

Capítulo 53- Métodos de avaliação das BMPs

“Se um homem começa com certeza, no fim ele terá dúvidas; mas se ele começa com dúvidas ele terminará com certeza”.

Sir Francis Bacon

Capítulo 53- Métodos de avaliação das BMPs

53.1 Introdução

As BMPs (*Best Management Practices*) são destinadas a melhoria da qualidade das águas pluviais e podem ser: **estruturais e não estruturais**.

As **BMPs estruturais** são: bacia de infiltração, trincheira de infiltração, filtro de areia, reservatório de detenção estendido, *wetlands*, canal gramado, faixa de filtro gramada, biofiltro (*rain garden*), etc.

As **BMPs não estruturais** têm como objetivo a prática de prevenção da poluição de maneira a minimizar a entrada de poluentes nas águas pluviais e ou reduzir o volume do escoamento do *runoff*. As BMPs não estruturais não são instalações permanentes e dependem do comportamento das pessoas e do governo das leis ambientais. Elas incluem o planejamento, os planos diretores de manejo de águas pluviais, as práticas de manutenção de tais sistemas, as campanhas educativas para evitar sedimentação e erosão, os programas educacionais e programa para evitar lançamento de esgotos nas galerias de águas pluviais. Esclarecemos que os benefícios das BMPs não estruturais são de difícil avaliação, embora algumas delas não tenham nenhum custo.

As BMPs possuem como **objetivo principal** a diminuição do TSS (sólidos totais em suspensão) e **objetivos secundários** a remoção parcial de fósforo, nitrogênio e metais pesados, por exemplo para minimizar os impactos ambientais nos corpos d'água.

Eficácia (*effectiveness*) é a medida em que uma BMP atinge os seus objetivos para melhoria da qualidade das águas pluviais.

Eficiência é a medida de como a BMP remove os poluentes e pode ser expressa em porcentagem.

No Brasil não existe padronização do tempo vida de uma BMP e desta maneira adotaremos como padrão **20anos**.

Em relação a avaliação de uma BMP estrutural são necessários três objetivos básicos:

- **Custo completo da BMP em toda a sua vida**
- **Eficiência da BMP**
- **Benefícios esperados**

Os métodos que veremos abaixo são a escolha de um ou a combinação de dois ou três objetivos.

53.2 Análise de Incertezas

Os parâmetros que usamos possuem incertezas e há basicamente dois métodos básicos para a resolução destes problemas:

- a) Métodos determinísticos
- b) Métodos Probabilísticos

Os **métodos determinísticos** são aqueles que usam um simples dado ou vários dados e verifica o resultado. Desta maneira fica fácil de comparar os resultados.

Os **métodos probabilísticos** pelo contrario não existe um dado simples de entrada em sim uma faixa complexa de alternativas e cujos resultados serão também mais difíceis de serem analisados. Muitas vezes os resultados podem sair de uma forma de distribuição probabilística o que torna o método probabilístico bem mais difícil de ser usado do que um método determinístico.

Basicamente os métodos determinísticos e probabilísticos estão na Tabela (53.1).

Tabela 53.1- Métodos Determinísticos e Métodos Probabilísticos

Ordem	Métodos Determinísticos	Métodos Probabilísticos
1	Estimativa conservativa de benefícios e custos	Entrada de dados usando distribuição de probabilidades
2	Análise do ponto de equilíbrio (<i>Breakeven analysis</i>)	Critério da variância da média e coeficiente de variação
3	Análise de sensibilidade	Análise de decisão
4	Riscos ajustados a taxas de descontos	Simulação
5	Técnica de certeza equivalente	Técnica analítica matemática

O método mais usado é determinístico e dentre eles os mais usados são dois:

- **Análise de sensibilidade**
- **Análise do ponto de equilíbrio**

Análise de sensibilidade

É preciso verificar se uma pequena variação de um parâmetro não ocasiona uma significante mudança.

A primeira atitude que temos a fazer é **identificar os dados críticos de entrada**, que geralmente são dados de custos, manutenção, preço de energia elétrica, preço de produto químicos, etc.

Com os novos dados entrados temos que **verificar os resultados** e comparar e observar, por exemplo, quando a variação for maior que 10%.

Não devemos esquecer é que devemos estudar todos os **possíveis cenários** em uma análise econômica e para cada cenário teremos provavelmente incertezas diferentes.

A vantagem do método determinístico de análise de sensibilidade é que é fácil de ser usado e a desvantagem é que sempre a **decisão será do projetista**.

Análise do ponto de equilíbrio (breakeven analysis)

Para o caso de vendas o ponto de equilíbrio é aquele que o volume exato de vendas de uma empresa em que a empresa não ganha e nem perde. Acima do ponto a empresa ganhará e abaixo perderá.

Nos problemas de BMPs ou aproveitamento de água de chuva, por exemplo, poderemos estabelecer limite mínimo e máximo para o volume do reservatório bem como da água de chuva captada.

A vantagem do método da análise do ponto de equilíbrio é que pode ser feito de maneira fácil e rápida e conseguiremos *benchmarks* para comparação da *performance* das incertezas das variáveis. Conhecendo o ponto em que o projeto não é mais econômico fica mais fácil para o projetista definir o **risco** do projeto.

53.3 Payback Simples

Um método muito simples de análise econômica do capital investido em uma obra é o *payback* e deve ser considerado somente em um **pré-estudo para aceitar ou rejeitar determinado projeto**, mas não é recomendado como critério de seleção de varias alternativas mutualmente exclusivas ou projetos independentes.

O objetivo do *payback* é medir o tempo em que o investimento inicial será reposto conforme Fuller e Petersen, 1995. A vantagem do *payback* é a **facilidade de cálculo**.

Exemplo 53.1 Dado um reservatório de concreto com 1000m³ calcular o *payback*

Volume de água que aproveitaremos em um ano: 18.552m³/ano

Custo de construção: US\$ 150/m³

Reservatório: 1000m³ x 150/m³ x R\$ 2,3/m³=R\$ 345.000,00

Tarifas pública:

Água R\$ 8,75/m³

Esgoto R\$ 8,75/ m³

Total= R\$ 17,5/ m³

Volume aproveitado anualmente de água de chuva: 18.552 m³/ano

18.552 m³/ano x R\$ 17,5/ m³=R\$ 324.660/ano

Payback

Custo do reservatório / custo da água economizada por ano

R\$ 345.000,00 / R\$ 324.660/ano= 1,063anos=13meses OK

53.4 Recuperação do capital

Considerando o período de 20 anos para recuperar o capital do investimento feito a taxa de juros mensais “i” conforme Mays e Tung, 1992.

$$\text{Amortização} = \frac{\text{Capital} \times i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Sendo:

n=20anos=240meses

juros mensal = i = 0,0072 (ao mês ou seja 8,64% ao ano, por exemplo)

Capital em US\$

Exemplo 53.2- Como calcular a amortização mensal.

Sendo o custo do reservatório de US\$ 75.000 e considerando juros mensais de 0,72% (0,0072) e período de 20 anos (20anos x 12meses = 240 meses), o fator anual de recuperação do capital será (Mays e Tung, 1992 p.25).

$$\text{Amortização} = \frac{\text{Capital} \times i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

sendo:

n=20anos=240meses

juros mensal = i = 0,0072 (ao mês ou seja 8,64% ao ano)

Capital = US\$ 75.000

$$\text{Amortização} = \frac{75.000 \times 0,0072 \times (1 + 0,0072)^{240}}{(1+0,0072)^{240} - 1} = \text{US\$ 658 /mês}$$

53.5 Valor presente do custo de manutenção e operação

Minnesota, 2005 considerando o período de 20 anos para calcular o valor presente das despesas de manutenção e operação com taxa de inflação anual “r” e taxa de juros anuais “i”.

Consideramos a equação de Collier e Ledbetter, 1988 in Minnestota, 2005 temos:

$$P = \text{valor presente em 20 anos de op + man} = \frac{C_{OM} \times \{[(1+r)/(1+i)]^n - 1\}}{(r-i)}$$

Sendo:

P=custo equivalente a manutenção e operação de 20anos

n=20anos

i =juro anual

C_{OM}= custo anual de manutenção e operação (US\$)

r= taxa de inflação anual

A equação acima pode ser reescrita assim:

$$E = \frac{\{[(1+r)/(1+i)]^n - 1\}}{(r-i)}$$

$$P = C_{OM} \times E$$

Dica: podemos usar o prazo de vida útil das BMPs de 20anos.

