afiada do pino
Necessidades do consumidor	Facilidade de penetrar	⊕	●		⊕
	Pino sem dobrar		⊕	⊕	
	Baixo preço	●	●		●

Figura 7: Relação entre as necessidades do consumidor e os requisitos técnicos. Fonte: BAXTER (1998),

## Análise dos produtos concorrentes

Esta etapa envolve a análise dos produtos concorrentes e do próprio produto da empresa, feita pelo público consumidor, de acordo com as necessidades e expectativas declaradas, e também pela equipe técnica de desenvolvimento do produto, segundo o desempenho desses produtos nas características técnicas de projeto listadas anteriormente. No quadro seguinte, pode-se observar o desempenho comparativo do produto da empresa e dos produtos concorrentes 1 e 2. Essa comparação permite avaliar se as relações entre as características técnicas de projeto e os desejos do consumidor estão coerentes. O diâmetro do pino, considerado um fator relevante para impedir que o mesmo se dobrasse, demonstrou ser pouco importante nesse sentido, pois os produtos concorrentes, embora tendo diâmetros menores, como se pode observar pela avaliação segundo os critérios técnicos, eram mais resistentes à flexão, na opinião do público. Essa relação, portanto, não foi bem determinada.

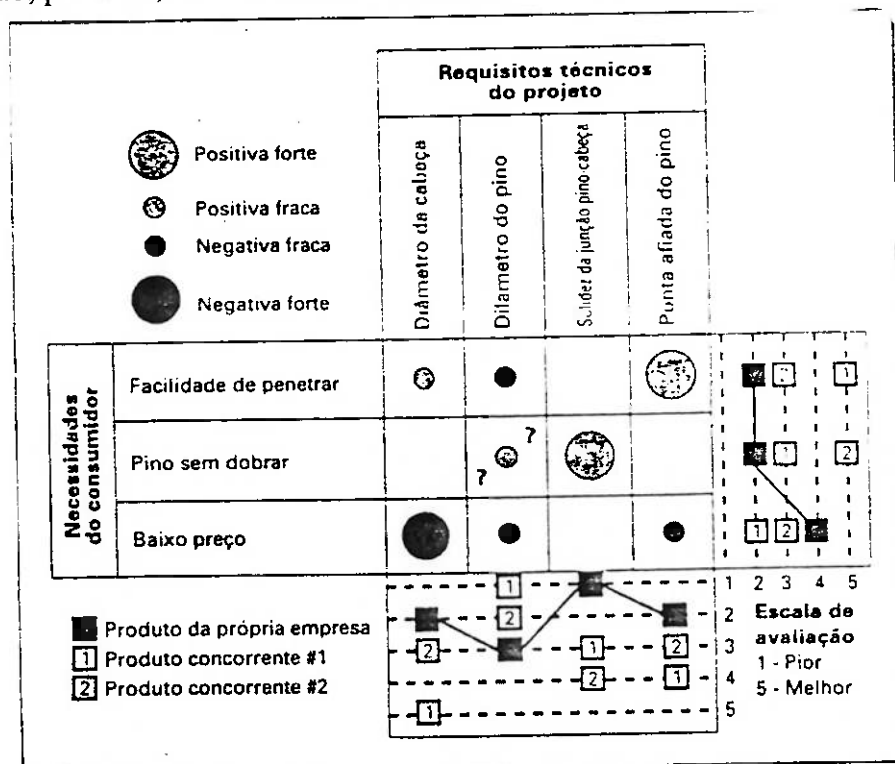


Figura 8: Comparação com os produtos concorrentes. Fonte: BAXTER (1998), p. 216.

### Fixação das metas quantitativas

Nesta etapa, as características técnicas dos produtos concorrentes, assim como do produto da empresa são colocadas lado a lado, em números, para que se possa estabelecer os valores a serem buscados no projeto. No exemplo dado, pode-se observar pelo quadro a seguir que o diâmetro atual do pino do percevejo projetado, 1,1 mm, é maior do que aquele dos produtos concorrentes, respectivamente 0,8 e 0,9 mm; como se constatou que o diâmetro do pino, ao contrário do que se pensava inicialmente, pouco influencia se o pino vai dobrar ou não, e um diâmetro maior implica em maior gasto de material, decidiu-se estabelecer como meta um diâmetro de 0,8 mm para o produto da empresa. Fazendo a mesma análise para a ponta do pino, observou-se que o raio de curvatura adotado, 0,2 mm, é maior do que os dos produtos concorrentes, cujos valores são 0,15 e 0,10 mm. Para tornar o pino da empresa tão afiado quanto os dos concorrentes, facilitando sua penetração, decidiu-se por um diâmetro de ponta menor do que 0,10 mm. Prossegue-se assim até estabelecerem-se metas quantitativas para todos os requisitos técnicos de projeto.

