

PSI 3591

PROJETO DE FORMATURA I

7ª Aula

Geração e Avaliação de
Conceitos
(Alternativas de Solução)



MOTIVAÇÃO DA AULA DE HOJE

- Entender a importância da criatividade, inovação, geração de conceitos (alternativas de solução) e avaliação crítica em projeto (design) de engenharia
- Conhecer as barreiras à criatividade
- Ser capaz de aplicar estratégias e métodos formais para avaliar as alternativas de solução (conceitos)
- Ser capaz de aplicar técnicas para avaliação dos conceitos de design



1. CRIATIVIDADE

- Você se acha criativo?
- Quem você acha criativo?
- Porque você acha que eles são criativos?



3



CRIATIVIDADE & INOVAÇÃO

- Criatividade
 - Habilidade de desenvolver novas ideias
 - Inerente ao indivíduo E **pode ser estimulada** através esforços conscientes e treinamento
- Inovação
 - Habilidade de trazer as novas ideias para a realidade
- Inovação é importante para empresas pois gera novos produtos e serviços

4



BARREIRAS PARA A CRIATIVIDADE

JAMES L. ADAMS (Stanford University)

- Percepção
 - Limitar o espaço do problema (COLOCAR BARREIRAS ONDE ELAS NÃO EXISTEM!)
 - Polarização técnica desconsiderando aspectos afetivos, sensoriais, etc.
- Emocional
 - Medo de falhar
- Cultural e Ambiental
 - Polarização cultural (do grupo) contra criatividade, ambiente de equipe ruim...
- Intelectual e de Expressão
 - Necessita conhecer/entender Ferramentas

5



Barreiras para a Criatividade

PERCEPÇÃO



- Tendência à aplicar a mesma solução para todos os problemas
 - Usar o mesmo microcontrolador para todos os Projetos
- Qual o verdadeiro problema?

6



Barreiras para a Criatividade

EMOCIONAL

- Medo de Falhar
 - Normalmente temos ideias criativas que não expressamos por receio de críticas (autocrítica)
 - Devemos encorajar a exposição de ideias malucas (mas que podem levar à inovação!)
 - Vídeo no stoa (15min) da IDEO sobre como projetar um carrinho de comprar para supermercados
- Medo do Caos e da Desorganização
 - É um desafio aos engenheiros pois o emocional é desorganizado e não segue metodologias científicas às quais estamos habituados
- Tendência a julgar/criticar ideias
 - Devemos gerar ideias e brincar com elas
- Criatividade tem um tempo de incubação: Eureka!!!

7



Barreiras para a Criatividade

CULTURAIS E AMBIENTAIS

- Refere-se a aspectos em nosso ambiente que limitam a criatividade
 - Tendência a achar que criatividade não resolve problemas de Engenharia (em geral acreditamos que existe uma única solução para o nosso problema)
 - Equipe pouco entrosada onde ninguém confia em ninguém e uns criticam os outros
 - Gerenciamento autocrático que despreza outras opiniões e ideias
 - Considerar que criatividade e brainstorming sozinhos não resolvem problemas de Engenharia
 - Processo criativo deve ser conciliado com métodos de Engenharia

8



INTELECTUAL E DE EXPRESSÃO

- No ambiente de Engenharia o projetista deve ter o conhecimento das (e sobre as) ferramentas e métodos que podem resolver o problema
 - Matemática é uma linguagem universal para resolver problemas científicos
 - Em engenharia elétrica e computação
 - Existem linguagens que descrevem os problemas nos domínios funcionais, lógicos e de estado
 - Projeto lógico pode ser desenvolvido com tabelas-verdade (comportamento das entradas e das saídas)
 - Projeto eletrônico pode ser desenvolvido a partir de blocos funcionais (entrada, transformação, saída)
 - A grande maioria dos processos podem ser simulados



PENSAMENTOS LATERAL E VERTICAL

- Pensamento Lateral (ou divergente)
 - Estimula soluções criativas
 - Não foca a solução do problema, nem se está certa ou errada
 - Estimula saltar de ideias em ideias

Não procura dizer “Eu sei o que estou procurando” e sim “Estou procurando, mas não saberei o quê até eu encontrar”
 - Procura seguir caminhos pouco prováveis (menos ortodoxos)

*“Um corpo é descoberto no Ibirapuera no meio do verão. Ele tem um crânio fraturado e um monte de ossos quebrados...
mas a causa da morte foi hipotermia.”*

O que ocorreu: Uma pessoa resolveu viajar no compartimento do trem de pouso de um avião. Durante o vôo ele congelou e quando o avião abriu o trem de pouso próximo a Congonhas o corpo caiu no Ibirapuera, fraturou o crânio, quebrando muitos ossos.