Exemplo 53.3

Seja uma **bacia de detenção estendida** com volume WQv= 10.000m³ e considerando o custo unitário US\$ 35/m³ teremos o custo de construção de:

$$C = 10.000\text{m}^3 \times \text{US\$ } 35/\text{m}^3 = \text{US\$ } 350.000$$

Consideramos que a manutenção anual seja 5% (0,05) do capital e que em 20 anos a inflação é de 6% (0,06) ao ano e a taxa de juros é de 8% (0,08) ao ano.

Então a manutenção e operação anual será:

$$0,05 \times \text{US\$ } 350.000 = \text{US\$ } 17.500/\text{ano}$$

Ao longo de 20 anos teremos:

$$E = \frac{\{(1 + r) / (1 + i)\}^n - 1}{(r - i)}$$

r=0,06

i= 0,08

n=20anos

$$E = \frac{\{(1 + 0,06) / (1 + 0,08)\}^{20} - 1}{(0,06 - 0,08)}$$

$$E=15,6$$

$$P = C_{OM} \times E$$

$$P = \text{US\$ } 17.500/\text{ano} \times 15,6 = \text{US\$ } 272.925$$

Somando o capital da construção+ valor presente da manutenção e operação teremos:

Custo da construção= US\$ 350.000

Valor presente da manutenção e operação em 20anos=US\$ 272.925

US\$ 350.000 + US\$ 272.925= US\$ 622.925

US\$ 622.925/10.000m³= US\$ 62,3/m³

53.6 Manutenção e Operação

Apresentamos a Tabela (53.2) que fornece o custo da manutenção e operação anual em porcentagem do valor da obra.

Tabela 53.2- Custo de manutenção anual das BMPs

Tipo de BMP	Custo manutenção anual (%)	
	ASCE, 1998	Minnesota, 2005
Bacia de retenção e <i>Wetland</i>	3 a 6%	---
Bacia de detenção	<1%	1,8% a 14,1%
Trincheira de infiltração	5 a 20	5,1% a 126%
Bacia de infiltração (Livingston, 1997)	1 a 3%	
Bacia de infiltração (Schueler, 1987)	5 a 10%	2,8% a 4,9%
Filtro de areia	11 a 13%	0,9% a 9,5%
Bio-retenção	5 a 7%	0,7% a 10,9%
Vala gramada	5 a 7%	
Faixa de filtro gramada (<i>filter strip</i>)	US\$ 800/ha	---
Bacia de retenção	-----	1,9% a 10,2%

53.7 Custos de construção das BMPs

Os custos de construção das BMPs estão na Tabela (53.3) e (53.4) e **não incluem o custo do pré-tratamento e custo das terras.**

Tabela 53.3- Custo típico de construção das BMPs

Tipo de BMP	Custo Típico US\$ /m³
Reservatório de detenção seca, estendido ou retenção	18 a 35
Bacia de infiltração	46
Bioretenção	187
Faixa de filtro gramada (<i>filter strip</i>)	0 a 46
Filtro de areia	106 a 212
Trincheira de infiltração	141
Vala gramada	18
<i>Wetland</i> (alagadiço)	21 a 44

Fonte: ASCE, 1998 com data base de 1997

Tabela 53.4- Custos típicos de obras estruturais das BMPs

Tipo de BMP	Unidade	Custo em US\$		Manutenção e operação
		mínimo	máximo	
Bacia de retenção seca	m ³	18	36	Anual de 3% a 6% do custo inicial
Trincheira de infiltração	m ³	89	281	3% a 20% do custo inicial de 5anos a 15anos
Pavimento poroso de concreto	m ²	5	22	Anual de 5% do custo inicial
Faixa de filtro gramada	m ²	0	14	Anual de US\$250/ha a US\$ 3500/ha
Vala gramada	m ²	6	17	Anualmente 5% a 7% do custo inicial
Bacia de detenção seca	m ³	18	36	Anual de 1% a 5% do custo inicial
Bacia de detenção molhada	m ³	18	36	Anual de 3% a 5% do custo inicial
Wetlands artificiais	m ³	2	36	Anual de 1% a 5% do custo inicial
Estruturas de entrada	unidade	1100	3000	US\$ 7,5/unidade a US\$ 90/unidade por ano
Estruturas de separação das águas	unidade	2300	40000	Custo menor que US\$ 1000/ano
Tratamento químico	hectare	790		Anualmente de US\$ 250/ha da área de drenagem

Fonte: BMP for South Florida Urban Stormwater Management Systems, abril 2002.

Tabela 53.4B- Custos básicos C de BMPs em dólares americanos (sem incluir o custo da terra) com base em dezembro de 2002 em função do volume V em m³ ou da área A em ha.

Tipo de BMP	Custo básico em US\$	Referência
Reservatório de detenção seca, estendido	$C = 186 V^{0,76}$	Brown e Schueler, 1997
Reservatório de retenção	$C = 308 \times V^{0,71}$	Brown e Schueler, 1997
Wetland construída	$C = 385 \times V^{0,71}$	Brown e Schueler, 1997
Trincheira de infiltração, filtros drenos, <i>Soakaways</i> (infiltração em trincheira com água do telhado)	$C = 1635 \times V^{0,63}$	Young et al, 1996
	$C = 177 \times V$	Brown e Schueler, 1997
Bacia de infiltração	$C = 109 \times V^{0,69}$	Young et al, 1996
Filtro de areia e filtro orgânico	$C = 31 A$ a $C = 62 A$ A=área em ha	Young et al, 1996
Vala gramada	2,8/m ² a 5,6/ m ²	WERF, 2003
Faixa de filtro gramada	3,3/ m ² a 7,8/ m ²	WERF, 2003
Pavimento poroso	21/ m ² a 33/ m ²	US EPA, 2003
Bioretenção (<i>rain garden</i> , por exemplo)	33/ m ² a 44/ m ²	Coffman, 1999
	$C = 249 \times V^{0,99}$	US EPA, 2003 e Brown e Schueler, 1997

Nota: adaptado de “BMP Costs” de Selvakumar, Ari.

53.8 Remoção média de poluentes nas BMPs

A remoção é calculada pela queda da concentração do afluente e a concentração do efluente das águas pluviais.

Conforme Minnesota, 2005 a média da remoção de TSS e de fósforo P com o intervalo de confiança de 67% está na Tabela (53.5).

Tabela 53.5- Média de remoção de TSS e P com intervalo de confiança de 67%.

BMP	% TSS (remoção)	TSS (intervalo de Confiança 67%)	%P (remoção)	P (intervalo de Confiança 67%)
Bacia de detenção estendida	53	±28	25	±15
Bacia de retenção	65	±32	52	±23
Wetland	68	±25	42	±26
Biofiltro	90*	±10*	72	11
Filtro de areia	82	±14	46	±21
Trincheira de infiltração	75*	±10	55*	±35
Faixa de filtro gramada	75	±20	41	±33

(*) Estimativa

Na Tabela (53.5) podemos ver, por exemplo, que uma bacia de detenção estendida tem média de remoção de sólidos totais em suspensão (TSS) de 53% com variação para mais e para menos de 28%, podendo chegar a 25% a 81% com 67% de probabilidade.

O mesmo acontece com o fósforo que tem média de remoção de 25% com variação de 10% a 40% com 67% de probabilidade.

A Tabela (53.6) mostra a taxa de redução em diversas BMPs.

Tabela 53.6 - Taxa de redução de diversas BMPs segundo New Jersey, 2004.

<i>Best Management Practices</i> (BMP)	Redução de TSS (sólidos totais em suspensão)
Bacia de Bio-retenção	90%
Wetland artificial	90%
Bacia de detenção estendida	40% a 60%
Bacia de Infiltração	80%
Sistemas de tratamento manufaturados	Consultar o fabricante
Pavimento poroso	Até 80%
Filtro de areia	80%
Canal gramado	60% a 80%
Bacia alagada	50% a 90%

Fonte: NJ, 2004

53.9 Projeto do ciclo da vida de uma BMP

O ciclo de vida de uma BMP, conforme Powell, 2005 possui as seguintes fases:

- a) *Fase da planificação*
- b) *Fase da elaboração do projeto*
- c) *Fase da construção da BMP*
- d) *Fase da operação e manutenção*
- e) *Fase da recapitalização*
- f) *Fase da desativação.*

Para a fase da recapitalização é assumida no fim da vida da BMP e neste ponto podemos fazer reformas e portanto novos investimentos ou desativamos e o terreno onde a mesma está terá outro destino.