	Produto da empresa	Concorrente nº 1	Concorrente nº 2	Meta fixada
Diâmetro da cabeça	7 mm	10,5 mm	8,5 mm	> 10 mm
Diâmetro do pino	1,1 mm	0,8 mm	0,9 mm	0,8 mm
Junção cabeça-pino	55 N	70 N	75 N	> 75 N
Ponta do pino	0,2 mm	0,1 mm	0,15 mm	< 0,1 mm

Figura 9: Fixação das metas a partir da comparação com os produtos concorrentes. Fonte: BAXTER (1998), p. 217

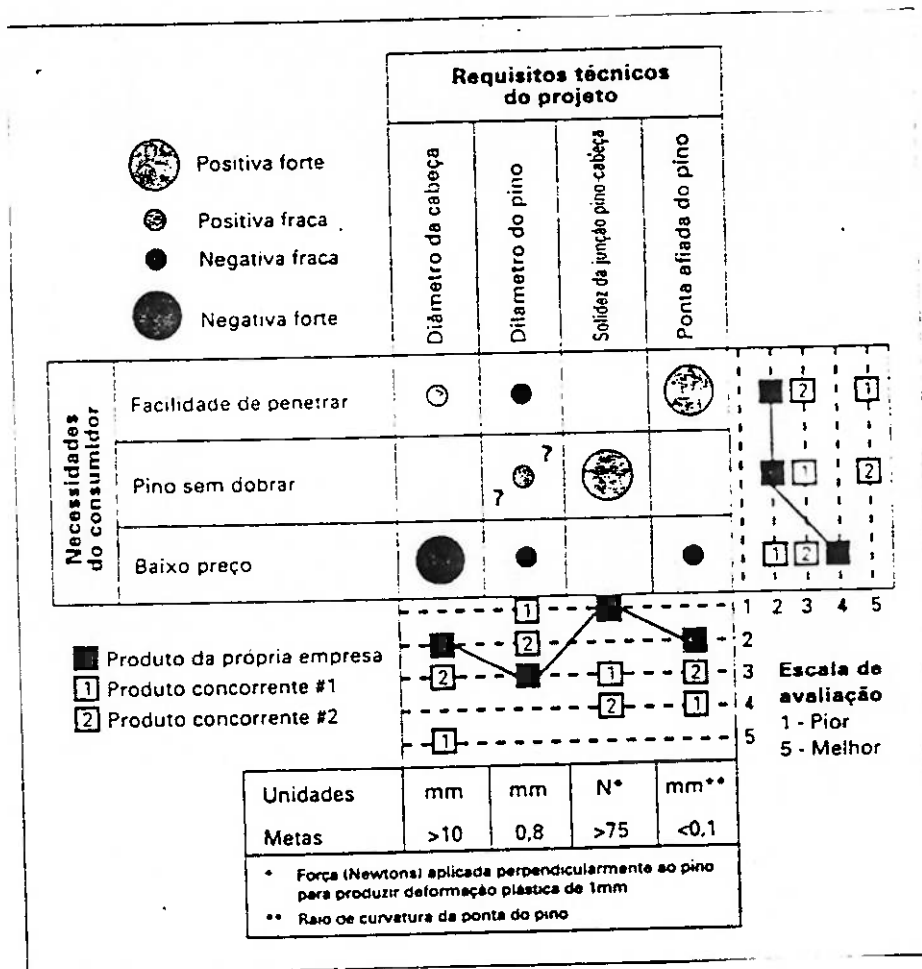


Figura 10: Inclusão das metas de requisitos técnicos. Fonte: BAXTER (1998), p. 217