PENSAMENTOS LATERAL E VERTICAL

- Pensamento Vertical (ou convergente)
 - Foca nos passos para concretizar uma solução
 - Tenta determinar a qualidade da solução ao longo do processo
 - Sem pulos não lineares
- Pensamento Lateral mais conveniente na fase de geração de conceito (busca por alternativas de solução)
 - Criatividade é mais individual que de grupo
 - Criatividade é bem explorada em grupo pois os indivíduos criam em cima das ideias dos outros

11



ESTRATÉGIAS PARA ESTIMULAR A CRIATIVIDADE

- Questione e desafie os pressupostos
 - Por que as árvores tem folhas? Por que o céu é azul?
 - Posso substituir o microcontrolador por outro dispositivo/princípio?
- Pratique “ser criativo”
 - Tente resolver problemas como o do corpo no parque
 - Tente desenvolver novas soluções para coisas que te incomodam no dia a dia
- Suspenda o Julgamento
- Dê tempo ao tempo
- Pense como um iniciante
 - Novas soluções costumam surgir de novatos (sem pré-conceitos)
 - Em problemas parecidos considere soluções não parecidas

12



ESTRATÉGIAS PARA ESTIMULAR A CRIATIVIDADE: **SCAMPER**

- **Substitua:** podem novos elementos ser substituídos por aqueles já existentes no sistema?
- **Combine:** podem entidades do sistema serem combinadas em uma nova configuração que não foi tentada antes?
- **Adapte:** podem partes do sistema ser adaptadas para operar de maneira diferente, executar coisas distintas da original?
- **Modifique:** Pode uma parte ou todo o sistema ser modificado? (p.ex. tamanho, formato, funcionalidade...)
- **Ponha outro uso:** existem outras áreas onde o sistema pode ser utilizado?
- **Reorganize ou inverta:** podem alguns elementos ser reorganizados para trabalharem melhor, criando novas perspectivas?

13



2. GERAÇÃO DE CONCEITOS/ALTERNATIVAS

- Depois de definir o problema, procure explorar conceitos/alternativas para a solução
 - Procure externamente
 - Revisão da Literatura
 - Procure e revise produtos existentes
 - Benchmark produtos similares
 - Entreviste experts
 - Procure internamente. Exemplos:
 - Brainstorming/brainwriting
 - Técnica de Grupo Nominal
 - Tabela/Leque (Fans) de Conceitos

14



BRAINSTORMING

- Regras para brainstorming em grupo
 - A equipe deve definir qual o problema em questão. Se o problema for muito complexo, primeiro quebre em problemas menores
 - Não avalie ou julgue ideias
 - Encoraje ideias “selvagens”/“radicais”
 - Foco na quantidade, não na qualidade
 - Construa sobre, combine, ou modifique ideias de outros (SCAMPER)
 - Registre todas as ideias

15



BRAINWRITING

- Regras para brainwriting em grupo
 - A equipe estabelece uma “declaração da necessidade” que é lida em voz alta
 - Cada membro do grupo escreve ideias em uma folha e se faz uma pilha com as folhas de todos
 - Cada membro pode pegar ideias dos outros e aprimorar ou gerar novas ideias (scamper)
 - Alternativamente os membros podem trocar as ideias e aprimorar as que receberam
- Outros métodos
 - Braiwriting 6-3-5: 6 pessoas geram 3 ideias cada em 5min, trocando-as
 - Nominal Group Technique (NGT): Ler, reescrever, gerar, coletar, agrupar e votar (https://pt.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9cnica_de_Grupo_Nominal)

16



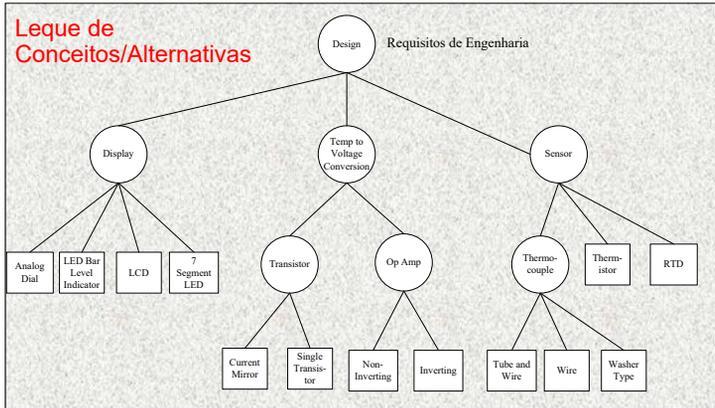
EXEMPLO

Medidor de Temperatura

Tabela e Leque de Conceitos

Thermal Sensing	Conversion to Voltage	Display
Thermistor	Op Amp Design	Seven-Segment LEDs
RTD	Transistor Designs	LCD
Thermocouple		Analog Dial Indicator