53.10 Métodos de avaliação das BMPs

Conforme Powell, 2005 os métodos de avaliação das BMPs são basicamente quatro:

1. Método da estimativa inicial do custo da BMP
2. **Método da análise do custo da vida útil da BMP que é chamado de *Life-cycle cost analysis (LCCA)*.**
3. Método da análise de custo e eficácia que é chamado de *Cost-Effectiveness analysis*.
4. Método da análise da relação benefício/custo.

53.11 Método estimativa inicial do custo da BMP

A estimativa inicial do custo de uma BMP geralmente é feita usando dados de custos de BMP semelhante para uma vida útil de 20anos, usando o custo do valor presente, mas esquecendo os custos de manutenção, operação e outros. Devido a isto geralmente os erros de estimativas de custos de uma estimativa inicial de uma BMP é da ordem de 50%. De modo geral não se leva em conta o custo do terreno onde a mesma será construída.

Exemplo 53.4

Estimar o custo de uma bacia de detenção estendida com 10.000m³ de volume.

O preço por metro cúbico estimado é de US\$ 30,00/m³ e sendo 10.000m³ teremos o custo total estimado de US\$ 300.000,00.

A remoção de TSS estimada é de 53% e a de fósforo total é 25%.

Notar que não mencionamos o valor da terra, o tempo de vida da obra, o custo do dinheiro, a inflação, a manutenção e operação e devido o método apresenta erros que podem atingir 50%.

53.12 Método da análise do custo da vida útil da BMP que é chamado de *Life-cycle cost analysis (LCCA)*.

Conforme Taylor, 2005 o LCCA é o método de avaliação de **todos os custos** relevantes durante 20 anos para uma determinada BMP e conforme Taylor, 2002 o método também pode ser aplicado para BMP não estrutural.

Nos custos estão inclusos os custos atuais, custos financeiros, manutenção, operação, etc.

Os custos devem ser avaliados considerando várias alternativas viáveis, devendo a avaliação considerar sempre o período único de 20anos, por exemplo.

As 10 recomendações básicas do LCCA conforme Fuller e Petersen, 1996 são:

1. O primeiro passo no LCCA é **identificar o que vai ser analisado**. É importante entender como a análise será usada e qual será o tipo de decisão que será feita no uso do método.
2. Identificar **duas ou mais alternativas** viáveis que sejam **mutualmente exclusivas**. Em estatística dois eventos são mutuamente exclusivos quando ocorre um dos eventos, o outro não pode ocorrer. Identifique algum problema que pode advir de uma alternativa escolhida e este problema pode ser físico, funcional, segurança ou legislação municipal, estadual ou federal.
3. Todas as alternativas devem ter o **mínimo da performance admitida. As alternativas a serem escolhidas devem ser tecnicamente viável**.
4. Todas as alternativas devem ser avaliadas usadas o mesmo tempo, a mesma data base, as mesmas taxas de financiamento, etc. O prazo máximo a ser admitido é de 25anos e para BMPs usaremos prazo máximo de 20anos.
5. Fazer a análise de cada alternativa em dólares e quando um **custo for insignificante** podemos esquecê-lo ou quando julgarmos conveniente levá-lo em conta de alguma maneira. Não se devem usar custos anteriores para a decisão.
6. Compare cada uma das alternativas
7. Use a inflação para apurar o valor presente
8. Use análise de incerteza para verificar os dados de entrada

9. Faça algumas medidas suplementares caso necessário
10. Encontre a decisão

Outra observação da análise do custo de vida de uma BMP é que elas não são somente aplicadas para obras, mas também para produtos ou serviços e isto mostra a utilidade do LCCA. Também é usado nos Estados Unidos em projetos de reduzir o consumo de energia e água.

Dica: sem dúvida o Método LCCA é o mais usado e aconselhado para BMP estrutural e não estrutural.

Juro é a remuneração que o tomador de um empréstimo deve pagar ao proprietário do capital empregado. Quando o juro é aplicado sobre o montante do capital é juro simples.

Inflação: aumento persistente dos preços em geral, de que resulta uma continua perda do valor aquisitivo da moeda.

Present-Value Formulas and Discount Factors for Life-Cycle Cost Analysis.


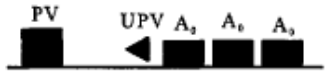

<p>PV formula for one-time amounts</p> <p>The Single Present Value (SPV) factor is used to calculate the present value, PV, of a future cash amount occurring at the end of year t, F_t, given a discount rate, d.</p> $PV = F_t \times \frac{1}{(1+d)^t}$	$PV = F_t \times SPV_{(t,d)}$  <p>The SPV factor for d = 3% and t = 15 years is 0.642.</p>
<p>PV formula for annually recurring uniform amounts</p> <p>The Uniform Present Value (UPV) factor is used to calculate the PV of a series of equal cash amounts, A₀, that recur annually over a period of n years, given d.</p> $PV = A_0 \times \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+d)^t} = A_0 \times \frac{(1+d)^n - 1}{d(1+d)^n}$	$PV = A_0 \times UPV_{(n,d)}$  <p>The UPV factor for d = 3% and n = 15 years is 11.94.</p>
<p>PV formula for annually recurring non-uniform amounts</p> $PV = A_0 \times \sum_{t=1}^n \left(\frac{1+e}{1+d} \right)^t = A_0 \frac{(1+e)}{(d-e)} \left[1 - \left(\frac{1+e}{1+d} \right)^n \right]$ <p>The Modified Uniform Present Value (UPV*) factor is used to calculate the PV recurring annual amounts that change from year to year at a constant escalation rate, e (i.e., A_{t+1} = A_t x (1+e)), over n years, given d. The escalation rate can be positive or negative.</p>	$PV = A_0 \times UPV^*_{(n,d,e)}$  <p>The UPV* factor for e = 2%, d = 3%, and n = 15 years is 13.89.</p>

Figura 53.1- Sumário dos fatores de desconto conforme Fuller et al, 1996

Summary of discounting factors

Type of Discount Factor	Symbol	Given*	Find	Factor	
Single-Payment Factors					
Compound-amount factor	$\left(\frac{F}{P}, i\%, n\right)$	P	F	$(1+i)^n$	
Present-worth factor	$\left(\frac{P}{F}, i\%, n\right)$	F	P	$\frac{1}{(1+i)^n}$	
Uniform Annual Series Factors					
Sinking-fund factor	$\left(\frac{A}{F}, i\%, n\right)$	F	A	$\frac{i}{(1+i)^n - 1}$	
Capital-recovery factor	$\left(\frac{A}{P}, i\%, n\right)$	P	A	$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$	
Series compound-amount factor	$\left(\frac{F}{A}, i\%, n\right)$	A	F	$\frac{(1+i)^n - 1}{i}$	
Series present-worth factor	$\left(\frac{P}{A}, i\%, n\right)$	A	P	$\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$	
Uniform Gradient Series Factors					
Uniform gradient series present-worth factor	$\left(\frac{P}{G}, i\%, n\right)$	G	P	$\frac{(1+i)^{n+1} - (1+ni+i)}{i^2(1+i)^n}$	

*The discount factors represent the amount of dollars for the given amounts of one dollar for P, F, A and G.

Figura 53.2- Sumário dos fatores de desconto conforme Mays e Tung, 1992

Valor presente simples (SPV).

Vamos supor que no fim de 5 anos aplicamos US\$ 100 a taxa de juros de 5%. O valor presente não será US\$ 100,00 e sim US\$ 78,35 a ser calculado da seguinte maneira.

$$SPV = Ft / (1 + d)^t$$

Sendo:

SPV = valor presente em US\$

Ft = valor pago no tempo "t" em US\$

d = taxa de juros anuais em fração.

t = tempo em anos

Exemplo 53.5

Calcular o valor presente da aplicação de Ft=US\$ 100,00 daqui a t=5 anos sendo a taxa de juros de 5% (d=0,05).

$$PV = Ft / (1 + d)^t$$

$$PV = 100x[1 / (1 + 0,05)^5]$$

$$\text{Fator} = 0,7835$$

$$PV = 100x 0,7835 = \text{US\$ } 78,35$$

Isto significa que o investidor do dinheiro poderá receber US\$ 78,35 a vista ou US\$ 100,00 daqui a 5 anos.

