

Engenharia de Software

Tema da Aula Estimativas e Métricas - II

Prof. Cristiano R R Portella

portella@widesoft.com.br



Engenharia de Software

Seqüência para estimar prazo e custo



(^) Considerar férias, feriados, interrupções, treinamento etc

- ✓ Modelos empíricos de estimativa:
 - Modelo de função ($E > P > S$)
 - Modelo de dados
 - Modelo comportamental (evento > estado)
 - Modelo de objetos (comportamento + dados)

- ✓ Alguns modelos empíricos não necessitam de decomposição.
- ✓ Utilizar-se da opinião de especialistas
- ✓ Adequar o modelo à empresa

- Modelos empíricos de estimativa:
- COCOMO **CO**nstructive **CO**st **MO**del
Boehm-81. Modelo orientado a LOC's. COCOMO-II
 - Modelo de estimativa de Putnam (78)
Construído a partir da distribuição da mão de obra encontrada em grandes projetos (30 pessoas-ano ou mais)
 - Modelo de Pontos por Função (Function Points)
Albrecht-79. A partir de informações sobre a complexidade do sistema e do domínio da informação, derivar uma medida de pontos por função.

Seqüência para estimar prazo e custo

- ✓ O esforço normalmente é dimensionado em “pessoas-mês” (pm).
- ✓ Uma pessoa-mês (pm) vale:
 - Para Boehm: 152 horas de trabalho
 - Eu: 22 dias x 7 horas/dia = **154** horas de trabalho
- ✓ Como alocar, por exemplo, 40 pessoas-mês ?
(40 x 152 = 6.080 horas de trabalho)
 - 1 técnico trabalhando 40 dias
 - 2 técnicos trabalhando 20 dias
 - 3 técnicos trabalhando 14 dias
 - Etc etc

Seqüência para estimar prazo e custo

Por exemplo, um projeto cuja estimativa é de 310 FP's (pontos-por-função) e a produtividade média da equipe alocada no projeto é de 5,5 FP/pm (pontos-por-função/pessoa-mês), resultará em

$$310 / 5,5 = 56 \text{ pm (56 pessoas-mês)}$$

ou

$$8.512 \text{ horas de trabalho (56 * 152)}$$

ou

56 dias para um técnico

28 dias para dois técnicos

etc

Seqüência para estimar prazo e custo

Atenção: A produtividade é uma função inversamente proporcional à complexidade do produto. Assim, deve ser aplicada nas sub-funções detectadas na Decomposição.

Por exemplo, tomando-se uma sub-função que demanda um esforço de 490 LOC's/pm para seu desenvolvimento, de acordo com a complexidade desse módulo de software, o resultado será:

Seqüência para estimar prazo e custo

Esforço exigido: 490 LOC's/pm

| | Sub-função complexa | Sub-função simples |
|--------------------------|---------------------|--------------------|
| Produtividade média é de | 300 LOC's/pm | 650 LOC's/pm |
| Tempo gasto | 1,7 pm | 0,8 pm |

Regras gerais para Métodos de Estimativas

- ✓ Corrigir a estimativa com um erro padrão de estimativa, para garantir que pelo menos em 68% das vezes o valor real estará dentro da faixa de valor esperado.
- ✓ Usar, por exemplo, a Média Ponderada preconizada no Método PERT:

$$V_{ei} = \frac{O_i + 4M_i + P_i}{6}$$

Regras gerais para Métodos de Estimativas

$$V_{ei} = \frac{O_i + 4M_i + P_i}{6}$$

onde

Vei ... valor da estimativa corrigido

Oi ... valor otimista

Mi ... valor mais provável

Pi ... valor pessimista

Como obter os valores pessimista, mais provável e otimista ?

- Consultando um especialista
- Pela experiência (séries históricas) e analogia de projeto
- Bom senso e sensibilidade para estimativas

a) Preencher o formulário que registra as características do domínio da informação tratada no produto de software.

Características:

1- Número de entradas:

Contar cada tela de entrada de dados.

2- Número de saídas:

Contar cada relatório e cada tela de saída, exceto as de consultas.