Tabela de Conceitos/Alternativas



17



3. AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO (CONCEITOS)

• Avaliação Inicial

- Alternativas geradas devem ser revisadas. Nesta fase as alternativas impraticáveis devem ser descartadas (não atendem questões de tempo, requisitos de engenharia, etc.)
- Tecnologias extremas também podem não ser adequadas
- Descartar as alternativas mas não as ideias que tem mérito uma vez que as condições podem mudar ao longo do projeto e elas se tornarem viáveis

• Métodos de Decisão para as Alternativas Candidatas à Solução

- Análise de Força & Fraqueza
- AHP (Analytical Hierarchy Process) (Matriz de Decisão)
- Seleção de Conceito de Pugh

18



ANÁLISE DE FORÇAS E FRAQUEZAS

- Boa para analisar problemas de média complexidade
 - Identifique e liste forças e fraquezas de cada conceito/alternativa
 - É muito subjetiva. Para tornar mais analítica, designe pesos (subjetivos) para forças e fraquezas (fatores mais e menos) e some-os.

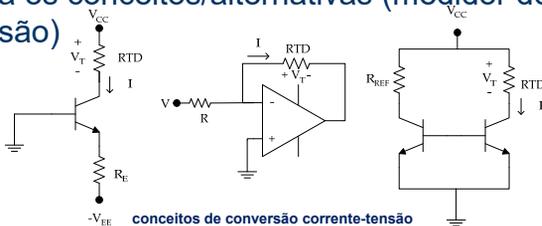
Table 4.3 A strengths and weaknesses analysis of proposed methods for heating an Intel 1000XF card to be used in lifetime testing [Ese03].

Method	Strengths	Weaknesses
Contact Heating	<ul style="list-style-type: none"> Simplest design + Could be used internally to computer + 	<ul style="list-style-type: none"> Does not create uniform temperature -- Hard to control temperature --
Temperature Chamber	<ul style="list-style-type: none"> Uniform temperature +++ Greater control over temperature +++ 	<ul style="list-style-type: none"> Must be external to computer -- More difficult to design -- Expensive --



MATRIZ AHP (Matriz de Decisão)

- Escolha os conceitos/alternativas (medidor de temperatura, conversão)



- Determine os critérios (necessidades de marketing e de engenharia)
- Determine os pesos para cada critério (já fizemos)

	Accuracy	Cost	Size	Availability	Weights
Accuracy	1	5	3	1/4	0.42 0.30
Cost	1/5	1	2	1/4	0.12 0.12
Size	1/3	1/2	1	1	0.12 0.15
Availability	4	4	1	1	0.34 0.43

note que na tabela ao lado não são médias geométricas, $\omega_i = \sqrt[n]{a_1 a_2 a_3 a_4}$ usou outro critério



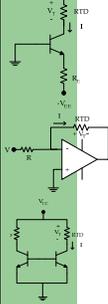
AValiação DOS CONCEITOS

MATRIZ AHP (Matriz de Decisão)

	Accuracy	Cost	Size	Availability	Weights
Accuracy	1	5	3	1/4	0.42
Cost	1/5	1	2	1/4	0.12
Size	1/3	1/2	1	1	0.12
Availability	4	4	1	1	0.34

Avalie os conceitos para cada critério

- Por simulação SPICE, com resistores de 10% de precisão, a **acurácia** na relação I-V é de 9,2%, 1,3% e 1,9% para os conceitos 1, 2 e 3 respectivamente
- Custos** das peças: resistores = R\$0.05, TBJs = R\$0.15, AOs = R\$0.35 e RDTs = R\$0.25
- Área de placa (**tamanho**): conceito1= 6,45cm², conceito2= 10,06cm², conceito3= 14,52cm²
- As peças tem uma disponibilidade (**availability**) em estoque de 95%, 70%, 90% e 80% do tempo resp



$$\alpha = \frac{\min[\text{deviation}]}{\text{deviation}(\Omega)}$$

	Design Option 1	Design Option 2	Design Option 3	
Accuracy (Criteria 1)	0.42	9.2% α_{11} 0.14 0,08	1.3% α_{12} 1.00 0,55	1.9% α_{13} 0.68 0,37
Cost (Criteria 2)	0.12	α_{21} 0,41	α_{22} 0,28	α_{23} 0,31
Size (Criteria 3)	0.12	α_{31} 0,48	α_{32} 0,31	α_{33} 0,21
Availability (Criteria 4)	0.34	α_{41} 0,35	α_{42} 0,40	α_{43} 0,25
Score		0,26	0,44	0,30

$$\alpha_{11} = \frac{\min[\text{deviation}]}{\text{deviation}} = \frac{1,3}{9,2} = 0,14$$