Valor presente Uniforme (UPV)

O valor presente uniforme é usado como se fosse uma série de valores iguais que são pagos durante um certo número de anos e o valor presente uniforme será:

$$UPV = A_o \cdot [(1+d)^n - 1] / [d \cdot (1+d)^n]$$

Sendo:

UPV= valor presente uniforme em dólares

A_o= aplicação anual constante em dólares

d= taxa de juros anual em fração

n= número de anos

Exemplo 53.6

Calcular o valor presente uniforme da aplicação de US\$ 100,00 por ano durante 20 anos a taxa de juros 3% ao ano.

$$\begin{aligned} UPV &= A_o \cdot [(1+d)^n - 1] / [d \cdot (1+d)^n] \\ UPV &= 100 \cdot [(1+0,03)^{20} - 1] / [0,03 \cdot (1+0,03)^{20}] \\ UPV &= 100 \times 14,88 = \text{US\$ } 1488,00 \end{aligned}$$

Valor presente Uniforme Modificado (UPV*)

Quando a aplicação anual A₁, A₂, A₃, etc vai aumentando por um fator constante, por exemplo, e=2%

$$UPV^* = A_o \cdot [(1+e)/(d-e)] \times \{ 1 - [(1+e)/(1+d)]^n \}$$

Sendo:

UPV*= valor presente uniforme modificado em dólares

A_o= aplicação anual constante em dólares

d= taxa de juros anual em fração

n= número de anos

e= fator constante de aumento do valor A₁, A₂, A₃,...

Exemplo 53.7

Calcular o valor presente uniforme da aplicação de US\$ 100,00 por ano durante 15 anos a taxa de juros 3% ao ano e fator constante de aumento e=2%.

Valor presente Uniforme Modificado (UPV*)

$$\begin{aligned} UPV^* &= A_o \cdot [(1+e)/(d-e)] \times \{ 1 - [(1+e)/(1+d)]^n \} \\ UPV^* &= A_o \cdot [(1+0,02)/(0,03-0,02)] \times \{ 1 - [(1+0,02)/(1+0,03)]^{15} \} \\ UPV^* &= A_o \times 13,89 \\ UPV^* &= 100 \times 13,89 = \text{US\$ } 1389,00 \end{aligned}$$

Exemplo 53.8

Calcular o valor presente Uniforme Modificado (UPV*) da manutenção anual de US\$ 100,00 que sofre um acréscimo de 2% ao ano durante 5 anos a juros de 3% ao ano.

$$\begin{aligned} UPV^* &= A_o \cdot [(1+e)/(d-e)] \times \{ 1 - [(1+e)/(1+d)]^n \} \\ UPV^* &= A_o \cdot [(1+0,02)/(0,03-0,02)] \times \{ 1 - [(1+0,02)/(1+0,03)]^5 \} \\ UPV^* &= 100 \times 4,8562 = \text{US\$ } 485,62 \end{aligned}$$

Inflação

A taxa de juros d pode ser considerada usando a taxa de inflação I e a taxa nominal de desconto D conforme a equação de D. Rather in Fuller, et al, 1996..

$$d = [(1+D)/(1+I)] - 1$$

Sendo:

d = taxa real de desconto em fração

D = taxa nominal de desconto em fração

I = taxa de inflação em fração

Exemplo 53.9

Calcular a taxa real de desconto fornecida a inflação $I=4,0\%$ e a taxa nominal de desconto $D=7,0\%$.

$$d = [(1+D)/(1+I)] - 1$$

$$d = [(1+0,07)/(1+0,04)] - 1 = 0,02885$$

Preço futuro

O preço futuro C_t com referência ao preço base C_o é fornecido pela equação:

$$C_t = C_o (1 + E)^t$$

Sendo:

C_t = custo futuro em dólares

C_o = custo atual em dólares

E = taxa nominal de juros em fração

t = período de tempo que geralmente é em anos

Exemplo 53.10

Calcular o custo futuro daqui a 10anos para o custo de US\$ 1000,00 sendo a taxa nominal de juros de 3%.

$$C_t = C_o (1 + E)^t$$

$$C_t = 1000x (1 + 0,03)^{10} = \text{US\$ } 1.344,00$$

Método LCCA

Existe uma fórmula geral do método LCCA que é:

$$LCCA = \sum C_t / (1+d)^t$$

Sendo:

LCCA= valor presente total do LCC em dólares no período para cada alternativa

C_t = soma de todos os custos relevantes incluindo custo inicial e custos futuros durante o período de tempo considerado

d = taxa nominal de desconto em fração

Entretanto Fuller et al, 1996 apresenta uma outra fórmula que é mais usada:

$$LCCA = \text{Custo Inicial} + \text{Reposição} - \text{Resíduo} + \text{Energia} + \text{custos} + \text{O\&M}$$

Sendo:

LCCA= valor presente total LCCA em dólares para uma alternativa escolhida

Custo inicial= valor presente dos investimentos iniciais em dólares

Reposição= valor presente do custo de reposição em dólares

Resíduo= valor presente residual em dólares

Energia=valor presente do custo da energia

Custos= demais custos

O&M: valor presente dos custos de manutenção e operação em dólares

Exemplo 53.11

Usando o Método da análise do custo de vida de uma BMP escolher a mais adequada para um determinado local.

Primeiramente devemos escolher BMPs que são mutualmente independente, isto é, o que ocorre em uma não ocorre em outra.

Assim se escolhermos uma bacia de retenção estendida e uma bacia de retenção, podemos observar os eventos não são mutualmente exclusivos, pois ambas irão deter a enchente e deixar um volume para melhorar a qualidade das águas pluviais. Em uma o volume será esvaziado em 24h e na outra ficará retido.

Temos que analisar BMPs que sejam diferentes como: bacia de retenção estendida e trincheira de infiltração.

Teremos que considerar o custo de implantação, a manutenção e operação em 20 anos, o custo do terreno, a inflação, o custo do dinheiro. No final de 20anos ou ainda antes teremos que fazer ou não uma reforma completa na BMP? Depois de 20 anos de funcionamento a mesma continuará operando ou será desativada e vendido o terreno?.

O método LCCA aconselha usar no mínimo duas alternativas. Escolhe-se a alternativa de menor custo, observando a *performance* mínimas admitidas.

Para uma bacia de retenção estendida admitimos que a performance a ser alcançada é 53% para TSS e para fósforo é 25%. Para trincheira de infiltração admitimos que o TSS máximo seja 75% e fósforo total de 55%.

Vamos supor que admitimos que a performance mínima da BMP seja de 50% de remoção de TSS e 20% de fósforo total. Assim as duas BMP atendem as *performance* mínimas admitidas.

É importante não esquecer todos os custos a serem usados mesmo que seja insignificante e conforme o caso pode-se aumentar um determinado custo para incluir um outro custo.

53.13 Método da análise de custo-eficácia –CEA (*cost-effectiveness*) de uma BMP

Embora o método da análise de custo-eficácia (CEA) seja muito simples, escolhendo todas as alternativas que atendam ao objetivo, fica fácil achar o menor custo, mas difícil de avaliar os benefícios. Existem benefícios que valorizam os imóveis e outros difíceis de quantificar como a melhoria do ambiente, uso recreacional, etc.

A análise de custo-eficácia segundo a enciclopédia Wikipédia, é uma forma de análise econômica que compara os custos com os efeitos. Geralmente é usado onde a análise de benefício/custo não fica apropriada.

A análise de custo-eficiência é muito usada na seleção das BMPs para achar o mínimo custo aliado a eficiência.

53.14 Método da análise da relação benefício/custo

Existe relativa facilidade para estimar todos os custos, mas para estimar os benefícios a tarefa é árdua, pois faltam ainda muitas pesquisas as serem feitas e discutidas e aceitas pelos especialistas no assunto.