3- Número de consultas:

Contar cada tela de consulta (cada nível é considerado uma tela).

a- Características:

4- Número de arquivos (tabelas):

Contar cada arquivo mestre; não considere índices e arquivos temporários.

5- Número de interfaces:

Contar cada interface – integração – com outros sistemas.

6- Algoritmo(*):

Contar os algoritmos que apresentam grau de dificuldade excepcional. (*) Usar somente para software científico, inteligência artificial etc.

b) Definir um Fator de Ponderação para cada característica e multiplicar sua contagem pelo fator escolhido.

Esse fator representa a dificuldade técnica (esforço) de cada característica, arbitrada pelo aplicador da técnica.

- Assinalar o fator escolhido
- Multiplicar contagem pelo fator (sub-total)
- Somar a coluna de sub-totais, obtendo assim "Total(1)".

Métricas Orientadas a Função Análise Pontos-por-Função

| | Contagem | Simples | Média | Complexa | Sub-total |
|-----------------|----------|-----------|------------|------------|------------|
| Entradas | 6 | x3 | x4 | X5 | 24 |
| Saídas | 8 | x4 | x5 | X7 | 40 |
| Consultas | 5 | x3 | x4 | X6 | 30 |
| Arquivos | 7 | x7 | x10 | X15 | 70 |
| Interfaces | 1 | x5 | x7 | X10 | 10 |
| Algoritmo | 0 | x2 | x3 | x6 | 0 |
| Total(1) | | | | | 174 |

Métricas Orientadas a Função Análise Pontos-por-Função

c) Preencher o formulário de “Ajuste de Complexidade”.

A partir de 14 questões, obtém-se um novo fator que deverá refletir outros aspectos da complexidade do software, que não foram medidos pelas 5 (+1) características.

Cada resposta será dada por um índice arbitrado pelo técnico, através de valores que variam de 0 (zero) a 5 (cinco), com os seguintes significados:

c) Preencher o formulário de “Ajuste de Complexidade”.
Significado dos índices:

| índice | significado | índice | significado |
|--------|----------------|--------|---------------|
| 0 | Sem influência | 3 | Médio |
| 1 | Incidental | 4 | Significativo |
| 2 | Moderado | 5 | Essencial |

Questões do formulário de ajuste de complexidade:

1. O sistema requer backup e recuperação confiável ?
2. Será exigida comunicação de dados ?
3. Há funções de processamento distribuído ?
4. O desempenho é crítico ?
5. O sistema funcionará em ambiente operacional existente, intensivamente utilizado ?
6. O sistema requer entradas de dados on-line ?
7. As entradas de dados on-line exigem que as respectivas transações sejam elaboradas em múltiplas telas ?

Métricas Orientadas a Função Análise Pontos-por-Função

Questões do formulário de ajuste de complexidade:

8. Os arquivos mestres são atualizados on-line ?
9. As entradas, saídas, arquivos e consultas são complexas ?
10. O processo interno (algoritmo) é complexo ?
11. O código foi projetado para ser reutilizado ?
12. A conversão e instalação estão incluídas no projeto?
13. O sistema é projetado para múltiplas instalações em diferentes organizações ?
14. A aplicação é projetada de forma a facilitar mudanças e uso pelo usuário ?

Métricas Orientadas a Função Análise Pontos-por-Função

Questões do formulário de ajuste de complexidade:
Ajuste de Complexidade

| Características | | Índice |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------|
| 01 | O sistema requer backup e recuperação confiável ? | 5 |
| 02 | Será exigida comunicação de dados ? | 3 |
| 03 | Há funções de processamento distribuído ? | 0 |
| 04 | O desempenho é crítico ? | 2 |
| 14 A aplicação é projetada de forma a facilitar mudanças e o uso pelo usuário ? | | 4 |
| Soma(FI) | | 44 |

Essencial (5)
 Médio (3)

Métricas Orientadas a Função Análise Pontos-por-Função

Cálculo final de pontos-por-função:

$$FP = \text{Total}(1) * [0,65 + 0,01 * \text{Soma}(Fi)]$$

$$FP = 174 * [0,65 + 0,01 * 44]$$

$$FP = 174 * 0,65 + 0,44$$

$$FP = 174 * 1,09$$

$$FP = 190$$

Métricas derivadas dos dados brutos

$$\text{Produtividade} = \frac{190}{\text{Pessoas} / \text{mes}} \quad \frac{190}{5} = 38$$