### Priorização das metas

As metas estabelecidas na etapa anterior muitas vezes serão contraditórias entre si; é necessário, portanto, estabelecer uma hierarquia para decidir a qual delas se deve dar prioridade, ou o grau de participação delas numa possível solução de compromisso. Para tanto, é preciso que os consumidores, quando informarem suas necessidades e expectativas quanto ao produto, revelem também sua opinião sobre quais aspectos são mais importantes, por exemplo, dando notas de 0 a 10 para cada quesito. No caso do percevejo, os consumidores informaram que, na média, a facilidade de penetração tem importância relativa igual a 6, o baixo preço, 8, e a resistência à flexão, 3. A equipe de projeto, por sua vez, decidiu ponderar as relações fortes (círculos grandes) com peso 9 e

as fracas com peso 3, considerando-se, é claro, a natureza da relação (positiva ou negativa). Multiplicando-se os pesos atribuídos pelos consumidores pelos fatores de relação dados pela equipe técnica, e fazendo-se a somatória para cada requisito técnico, obtém-se um valor relativo da importância de cada um deles para o resultado final, permitindo à equipe de projeto decidir quais deles devem ser priorizados, quando houver choques entre as metas estabelecidas anteriormente. No exemplo dos percevejos, vê-se que os esforços prioritários de projeto devem ser concentrados na ponta afiada do pino e no fortalecimento da junção cabeça-pino. A equipe de projeto deve, contudo, manter uma postura crítica para analisar os resultados obtidos nessa fase; se eles parecerem incoerentes, talvez seja o caso de reavaliar as relações inicialmente estabelecidas entre os requisitos técnicos de projeto e as necessidades do consumidor. Não se deve, porém, alterar as avaliações feitas pelos consumidores, pois eles, em princípio, informaram aquilo que lhes parecia mais importante no produto. Se, por um motivo qualquer, essas informações parecerem absurdas, a pesquisa de mercado deve ser refeita.



		Requisito do projeto # 1 (diâmetro da cabeça)
Avaliação do requisito do consumidor # 1 = 6 (facilidade de penetrar)	Relação entre requisito do consumidor # 1 e requisito do projeto # 1	 = 3
Avaliação do requisito do consumidor # 3 = 8 (baixo preço)	Relação entre requisito do consumidor # 3 e requisito do projeto # 1	 = - 9
Avaliação da importância para o requisito de projeto # 1	Soma dos produtos da multiplicação entre as avaliações do consumidor e os requisitos dos projetos = $(6 \times 3) - (8 \times 9) = - 54$	

Figura 11: Exemplo de cálculo da importância do requisito diâmetro da cabeça. Fonte: BAXTER (1998),