Existem alguns benefícios tangíveis que são facilmente obtidos como evitar prejuízos de uma enchente, mas de modo geral é difícil quantificar em dólares os benefícios sendo o mesmo avaliados qualitativamente.

A análise de benefício/custo deve ser sempre efetuada com bastante bom senso. A apuração dos custos e dos benefícios deverão ser bastante discutidas para não haver equívocos.

A aplicação do método da análise de benefício/custo foi feito por Kalman et al, 2000 para Ballona Creek em Los Angeles, Estados Unidos é de difícil aplicação, principalmente devido aos cálculos dos benefícios.

Para obras de macrodrenagem o uso da análise de benefício/custo tem-se mostrado simples e eficiente sendo usada no Estado de São Paulo pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).

Obras de drenagem

Conforme Wanielista, 1993 citado por Canholi em sua tese de doutoramento na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1995, o custo de um sistema de drenagem urbana pode ser classificado em três categorias básicas:

investimento;
operação/manutenção e
riscos.

Os *custos de investimento* incluem os desembolsos necessários para os estudos, projetos, levantamentos, construção, desapropriações e indenizações. Referem-se portanto aos custos de implantação da solução.

Os *custos de operação e manutenção*, referem-se às despesas de mão de obra, equipamentos, combustíveis e outras, relativas à execução dos reparos, limpezas, inspeções e revisões necessárias durante toda a vida útil da estrutura.

Os *custos dos riscos*, referem-se aos valores correspondentes aos danos não evitados, ou seja, aos custos devidos aos danos residuais relativos a cada alternativa de proteção. Pode tanto ser medido pela estimativa dos danos como pelos custos de recuperação da área afetada.

Os custos ainda podem ser classificados em:

Custos diretos
Custos indiretos

Custos diretos

Os *custos diretos* envolvem as obras civis, os equipamentos elétricos e mecânicos, a relocação das interferências, as desapropriações e os custos de manutenção e operação.

São os custos diretamente alocáveis às obras. São de quantificação simples, a partir da elaboração de um projeto detalhado e do cadastro pormenorizado das obras de infraestrutura existente (gás, eletricidade, telefone, água, esgoto) que serão afetadas pelas obras.

Os custos de manutenção podem ser estimados, através de previsões da periodicidades e equipes/equipamentos necessários para as realizações de tais serviços.

Custos indiretos

Os *custos indiretos* são relativos á interrupções de tráfego, dos prejuízos ao comércio, às adequações necessárias ou custos não evitados no sistema de drenagem a jusante, bem como os danos não evitados no período construtivo.

Desta maneira pode-se ressaltar os benefícios inerentes às soluções que envolvem menores prazos de construção e/ou que causam menores interferências com os sistemas existentes.

A quantificação dos custos das obras de adequação hidráulica da canalização a jusante pode se tornar complexa à medida em que as bacias sejam de grandes dimensões.

Entretanto, a verificação de tal necessidade e a quantificação dos custos envolvidos, mesmo a nível preliminar, pode contribuir enormemente na escolha da solução mais indicada (Canholi, 1995).

Custos médios

Canholi, 1995 apresenta na Tabela (53.7) preços médios em dólar americano.

Tabela 53.7-Estimativa dos preços unitários médios

Serviços	unid	Preço unitário US\$
Escavação mecânica para valas	m ³	4,50 a 5,10
Escavação mecânica de córrego	m ³	2,50 a 2,80
Carga e remoção de terra a distância média de 20km	m ³	14,00 a 15,00
Fornecimento de terra incluindo carga, escavação e transporte até a distância média de 20km	m ³	16,00 a 17,00
Compactação de terra média no aterro	m ³	3,50 a 3,80
Demolição de pavimento asfáltico	m ²	5,00 a 5,50
Pavimentação	m ²	38,00 a 40,00
Fornecimento e assentamento de paralelepípedo	m ²	29,00 a 31,00
Fornecimento e assentamento de tubos de concreto armado CA-2, diâmetro 1,00m	m	146,00 a 150,00
Boca de lobo simples	un	400,00 a 420,00
Poço de visita	un	640,00 a 660,00
Escoramento com perfis metálicos	m ²	87,00 a 100,00
Concreto armado moldado “ <i>in loco</i> ” (inclui formas e armaduras)	m ³	420,00 a 480,00
Fornecimento e colocação de gabião tipo caixa	m ³	142,00 a 158,00
Fornecimento e escavação de estaca de concreto para 30 ton.	m	40,00 a 45,00

Fonte: Canholi, tese de doutoramento EPUSP, 1995

Exemplo 53.12

Em São Paulo é comum para determinação dos custos das obras o uso da *Tabela de custos unitários da Secretaria de Vias Públicas do município de São Paulo*, publicada no Diário oficial do município (DOM).

Os custos que vamos apresentar são de outubro de 1999 e apresentados no Diagnóstico da bacia superior do ribeirão dos Meninos que faz parte do plano diretor de macrodrenagem da bacia hidrográfica do Alto Tietê.

Vamos reproduzir como exemplo os custos previstos do reservatório de retenção denominado TM8- do ribeirão dos Meninos em São Paulo elaborado em 1999 pelo DAEE estão na Tabela (53.8).

Tabela 53.8 – Bacia superior do ribeirão dos meninos, córregos Saracantan/água mineral reservatório de amortecimento de cheias TM-8

Serviços	Unidade	Quantidade	Preços	
			1US\$= R\$ 1,936	
			Unitário	Total
			(US\$)	(US\$)
<i>Movimento de terra</i>				
Limpeza do terreno, inclusive da camada vegetal	m ²	18.000	0,16	2.882,23
Demolição de concreto armado	m ³	384	41,52	15.943,14
Escavação mecânica	m ³	96.190	1,95	187.808,99
Fornecimento de terra, incluindo escavação e transporte	m ³	1.154	4,64	5.360,01
Compactação mecânica de solo	m ³	1.154	1,65	1.907,90
Remoção de solo até distância média de 10km	m ³	96.190	3,11	299.103,20
Bola fora e espalhamento do material	m ³	96.190	0,87	83.470,66
<i>Estruturas</i>				
Concreto estrutural	m ³	939	69,50	65.250,48
Fornecimento e aplicação aço CA-50	kg	82.861	0,81	66.768,00
Forma comum, exclusive cimbramento	m ²	2.536	8,17	20.726,16
Cimbramento de altura maior que 3m	m ³	202	6,08	1.225,64
Estaca de concreto para 30 ton.	m	194	17,71	3.443,17
Fornecimento e colocação de geotêxtil OP-30 ou MT300 com 300g/m ² ou similar	m ²	998	1,19	1.185,11
Fornecimento e colocação de gabião tipo colchão Reno	m ²	560	15,06	8.434,71
Fornecimento e colocação de gabião caixa	m ³	586	58,94	34.539,49
Fornecimento e assentamento de paralelepípedo	m ²	4.320	14,40	62.211,57
<i>Equipamentos e dispositivos acessórios</i>				
Fornecimento e colocação de grade de retenção	Vb	1	16528,93	16.528,93
<i>Paisagismo e urbanização</i>				
Plantio de grama em placas	m ²	21.600	1,66	35.925,62
Gradil de ferro, incluindo pintura	m	691	159,19	110.000,29
Implantação de passeio de concreto	m ²	829	18,14	15.045,00
sub-total				1.892.061,56
Serviços eventuais (15%)				283.809,23
Total dos serviços				2.175.870,79
<i>Custos indiretos</i>				
Projetos (6%)				130.552,25
Canteiro de obras (2%)				43.517,42
BDI (40%)				870.348,32
Total dos custos indiretos				1.044.417,98
Total geral				3.220.288,77

Fonte: DAEE,1999

Inclusão das bacias de retenção no plano de macrodrenagem

No estado de Alagoas na cidade de Maceió foi apresentado por Pedrosa e Tucci, 1998 um estudo de macrodrenagem da bacia do Tabuleiro com área de 40 km².

A bacia foi dividida em 9 subbacias e usado o modelo SCS (*Soil Conservation Service*).

Foram usados períodos de retorno de 5anos, 10anos, 25anos e 50anos. Foram feitas comparações do modelo usando o sistema tradicional com canais e galerias e de um novo modelo, usando reservatórios de retenção. Foram feitas 4 alternativas onde a inclusão das bacias de retenção, reduzindo a dimensão dos condutos de jusante, de modo a diminuir os custos do sistema de drenagem.