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Defeitos}}{190} \quad \frac{27}{190} = 0,14$$

$$\text{Custo} = \frac{\$}{190} \quad \frac{16800}{190} = 88,42$$

$$\text{Documentação} = \frac{\text{Pags.Doc.}}{190} \quad \frac{96}{190} = 0,5$$

Métricas Orientadas ao Tamanho

Utilização de FP's para prever a quantidade de linhas de código do produto final.

| Linguagem | LOC's/FP | Linguagem | LOC's/FP |
|-----------|------------|------------|-------------------|
| Assembler | 320 | Lings.O O | 30 (aprox) |
| C | 128 | Access | 38 |
| Cobol | 107 | Visual C++ | 34 |
| Pascal | 90 | VB 5 | 29 |
| Lisp | 64 | Delphi 5 | 22 |
| Clipper | 40 | 4GL | 20 |

Métricas Orientadas ao Tamanho

Para o exemplo em questão, com 190 FP's:

| Linguagem | LOC's/FP | Qtde LOC's |
|---------------|------------|---------------|
| ASSEMBLER | 320 | 60.800 |
| C | 128 | 24.320 |
| PASCAL | 90 | 17.100 |
| VB 5 | 29 | 5.510 |
| Delphi 5 | 22 | 4.180 |
| 4GL/Smalltalk | 20 | 3.800 |
| Gerador cód.* | 15 | 2.850 |

(*) Gerador código fonte: trabalho remanescente para concluir trabalho.

Métricas Orientadas ao Tamanho

Observação:

A partir dos dados históricos, ajustar a quantidade de linhas de código por pontos-por-função para:

- O nível da equipe
- Ferramentas em uso
- Tipo de aplicação
- Área de aplicação
- etc

Métricas Orientadas ao Tamanho

Se o sistema será desenvolvido em Delphi, com uma equipe composta de 2 “programadores”, com os seguintes salários/produtividade:

| | Produtividade | Salário (direto) |
|--------------|----------------------|-------------------------|
| Prog. Senior | 1.600 LOC's/mês | \$ 2.500,00 |
| Prog. Junior | 1.100 LOC's/mes | \$ 1.200,00 |

Obs.: Sobre salários diretos incide 70% de encargos.

Métricas Orientadas ao Tamanho

LOC's: Usar fator 30, genérico para linguagens OO
 $190 \text{ LOC's} \times 30 \text{ LOC/FP} = \mathbf{5.700 \text{ LOC's}}$

Produtividade/dia da equipe:
 $1.600 + 1.100 / 22 = \mathbf{122 \text{ LOC's/dia}}$

Prazo:
 $5.700 / 122 = \mathbf{47 \text{ dias (úteis)}}$

Métricas Orientadas ao Tamanho

Custo da mão-de-obra (mês):
 $\$ 2.500 + \$ 1.200 = \$ 3.700$
encargos de 70% = \$ 2.590 +
Custo total = **\$ 6.290**

Custo da mão-de-obra (dia):
 $\$ 6.290 / 22 = \mathbf{\$ 285,90}$

Custo do Produto (só mão-de-obra):
 $47 * \$ 285,90 = \mathbf{\$ 13.437,30}$

1- Escopo preliminar do Software

O Software CAD aceitará dados geométricos bi e tridimensionais. O Engenheiro interagirá com o sistema por meio de uma interface com boas características homem-máquina. Todos os dados geométricos serão agrupados em um banco de dados CAD. Módulos de análise de projetos serão necessários para produzir a entrada desejada que será exibida em uma grande variedade de dispositivos gráficos. O software deve ser projeto para interagir com diversos periféricos, tais como mouse, digitalizador, impressora e plotter.