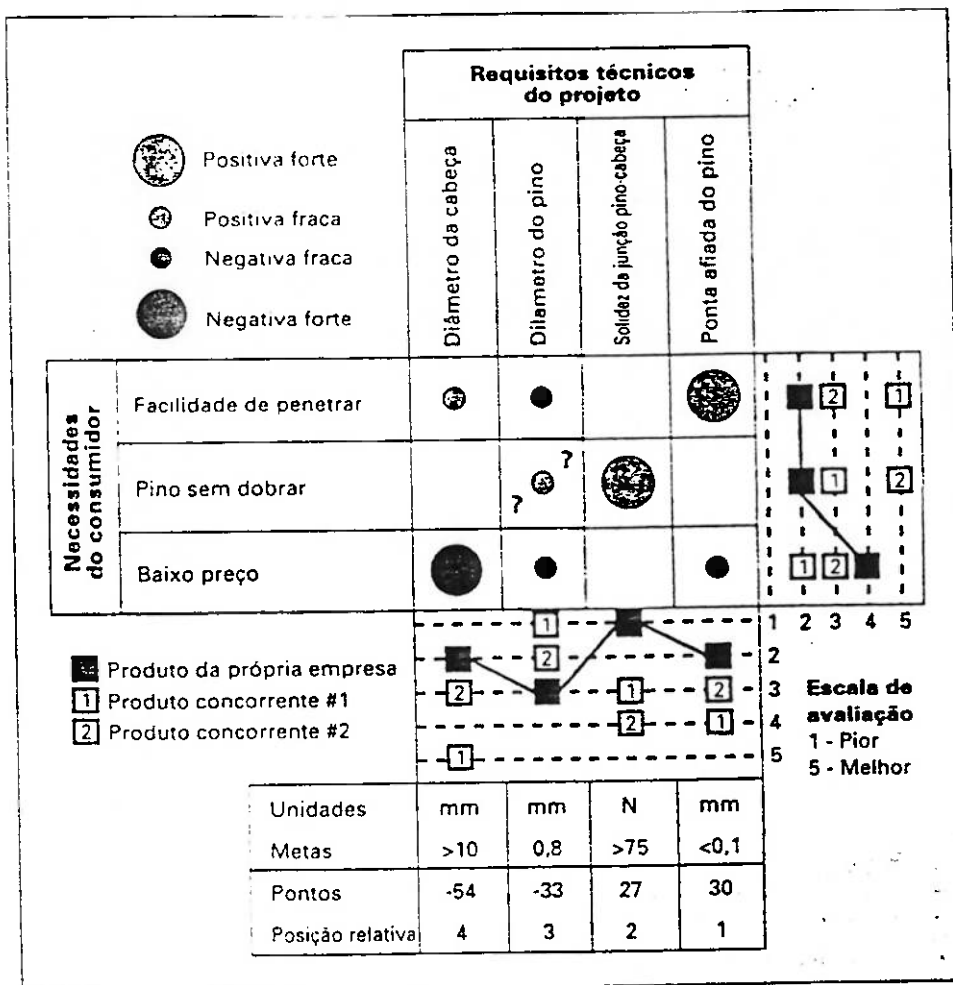


Figura 12: Avaliação da importância dos diversos requisitos de projeto. Fonte: BAXTER (1998), p. 219.

Anexo C - Revisão dos principais conceitos apresentados na obra  
***PMC-475: Metodologia de Projeto***  
***(bibliografia básica do curso ministrado na Escola Politécnica)***  
de Marcelo A. L. Alves, Marcelo Massarani, Omar Moore  
Madureira, Paulo Carlos Kaminski, Roberto Ramos Jr., Ronaldo  
de Breyne Salvagni

## **A otimização do projeto<sup>1</sup>**

No projeto básico, as variáveis nos modelos do projeto foram separadas em variáveis de entrada e variáveis de saída. Tendo-se definido as faixas de valores convenientes dos parâmetros do projeto, pode-se quantitativamente determinar as variáveis de saída em função das de entrada.

Os valores resultantes das variáveis de saída serão diretamente dependentes da escolha dos parâmetros e haverá naturalmente uma combinação destes parâmetros que é a melhor entre todas as possíveis. Esta combinação é o chamado conjunto ótimo de parâmetros do projeto e é característica do projeto escolhido.

## **A importância dos critérios**

A escolha do conjunto ótimo de parâmetros envolve um julgamento de valores para o qual deve necessariamente ser estabelecido um critério de julgamento. Em consequência, como o conjunto ótimo de parâmetros do projeto resulta de um determinado critério, a alteração deste vai resultar em outro conjunto de parâmetros.

Às vezes, o critério é aplicado a um ou mais dos conjuntos do projeto sem levar em conta o sistema como um todo, resultando na chamada sub-otimização. A otimização dos conjuntos pode levar ao projeto otimizado, mas eventualmente isto pode gerar sérios problemas de incompatibilidade.

A otimização de um projeto normalmente só é possível sob um único critério. Pode-se, entretanto, formar um critério composto de várias exigências parciais ponderadas entre si. Para evitar critérios muito complexos, pode-se considerar algumas

---

<sup>1</sup> Excerto do capítulo 7 da apostila do curso de Metodologia de Projeto, ministrado na Escola Politécnica.

das exigências como limitações, dando-se a algumas variáveis limites superiores ou inferiores.

### **A forma geral do problema de otimização**

O modelo matemático de um projeto permite relacionar as variáveis de entrada (independentes) com as de saída (dependentes) através de transformações matemáticas. As equações de transformação incluem os parâmetros de projeto e se estes forem fixados, o projeto também estará fixado, já que haverá uma correspondência biunívoca entre as variáveis de entrada e de saída.

Consideremos agora as funções de critério em que estarão incluídas as variáveis de entrada e saída e os parâmetros do projeto. Conhecidos os valores destas variáveis, pode-se calcular o valor da função de critério tendo-se uma medida da qualidade do projeto fixado por um conjunto de valores escolhidos para os parâmetros. Outros conjuntos podem ser analisados e da comparação entre os resultados para esse diferentes valores de critério pode-se escolher o melhor (ótimo) conjunto de parâmetros.

Os parâmetros e as variáveis são relacionados por dois tipos de vínculos:

- Os parâmetros e as variáveis estão ligados entre si por leis naturais ou empíricas. Por exemplo, o calor contido em um corpo depende da sua capacidade calorífica e de sua temperatura. Esses vínculos são chamados de vínculos funcionais porque expressam relações funcionais entre as variáveis e parâmetros que devem ser obedecidas para que o projeto seja fisicamente realizável.
- Há limitações sobre as variáveis ou parâmetros ou grupos deles tanto para garantir a realizabilidade física quanto para garantir a compatibilidade com o resto do projeto e

com o ambiente. Estas limitações irão definir regiões permitidas e por isso serão chamadas de vínculos regionais.

Veremos que os vínculos funcionais serão representados matematicamente por igualdades, enquanto que os vínculos regionais serão representados por desigualdades.