Exemplo 53.7 Caso do piscinão do Pacaembu na praça Charles Muller em São Paulo

O custo estimado do reservatório de retenção coberto com volume de 74.000m³ foi de *US\$ 8 milhões*.

Caso fosse feito a alternativa convencional em galerias além dos problemas de tráfego seriam gastos *US\$ 20 milhões*. O prazo da obra seria de 2 anos e a interrupção do tráfego por atraso médio de 15 minutos ocasionaria prejuízo mensal de *US\$ 700 mil/mês* (Canholi, 1994 Revista de Engenharia do Instituto de Engenharia de São Paulo).

Caso fosse feito um túnel ao invés da galeria, o custo da mesma seria de *US\$ 35 milhões*.

É importante observar que foram verificadas varias alternativas para a escolha definitiva do reservatório de retenção.

Benefícios

Para a análise dos benefícios vamos usar os estudos do DAEE contido no diagnóstico do ribeirão dos Meninos em São Paulo de 1999.

Provavelmente, a quantificação dos benefícios decorrentes da implantação de uma obra de drenagem urbana constitui-se numa das atividades mais complexas dentro do planejamento destas ações. Isto porque a tangibilidade de tais benefícios é restrita.

Um dos enfoques mais adotados refere-se à quantificação dos danos evitados quanto aos bens, propriedades, atrasos nos deslocamentos e demais prejuízos.

As questões relativas aos benefícios decorrentes da redução nos índices de doenças e mortalidade, melhoria das condições de vida e impactos na paisagem são de quantificação bem mais difícil, porém mesmo assim deve ser buscada a sua avaliação.

Outra alternativa para a definição dos benefícios monetários do controle das inundações consiste numa simulação do mercado. A simulação consiste na verificação de quanto os indivíduos atingidos estariam dispostos a pagar, para prevenir os danos que as inundações provocam. Essa quantia seria igual, no máximo, ao dano esperado na área.

Os danos são estabelecidos através de uma avaliação feita na área inundada, incluindo os seguintes itens: danos causados às edificações, equipamentos, produção, processo produtivo, pessoas e bens em geral. Outros danos a serem levados em conta são os que, apesar de não serem da área diretamente afetada, atingem tanto o processo produtivo como as pessoas da comunidade, através de sobrecargas no sistema viário, e equipamentos públicos fora da área afetada, por aumento de tempo e de custo dos deslocamentos.

Benefícios anuais de evitar os danos diretos

Os danos da área diretamente afetada podem ser estimados a partir de danos históricos levantados na área inundada em estudo ou, mais expeditamente, através de fórmulas empíricas definidas para situações de inundação similares.

Os danos indiretos são quase sempre estimados como uma fração do dano direto, através de percentuais definidos em levantamentos realizados em vários episódios de inundação pesquisados.

Em levantamentos realizados no Brasil, por Vieira (1970) e pela COPLASA, para o DAEE (1969), os danos indiretos estimativos são da ordem de 20% dos danos diretos totais.

No trabalho de KATES: "Industrial Flood Losses: damage estimation in Leligh Valley", citado nos trabalhos de JAMES e LEE (1971), os danos indiretos estimados como uma porcentagem dos danos diretos, de acordo com o tipo de ocupação. Na Tabela (53.9) são apresentadas estas percentagens.

Tabela 53.9- Percentual dos danos indiretos sobre danos diretos

Ocupação	Percentual de danos indiretos sobre danos diretos
Área residencial	15
Área comercial	37
Industrial	45
Serviços	10
Propriedades públicas	34
Agricultura	10
Auto Estradas	25
Ferrovias	23
Médias	25

Fonte: DAEE,1990

Em áreas de grande circulação de veículos é importante considerar os custos de interrupção ou atraso no tráfego.

Com relação à definição dos danos diretos, uma das formas mais práticas é a *equação do dano agregado*, desenvolvida por James e Lee, 1971, citada por Tucci,1994 e Canholi,1995.

Nesta equação, apresentada a seguir, é suposto que os danos diretos em edificações nas áreas urbanas, incluindo o conteúdo, e áreas adjacentes tais como jardins e quintais, variem linearmente com a altura da inundação e com o coeficiente K_d . Supõe-se crescimento linear para áreas de inundações pouco profunda.

$$C_d = K_d \cdot M_e \cdot h \cdot A \quad (\text{Equação 53.2})$$

Sendo:

C_d = dano direto. O custo indireto usado comumente no Brasil é de 20% daí $C_d \times 1,2$ será o custo direto mais o custo indireto;

$K_d = 0,15/m$ = fator determinado pela análise dos danos de inundações ocorridas ou seja dos dados históricos JAMES (1964). O valor de K_d é obtido pela relação entre os danos marginais em relação à profundidade h (Canholi,1995);

M_e = valor de mercado das edificações por unidade de área. No caso do ribeirão dos Meninos $M_e = US\$ 310,00/m^2$ no trecho da av. Faria Lima e $M_e = US\$ 154,996/m^2$ no trecho a montante da galeria;

h = profundidade média da inundação;

U = proporção entre a área de ocupação da área de ocupação desenvolvida e a área total inundada;

A = área inundada.

Serão adotados os seguintes critérios para a definição dos benefícios monetários decorrentes do controle das inundações:

- Para o cálculo do valor do benefício anual, considerou-se dois tipos de inundação, com suas respectivas alturas médias de lâmina d'água e periodicidade de ocorrência.

. Área de inundação 1:

inundada duas vezes por ano (anualmente a frequência será 2)
 $A_1 = 578.000\text{m}^2$ (exemplo do ribeirão dos Meninos)

. Área de inundação 2 :

inundada uma vez a cada dez anos (anualmente a frequência será 0,1)
 $A_2 = 1.400.000\text{m}^2$ (exemplo do ribeirão dos Meninos)

Também foi considerado um evento anual, no qual a inundação provoca danos somente no tráfego (exemplo do ribeirão dos Meninos).

Parâmetros adotados:

Valor de mercado dos imóveis, por unidade de área (M_e), igual a US\$310,00/ m^2 no trecho ao longo da av. Faria Lima (exemplo) e US\$154,96/ m^2 no trecho a montante da galeria. Neste custo estão considerados o valor do terreno e da construção.

Custo indireto de 20% do custo direto, que reflete a experiência brasileira e fica próximo do valor médio encontrado por Kates;

A taxa média de ocupação adotada (U) foi de 15% para o trecho a montante da galeria e de 40% para o trecho ao longo da av. Faria Lima (exemplo), que parece bastante representativa para a área sujeita a inundação.

Benefícios anuais de evitar os danos ocasionados ao tráfego

Em áreas de grande circulação de veículos é importante considerar os custos de interrupção ou atraso no tráfego.

Devido à redução na velocidade média, aceita-se em geral que triplicam-se os custos normais de operação dos veículos, resultando os valores abaixo:

Veículos particulares US\$ 0,13/km -> US\$ 0,40/km US\$ 0,27/km (DAEE,1999)

Veículos comerciais (caminhões) US\$ 0,77/km -> US\$ 2,32/km US\$ 1,55/km

O tempo perdido pelos passageiros dos veículos e motoristas durante as interrupções de tráfego pode ser economicamente quantificado da seguinte forma:

Veículos particulares US\$ 3,10/h/passageiro (DAEE,1999)

Ônibus e caminhões US\$ 1,03/h/passageiro (DAEE 1999)

Considerar-se-á a média de 1,5 passageiro por veículo particular e 50 passageiros por ônibus, assim como um período médio de tempo perdido de 2,5h para o evento de ocorrência bianual e de 3,5 para o evento de $T_R=10$ anos (DAEE,1999).

Deve-se dispor das quantidades e tipos de veículos afetados em cada inundação, bem como o tempo de congestionamento para a determinação dos valores totais dos prejuízos.

Para imóveis residenciais: as perdas relativas aos imóveis dizem respeito aos possíveis danos materiais que devem ser avaliados como custo de reposição ou assimilados a uma perda de receita de locação devido ao risco de inundação. Em alguns estudos foi adotada uma perda de aluguel entre US\$ 10,00/ mês e US\$ 80,00/ mês, por residência com risco de inundação, de acordo com o tipo de construção.