$$\alpha_{12} = \frac{1,3}{1,3} = 1,00; \alpha_{13} = \frac{1,3}{1,9} = 0,68$$

$$0,14 + 1,00 + 0,68 = 1,82$$

$$\alpha_{11} = 0,08; \alpha_{12} = 0,55; \alpha_{13} = 0,37$$

$$P(\text{conceito 1 ser produzido}) = 0,95 \cdot 0,90 \cdot 0,70 = 0,60$$

$$P(\text{conceito 2 ser produzido}) = 0,95 \cdot 0,90 \cdot 0,80 = 0,68$$

$$P(\text{conceito 3 ser produzido}) = 0,95 \cdot 0,90 \cdot 0,70^2 = 0,42$$

$$\text{Normalizando: } \alpha_{41n} = 0,35; \alpha_{42n} = 0,40; \alpha_{43n} = 0,25$$

$$S_1 = \alpha_{11} \cdot \omega_1 + \alpha_{21} \cdot \omega_2 + \alpha_{31} \cdot \omega_3 + \alpha_{41} \cdot \omega_4$$

$$= 0,08 \cdot 0,42 + 0,41 \cdot 0,12 + 0,48 \cdot 0,12 + 0,35 \cdot 0,34$$

$$= 0,26$$

Revise a Decisão!!!



AValiação DOS CONCEITOS

ANÁLISE DE PUGH



- Similar à matriz de decisão AHP, porém mais simples no método de atribuição de notas/pesos, sendo iterativo
 - Selecione os critérios de comparação (requisitos de marketing ou de engenharia)
 - Determine os pesos para os critérios

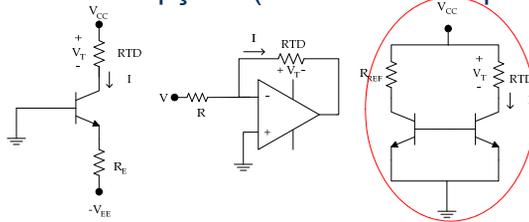
	Accuracy	Cost	Size	Availability	Weights
Accuracy	1	5	3	1/4	0.42
Cost	1/5	1	2	1/4	0.12
Size	1/3	1/2	1	1	0.12
Availability	4	4	1	1	0.34



ANÁLISE DE PUGH



- Escolha os conceitos/opções (medidor de temperatura, conversão)



- Escolha um conceito (referência) como sendo o mais indicado



ANÁLISE DE PUGH



- Compare os outros conceitos ao conceito base (melhor=+1; igual = 0; pior= -1)
- Calcule uma nota ponderada para cada conceito (menos a referência)

	Design Option 1	Design Option 2	Referência Option 3
Accuracy (Criteria 1)	-1	+1	-
Cost (Criteria 2)	+1	0	-
Size (Criteria 3)	+1	+1	-
Availability (Criteria 4)	+1	+1	-
Score	+2	+3	-
Continuar?	Sim	Sim	Não



ANÁLISE DE PUGH

- Examine cada conceito, suprimindo-o ou não da comparação
- Faça iterações até encontrar a melhor solução

		Design Option 1	Referência Option 2
Accuracy (Criteria 1)	0.42	-1	-
Cost (Criteria 2)	0.12	+1	-
Size (Criteria 3)	0.12	+1	-
Availability (Criteria 4)	0.34	+1	-
Score		+2	-
Continuar?		Sim	Não

25

- Boa quando os critérios tem pesos equivalentes



Resumo de Geração de Conceitos e sua Avaliação

- Disponibilize tempo para geração de conceitos e sua avaliação. Tome como um desafio encontrar o maior número de opções
- Busque conceitos externamente (literatura, internet, etc)
- Busque conceitos internamente (brainstorming, etc). Equipes afinadas geram muitos conceitos em uma sessão de brainstorming
- Examine as soluções para o projeto, para sessões do projeto e para componentes individuais (vimos hoje!)
- Use SCAMPER, Morfologia (leques e tabelas de conceito) para facilitar a geração e a documentação de conceitos
- Avalie crítica e objetivamente os conceitos contra os requisitos
- Identifique claramente o(s) conceito(s) selecionados e explique a razão da escolha

26



Uma palavra final: A Prova de Conceito

- A Prova de Conceito (Proof of Concept - POC) trata-se de um pequeno exercício que testa a ideia. Normalmente desenvolve apenas o caminho crítico (por exemplo, será que o uso do código escolhido pode resolver o tipo de problema de interesse? Ou será que certo módulo pode transmitir sinais à distância desejada?)
- O principal propósito da POC é demonstrar a funcionalidade e verificar que se pode alcançar o resultado esperado
- Por outro lado, um protótipo permite visualizar como um produto vai funcionar, ou seja, é um modelo real e operacional que permite avaliar como o produto vai se comportar
- Enquanto a POC mostra que um produto **pode** ser desenvolvido, o Protótipo mostra **como** ele pode ser desenvolvido