O problema geral de otimização é constituído, portanto, por três elementos:

- A função de critério que, pela escolha conveniente dos parâmetros do projeto deve ser maximizada ou minimizada dependendo de qual seja o ótimo;
- Os vínculos funcionais que, essencialmente, constituem a representação matemática dos modelos usados para o projeto;
- Os vínculos regionais, que estabelecem limites permissíveis para parâmetros ou grupos de parâmetros do projeto, e que representam suas características.

### **A representação matemática do problema geral de otimização**

Reunindo convenientemente as variáveis de entrada, saída e os parâmetros  $x_1, x_2, \dots, x_n$  (variáveis a serem estudadas), a função de critério será representada por  $U = U(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , os vínculos funcionais por  $\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_m$  e os vínculos regionais por  $\emptyset_1, \emptyset_2, \dots, \emptyset_p$ . O  $i$ -ésimo vínculo funcional terá limites inferiores  $s_i$  e superiores  $S_i$ . O problema geral de otimização será representado pelo seguinte conjunto de equações:

$$U = U(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Função de critério

$\Psi_1 = \Psi_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$	Vínculos funcionais
$\Psi_2 = \Psi_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$	
(...)	
$\Psi_n = \Psi_n(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$	
$s_1 < \varnothing_1(x_1, x_2, \dots, x_n) < S_1$	Vínculos regionais
(...)	
$s_p < \varnothing_2(x_1, x_2, \dots, x_n) < S_p$	

Para melhor visualização dos conceitos teóricos, apresenta-se um exemplo simples de otimização de elementos de máquinas com exigências normais.

### Exemplo

Consideremos o caso do projeto de uma barra tracionada por uma força constante  $F$ , tendo comprimento  $L$ . Supondo que a barra seja de material metálico e fabricada em grandes quantidades, o critério de otimização será baseado na minimização do custo do material da barra  $C$ . A função de critério será, portanto:

$$C = c \cdot \rho \cdot V = c \cdot \rho \cdot A \cdot L \quad (1)$$

onde:

$C$  = custo do material da barra em R\$

$c$  = custo por unidade de massa do material em R\$/Kg

$A$  = área da seção transversal em  $\text{cm}^2$

$L$  = comprimento da barra em cm

$\rho$  = massa específica em Kg/cm<sup>3</sup>

Admitindo que a barra tenha função estrutural, pode-se adotar como vínculo funcional a tensão normal na seção:  $\sigma = F/A$ , e impor como vínculo regional que não haja escoamento do material. Temos, portanto:

$$\sigma_{\max} = F/A \quad (2)$$

$$\sigma_{\max} < \sigma_e/N \quad (3)$$

$\sigma_e$  = tensão de escoamento do material em N/m<sup>2</sup>

$N$  = coeficiente de segurança adotado

Para resolvermos o problema, vamos introduzir as equações (2) e (3) em (1), eliminando dessa forma o parâmetro  $A$  que não é especificado nem limitado. Teremos, então:

$$C = c \cdot \rho \cdot L \cdot F / \sigma_{\max} = F \cdot L \cdot N \cdot c \cdot \rho / \sigma_e \quad (4)$$

Notar que o grupo  $F \cdot L \cdot N$  é formado por parâmetros e variáveis independentes e determinados, embora a escolha do coeficiente de segurança deva ter sido feita criteriosamente. O problema de otimização está portanto reduzido à escolha do material para o qual  $c \cdot \rho / \sigma_e$  seja mínimo. Fazendo-se uma tabela para todos os materiais metálicos aplicáveis ao caso, chega-se ao melhor deles e à otimização.

A área da seção resultará, evidentemente,  $A = F \cdot N / \sigma_e$ .

### **Referências Bibliográficas**

BAXTER, Mike (1998). Projeto de Produtos. Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo.

HILL, Percy (1970). The Science of Engineering Design. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York.

ALVES, Marcelo; KAMINSKI, Paulo Carlos; MADUREIRA, Omar Moore de; MASSARANI, Marcelo; RAMOS JR., Roberto; SALVAGNI, Ronaldo de Breyne (1996). Apostila básica do curso de PMC-475: Metodologia de Projeto.

### **Bibliografia Recomendada**

BEITZ, Wolfgang; PAHL, Gerhard (1988). Engineering Design: A Systematic Approach. The Design Council, London.

FADIMAN, James e FRAGER, Robert (1986). Teorias da Personalidade. Editora Harbra, São Paulo.

LAWRENCE, Gordon (1984). People Types and Tiger Stripes. Center for Applications of Psychological Type, Inc., Gainesville.