Exemplo 53.13

Como exemplo vamos citar o ribeirão dos Meninos. Em relação ao número total de veículos para a área afetada, serão adotados os seguintes valores, segundo dados da prefeitura municipal de São Bernardo do Campo (valores médios) :

- . Veículos particulares 8.260
- . Ônibus 4.900
- . caminhões 840

Solução

Para se obter a primeira linha da Tabela (53.10).

Trata-se de trecho a montante da galeria com área de 427.280m^2 , mas a taxa média de ocupação adotada U é de 15% ou seja 0,15 então teremos:

$$427.280\text{m}^2 * 0,15 = 64.092\text{m}^2 \text{ que é a área que realmente será inundada}$$

Para esta área que será inundada e sendo a montante da galeria o preço da construção é de US\$ 154,96/m².

Considerando o coeficiente $Kd=0,15$ e considerando que a altura média de inundação é de 0,40m.

Considerando ainda que se multiplicarmos o valor por 1,20 já teremos embutido o custo indireto temos:

$$64.092\text{m}^2 \times \text{US\$ } 154,96/\text{m}^2 \times 0,40 \times 0,15 \times 1,20 = \text{US\$ } 715.076$$

Tabela 53.10 - Estimativa dos benefícios anuais (danos evitados)

Trecho	Área A (m ²)	Altura média de Inundação h (m ₂)	Ocupação U	Custo direto+custo indireto Cd x 1,20 (US\$)	Tráfego (US\$)	Soma dos custos das inundações mais tráfego (US\$)	Frequência. Inund.	Benefício Anual (US\$)
Montante da galeria	427.280	0,4	0,15	715.076	1.020.901	1.735.976	0,1	173.598
Av. Faria Lima	980.926	0,4	0,40	8.755.373	1.026.317	9.781.690	0,1	978.169
Montante da galeria	153.185	0,2	0,15	128.182	733.084	861.266	2	1.722.531
Av. Faria Lima	424.341	0,2	0,40	1.893.753	733.084	2.626.837	2	5.253.674
Montante da galeria	-				733.084	733.084	1	733.084
							Total	8.861.056

Fonte: DAEE, 1999 (1US\$=R\$ 1,936 outubro de 1999)

Vamos calcular os prejuízos causados no tráfego pelas inundações.

Consideramos que para cada inundação sejam prejudicados 8.260 veículos particulares e sendo a média de 1,5 passageiros/veículos e considerando e de 3,5h de tempo perdido para período de retorno de 10anos e sendo o custo por passageiro de US\$ 3,10 teremos:

8.260 veículos/inundação x 1,5passag./veículo x 3,5h/passag.x US\$3,1/h= US\$ 34.432,00

Para os ônibus teremos:

4.900 ônibus x 50 passag./ônibus x 3,5h/passag. x US\$1,03h/passag= US\$ 883.225

Para os caminhões teremos:

840 caminhões x US\$ 1,03/h/passag x 2,5h/passag x 1,5passag/caminhão=US\$3245

Em resumo os custos dos veículos, ônibus e caminhões será a soma de

US\$ 134.432,00 + US\$ 883.225 +US\$ US\$ 3.245 = US\$ 1.020.901

Portanto na Tabela (53.10) o valor na primeira linha relativa ao tráfego é de US\$1020.901

Os custos dos prejuízos devidos a inundações devem ser somados aos custos de perda de tempo das pessoas chamados de perdas no tráfego.

A soma deverá ser multiplicada pela frequência de inundação. Assim na primeira linha da Tabela (53.10) há inundação a cada dez anos e nas terceiras e quarta linhas há inundação duas vezes por ano.

Fazendo-se as obras teremos anualmente os benefícios de US\$ 8.861.056.

Análise benefício custo

Conforme Canholi,1995 é recomendado em projetos urbanos de macro-drenagem a *análise de benefício - custo* devido a necessidade de se definir em bases racionais os riscos do projetos; comparar as soluções alternativas; quantificar economicamente os custos e benefícios esperados e fornecer subsídios aos órgãos de decisão e definição das prioridades.

Os benefícios podem ser primários e secundários.

Os benefícios primários são definidos como os valores dos produtos e serviços que afetam diretamente o projeto, enquanto que os *benefícios secundários* são definidos como os benefícios macroeconômicos regionais de empregos e despesas que podem ser atribuídos ao projeto.

Os efeitos podem ser tangíveis e intangíveis.

Os efeitos intangíveis são aqueles que não são suscetíveis de uma avaliação monetária, tais como a inundação de uma igreja ou um monumento histórico. Vários

projetos nos Estados Unidos foram inviabilizados por não terem prestado atenção aos efeitos intangíveis.

A análise de benefício-custo faz parte do denominado “*Sub-committee on evaluation standards, inter agency committee on water resources, proposed practices for economic analysis of rivers basin projects*, Washington, DC, may 1958 - *Green Book*” elaborado pela *Harvard* e muito usado nos Estados Unidos e sendo bastante divulgado no Brasil pelo professor dr. José Meiches da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1966.

Os grandes problemas que houveram com análise de benefício-custo (Holmes, 1972 *in* Moreau, 1996 *in* Mays, 1996) foram:

- Estimativa exagerada dos benefícios e estimativa muito baixa de custos dos planejadores;
- O uso exagerado dos benefícios secundários para justificar os projetos,
- Tratamento inadequado dos benefícios e custos intangíveis;
- Falhas na avaliações das alternativas, especialmente das *alternativas não estruturais* para controle de inundação.

O conceito de análise de benefício-custo é usado nos Estados Unidos desde 1920, sendo elaborados 308 projetos de 1920 a 1930.

A definição exata de benefício e custo só foi feita em 1936, conforme o *Flood Control Act*.

Em 1950 foi criado por um comitê o famoso *Green Book* com *Proposed Practices for Economic Analysis of River Basin Projects*. Em 1958 o *Green Book* foi revisado.

Em 1977 o presidente *Carter* nos Estados Unidos irritou o Congresso dos Estados Unidos, exigindo estudos de análise de benefício-custo em 60 projetos autorizados pelo Congresso.

Os estudos de análise de benefício/custo foram feitos pelo *USACE (US Army Corps of Engineers)* e *USGS (US Geological Survey)* que recusaram 19 projetos e 14 projetos questionáveis foram colocados de lado (Professor *David H. Moreau* capítulo 4 *in Water Resources Handbook*, *Larry W. Mays*, 1996).

Quando *Ronald Reagan* assumiu a presidência nos Estados Unidos abandonou a recusa dos projetos baseados somente nos princípios de benefício-custo. Estabeleceu que “os objetivos nacionais do desenvolvimento econômico consiste em proteger o meio ambiente da nação”.

Até hoje a análise de benefício-custo é usada com bastante critério, para que não se cometam as falhas de uma superestimação dos benefícios e subestimação dos custos.

Existem três maneiras práticas de se tratar com análise de benefício-custo. A primeira é maximizar as diferenças de custos, a segunda é maximizar a relação benefício/custo e a terceira é minimizar a relação custos/benefícios, usada pelo DAEE de São Paulo.

Máximo relação (benefícios / custos)

Máxima diferença (benefícios - custos)

Mínima relação (custos / benefícios)

Exemplo 53.14- ribeirão dos Meninos

Sendo o custo da obra de US\$ 24.982.585 e considerando juros de 12% ao ano e período de 20 anos, o fator anual de recuperação do capital será (*Mays e Tung*, 1992 p.25).

$$\text{fator} = \frac{i \cdot (1 + i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Sendo:

n=20anos

juros anual = i = 0,12 (12% ao ano)

$(1+i)^n = (1+0,12)^{20} = 9,65$. Fazendo-se as contas obtemos

fator = 0,13

e sendo o custo das obras de US\$ 24.982.585 para $T_R=25$ anos, o valor da amortização anual será : US\$ 24.982.585x 0,13 = US\$ 3.247.736/ano

Considerando que os benefícios são US\$ 8.861.597 e a relação benefício / custo será igual a : $B / C = US\$ 8.861.597 / US\$ 3.247.736 = 2,73$

Sendo:

B = benefício anual da alternativa (US\$)

C = custo anual do Investimento (US\$)

Portanto, com base na Tabela (53.10), tem-se a relação benefício/custo de 2,73 para $T_R=25$ anos.