2- Aplicar decomposição no escopo original, obtendo-se as seguintes funções:

1. Facilidades Controle e Interface c/usuário (UICF)
2. Análise Geométrica bidimensional (2DGA)
3. Análise Geométrica tridimensional (3DGA)
4. Gerenciamento de Banco de Dados (DBM)
5. Facilidade de Display Gráfico de Computador (CGDF)
6. Controle de Periféricos (PCF)
7. Análise de Projeto CAD (DAM)

Estimativas
 Exemplo CAD – 1ª Estimativa LOC's

3- Calcular estimativa de LOC's (especialistas e séries históricas):

| Funções | Oti- mista | Prová- vel | Pessi- mista |
|---------|---------------|---------------|-----------------|
| 1-UICF | 1800 | 2400 | 2650 |
| 2-2DGA | 4100 | 5200 | 7400 |
| 3-3DGA | 4600 | 6900 | 8600 |
| 4-DBM | 2950 | 3400 | 3600 |
| 5-CGDF | 4050 | 4900 | 6200 |
| 6-PCF | 2000 | 2100 | 2450 |
| 7-DAM | 6600 | 8500 | 9800 |

Estimativas
 Exemplo CAD – 1ª Estimativa LOC's

4. Corrigir o valor estimado pela fórmula de PERT.

| Funções | Oti- mista | Prová- vel | Pessi- mista | LOC's Corrigido |
|---------|---------------|---------------|-----------------|--------------------|
| 1-UICF | 1800 | 2400 | 2650 | 2.340 |
| 2-2DGA | 4100 | 5200 | 7400 | 5.380 |
| 3-3DGA | 4600 | 6900 | 8600 | 6.800 |
| 4-DBM | 2950 | 3400 | 3600 | 3.350 |
| 5-CGDF | 4050 | 4900 | 6200 | 4.950 |
| 6-PCF | 2000 | 2100 | 2450 | 2.140 |
| 7-DAM | 6600 | 8500 | 9800 | 8.400 |
| | | | | 33.360 |

Estimativas
 Exemplo CAD – 1ª Estimativa LOC's

5. Apontar "vr.unitário" e "produtividade" (LOC's/pm)

| Funções | LOC's Corrigido | \$/LOC | LOC/pm |
|---------|--------------------|--------|--------|
| 1-UICF | 2.340 | 14 | 315 |
| 2-2DGA | 5.380 | 20 | 220 |
| 3-3DGA | 6.800 | 20 | 220 |
| 4-DBM | 3.350 | 18 | 240 |
| 5-CGDF | 4.950 | 22 | 200 |
| 6-PCF | 2.140 | 28 | 140 |
| 7-DAM | 8.400 | 18 | 300 |
| | 33.360 | | |

Estimativas
 Exemplo CAD – 1ª Estimativa LOC's

6. Calcular Custo e Esforço

| Funções | LOC's Corrigido | \$/LOC | LOC/pm | Custo (\$) | Esforço (pm) |
|---------|--------------------|--------|--------|----------------|-----------------|
| 1-UICF | 2.340 | 14 | 315 | 32.760 | 7,4 |
| 2-2DGA | 5.380 | 20 | 220 | 107.600 | 24,4 |
| 3-3DGA | 6.800 | 20 | 220 | 136.300 | 30,9 |
| 4-DBM | 3.350 | 18 | 240 | 60.300 | 13,9 |
| 5-CGDF | 4.950 | 22 | 200 | 108.900 | 24,7 |
| 6-PCF | 2.140 | 28 | 140 | 59.920 | 15,2 |
| 7-DAM | 8.400 | 18 | 300 | 151.200 | 28,0 |
| | 33.360 | | | 656.980 | 144,5 |

Estimativas
 Exemplo CAD – 1ª Estimativa LOC's

Custo total \$ **657.000**
 Esforço **145 pm**

Para melhorar a precisão da estimativa, será aplicado uma **Segunda Estimativa**, através de uma tabela de distribuição de esforços para um produto de software genérico (matriz de esforço), obtida dos dados históricos (séries históricas da instalação; valores atualizados).

Estimativas
 Exemplo CAD – 2ª Estimativa
 Matriz de Esforço

| Tarefas → ↓ Funções | Análise de Requisitos | Projeto | Codificação | Teste e Validação | Total |
|------------------------|--------------------------|---------|-------------|----------------------|----------------|
| 1-UICF | 1.0 | 2.0 | 0.5 | 3.5 | 7.0 |
| 2-2DGA | 2.0 | 10.0 | 4.5 | 9.5 | 26.0 |
| 3-3DGA | 2.5 | 12.0 | 6.0 | 11.0 | 31.5 |
| 4-DBM | 2.0 | 6.0 | 3.0 | 4.0 | 15.0 |
| 5-CGDF | 1.5 | 11.0 | 4.0 | 10.5 | 27.0 |
| 6-PCF | 1.5 | 6.0 | 3.5 | 5.0 | 16.0 |
| 7-DAM | 4 | 14.0 | 5.0 | 7.0 | 30.0 |
| Total | 14.5 | 61.0 | 26.5 | 50.5 | 152.5 |
| Taxa (\$) | 5.200 | 4.800 | 4.250 | 4.500 | - |
| Custo (\$) | 75.400 | 292.800 | 112.625 | 227.500 | 708.075 |

Esforço em
 pessoas-mês

Custo total \$ **708.075**
 Esforço **153 pm**

Estimativas
 Exemplo CAD – 2ª Estimativa
 Matriz de Esforço

Observação:

A taxa (unitário) para “mdo” varia conforme o nível do pessoal (\$ 5.200 para Análise e \$ 4.250 para programação – Análise 22% mais cara que programação).

Estimativas
 Reconciliação das 2 estimativas

| | Estimativa LOC's | Estimativa Matriz Esp. | Diferença | Diferença % |
|--------------|---------------------|---------------------------|-----------|----------------|
| Esforço (pm) | 145 | 153 | 8 | 5 % |
| Custo (\$) | 657.000 | 708.000 | 51.000 | 7 % |

Resultado: Diferenças aceitáveis

Prováveis razões para as diferenças:

- Escopo mal projetado ou inadequadamente entendido
- Dados históricos usados são inadequados, estão obsoletos ou foram mal aplicados

Estimativas
 Exemplo CAD – 3ª Estimativa
 Pontos-por-Função

Tabela de Estimativas de FP (Todo o Sistema)

| | Oti- mista | Prová- -vel | Pessi- mista | Corri- Gida | Peso | Conta- gem FP's |
|------------|---------------|----------------|-----------------|----------------|------|--------------------|
| Entradas | 20 | 24 | 30 | 24 | 4 | 96 |
| Saídas | 12 | 15 | 22 | 16 | 5 | 80 |
| Consultas | 16 | 22 | 28 | 22 | 4 | 88 |
| Arquivos | 4 | 4 | 5 | 4 | 10 | 40 |
| Interfaces | 2 | 2 | 3 | 2 | 7 | 14 |
| | | | | | | 318 |

Estimativas
 Exemplo CAD – 3ª Estimativa
 Pontos-por-Função

Ajuste de Complexidade da Estimativa (Fi)

| | | | |
|------------------------------------------|---|------------------------------------------|-----------|
| ✓ Backup e Recuperação: | 4 | ✓ Complexidade Interna de Processamento: | 5 |
| ✓ Comunicação Dados: | 2 | ✓ Codificação p/ Reutilização: | 4 |
| ✓ Process. Distribuído: | 0 | ✓ Conversões e Instalações: | 3 |
| ✓ Criticidade Performance: | 4 | ✓ Múltiplas Instalações: | 5 |
| ✓ Ambiente Op. Existente: | 3 | ✓ Projeto considera futuras manutenções: | 5 |
| ✓ Data Entry "On-Line": | 4 | | |
| ✓ Entrada em Mult. Telas: | 5 | | |
| ✓ Atualiz. "On-Line" arqs: | 3 | | |
| ✓ Complexidade do Domínio da Informação: | 5 | | |
| | | Total: | 52 |

Estimativas Exemplo CAD – 3ª Estimativa Pontos-por-Função

Aplicando a Fórmula de FP:

$$fp = 318 \times [0.65 + 0.01 \times 52]$$

Ajustar o valor final em + 17% - (correção instalação)

$$fp = 318 \times 1.17 = \mathbf{372}$$

Dados Históricos apontam que produtividade média é **6.5 FP/Pessoa-Mês** e **US\$ 1230/FP**

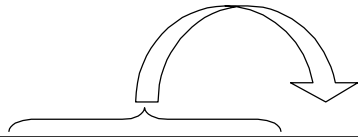
Estimativa Final:

Custo: $1230 \times 372 = \mathbf{US\$ 457.560}$

Esforço: $372 / 6.5 = \mathbf{57 \text{ Pessoas-Mês}}$

Comparação das Estimativas Reconciliação de FP's vs. LOC's

Reconciliação dos três métodos:



| | Estimativa LOC's | Estimativa Matriz Esf. | Média | Estimativa FP's | Diferença |
|-----------------|---------------------|---------------------------|---------|--------------------|-------------------|
| Esforço (pm) | 145 | 153 | 149 | 57 | -92 (38%) |
| Custo (\$) | 657.000 | 708.000 | 682.500 | 457.560 | -224.940 (33%) |

Comparação das Estimativas Reconciliação de FP's vs. LOC's

Resultado: Diferenças inaceitáveis

Prováveis razões para as diferenças:

- ✓ Maior Imprecisão na Estimativas de LOC's;
- ✓ Imprecisão dos dados Históricos (em qualquer uma das técnicas);
- ✓ Estimativa de Ponto-por-função foi feita para todo o sistema e não para cada sub-fase;
- ✓ Calculo de Esforço e Custo de PF pela média, usando dados históricos de projetos com características muito diferentes dos CAD;

Estimativa de Benefícios

Benefícios: {
Tangíveis
Intangíveis

Exemplos de Benefícios:

Tangíveis: Redução de custo operacional
Aumento de receita
Aumento de rotação do estoque
Diminuir tempo de manutenção
Otimizar carga de máquinas
etc.

Estimativa de Benefícios

Intangíveis: Satisfação do cliente
Facilidade de uso do sistema
Melhora no processo de tomada de decisão
etc.

Análise Custo x Benefício:

Risco ↑ Investimento ↑ → Benefícios ↑

Resultado = Receita - Despesas

Lucro ou Prejuízo = Estimativa de Ganho - Custo de desenvolvimento

Estimativa de Benefícios

Retorno do Investimento (pay-back):

$$V_{Fi} = V_{Ai} * (1 + taxa)^{No. períodos}$$

Vfi= Valor futuro do investimento

Vai= Valor atual do investimento

Taxa = Taxa de juros (remuneração do capital)

No.períodos = mês/ano cf. taxa

Estimativa de Benefícios

Exemplo:

- ✓ Custo operacional do novo sistema= \$ 20.420/ano
- ✓ Custo operacional do sist. antigo = \$ 30.880/ano
- ✓ Investimento do novo sistema = \$ 22.930

| | Ano | Mês |
|--------------------|--------|---------------|
| Custo sist. antigo | 30.880 | 2.573,33 |
| Custo sist. novo | 20.420 | 1.701,66 |
| Diferença | 10.460 | 871,66 |

Estimativa de Benefícios

Exemplo:

Investimento / Resultado mensal

$$\$ 22.930 / 871,66 = 27 \text{ meses (2 anos e 3 meses)}$$

Obs.:

- ✓ Tempo razoável.
- ✓ Fórmula simplista: não corrige o investimento nem os custos operacionais (inflação zero).

Ferramentas de estimativa automatizadas

- ✓ **BYL** Before You Leap (antes que você salte)
- ✓ **WICOMO** Módulo de custo baseado em COCOMO
- ✓ **SLIM** Módulo de estimativa baseada em Putnam, programação linear, PERT, simulação e estatística
- ✓ **ESTIMACS** Módulo baseado em FP's ampliado para acomodar fatores de projeto e de pessoal.

Ferramentas de estimativa automatizadas



Banco de dados do ISBSG
("Ice Bags")
<http://www.isbsg.org.au>

- ✓ Dados fornecidos pelos próprios usuários.
- ✓ 451 projetos de 14 países
- ✓ Projetos tipo A, B ou C
 - A: satisfazem todos os critérios
 - B: utilizáveis, embora incompletos
 - C: excluídos das análises

- ✓ Estimativa por analogia (tecnologia de grupo)
- ✓ Lei de Parkinson
- ✓ Pricing to Win: formação de preço dependendo do orçamento do cliente e não da funcionalidade do software.