Portanto, a aplicabilidade da análise de benefício/custo na avaliação das BMPs é muito complexa e ineficaz apesar de o método ser muito usado em obras de macrodrenagem com sucesso como por exemplo, o plano diretor de macrodrenagem e enchentes da RMSP.

53.15- Custos dos reservatórios

Os reservatórios podem ser basicamente de concreto armado, plásticos, aço, fibrocimento ou alvenaria de bloco armada.

Como veremos adiante os custos médios por metro cúbico de água de chuva armazenada de um reservatório de concreto armado varia de US\$ 107/m³ a US\$ 178/m³, enquanto que o custo de um reservatório apoiado de PVC ou de fibra de vidro varia de US\$105/ m³ a US\$137/m³. Nestes custos estão inclusos a base de concreto, os tubos de entrada e descarga, bomba centrífuga flutuante, instalação elétrica, tampão, etc.

Na Tabela (53.11) apresentamos os custos dos reservatórios de cimento amianto e reservatórios de concreto feito em anéis baseado no preço de janeiro do ano 2000.

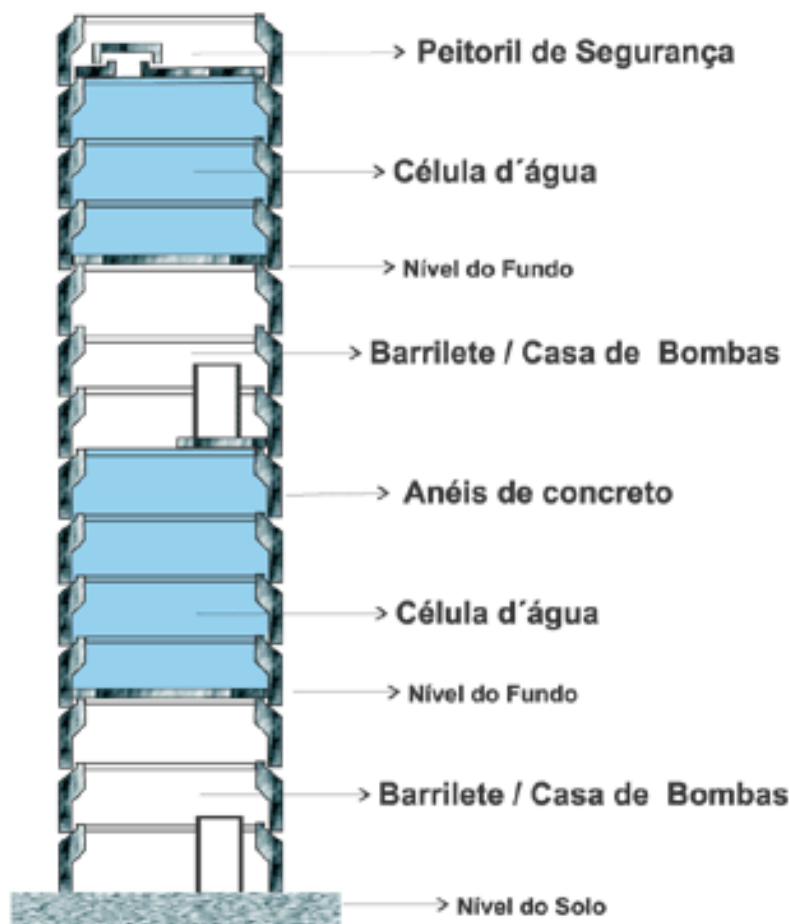


Figura 53.3- Reservatório de concreto armado

Tabela 53.11- Preços de reservatórios de cimento amianto e reservatórios de concreto armado executado em anéis

Reservatórios	Unidade	US\$
reservatório de cimento-amianto - capacidade de 500 litros	un	116
reservatório de cimento-amianto - capacidade de 750 litros	un	154
reservatório de cimento-amianto - capacidade de 1000 litros	un	154
cx d'água em anéis c.a.c/esc/al. e guarda corpo,h=8,00m c=30 m ³	un	8628
cx d'água em anéis c.a.c/esc/al.e guarda corpo h=16m ci=15 m ³ cs=19 m ³	un	15004
cx d'água em anéis c.a.c/esc/al. guarda corpo h=17m ci=16 m ³ cs=16 m ³	un	16024
cx d'água em anéis c.a.c/esc/al. guarda corpo h=18m ci=24 m ³ cs=24 m ³	un	18877
cx d'água em anéis c.a.c/esc.al.guarda corpo h=16m ci=20 m ³ cs=20 m ³	un	18368
cx d'água em anéis c.a.c/esc.al.e g.corpo h=19,50m ci=32 m ³ cs=22 m ³	un	20407
cx d'água em anéis c.a.c/esc al.e guarda corpo h=16m ci=14 m ³ cs=14 m ³	un	18236
cx. d'água em anéis c.a.c/esc.alum.e g.c h=16 m ci=16m ³ cs=22 m ³	un	18368

Preço da PMSP de janeiro de 2000 1US\$= R\$ 2,40 23/01/2002

O reservatório de fibro-cimento custa em média US\$ 154/m³ enquanto que o reservatório feito em anéis de concreto custa em médio cerca de US\$ 835/m³.

Na Tabela (53.12) estão os custos de reservatório de fibra de vidro enterrado com 50m³ de capacidade. Usamos então dois reservatórios de 20m³ e um de 10m³ totalizando 50m³.

O custo total do reservatório é de US\$ 6862 e o custo por metro cúbico é de US\$137/m³.

Tabela 53.12- Custo médio de um reservatório de fibra de vidro com 50m³ e com bomba e instalação elétrica

Itens	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário US\$	Preço total US\$
1	Reservatório de 10 m ³	Unidade	1	781	781
2	Reservatório de 20 m ³	Unidade	2	1702	3404
3	Lastro de brita de 0,10m	m ³	2,7	15	40
4	Lastro de concreto magro 0,10m	m ³	2,7	83	224
5	Tubo concreto 0,40 descarga	m	50	9	454
6	Tubos entrada e descarga 100mm	m	30	26	783
7	Bomba flutuante até 5HP	unidade	1	229	229
8	Válvula	unidade	1	114	114
9	Instalação elétrica	verba	1	208	208
				Sub-total	6238
				Outros (10%)	624
				Total	6862
Preço do reservatório por m ³ água reservada					US\$ 137/m ³

1 US\$ = R\$ 2,4

23/01/2002

Tabela 53.13- Custo de um reservatório enterrado de concreto armado com 50m³

Itens	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário US\$	Preço total US\$
1	Limpeza manual	m ²	31,18	0,3	9,9
2	Locação da obra	m	50	0,8	37,9
3	Sondagens	m	20	9,9	197,1
4	Escavação mecânica	m ³	58	2,3	131,2
5	Aterro compactado	m ³	9	3,4	30,8
6	Carga e transporte de terra	m ³	49	2,1	100,9
7	Lastro de brita de 0,10m	m ³	3,11	14,8	45,9
8	Lastro de concreto magro 0,10m	m ³	3,11	83,0	258,1
9	Concreto usinado fck=15MPA	m ³	16,3	82,6	1345,6
10	Ferro CA-50	kg	1141	0,9	1060,2
11	Forma de tabua	m ²	115	7,2	824,2
12	Emboço	m ²	23	1,7	39,7
13	Drenagem 30cm tubo furado	m	180	7,4	1333,5
14	Geotêxtil 400g/ m ²	m ²	198	1,5	302,8
15	Tubo concreto 0,40 descarga	m	50	9,1	454,2
16	Tampão de ferro fundido 600mm	unidade	1	43,1	43,1
17	Tubos entrada e descarga 100mm	m	30	26,1	783,3
18	Impermeabilização com membrana asfalto	m ²	31	8,8	271,3
19	Gramma em placas	m ²	31	1,7	53,5
20	Bomba flutuante até 5HP	unidade	1	229,4	229,4
21	Válvula	unidade	1	114,2	114,2
22	Instalação elétrica	verba	1	208,3	208,3
23	Escada metálica	verba	1	208,3	208,3
				Sub-total	8083
				Outros (10%)	808
				Total	8891
Preço do reservatório por m ³ água reservada					US\$ 178/ m ³

1 US\$ = R\$ 2,4 23/01/2002

O custo de um reservatório enterrado de concreto armado com 50m³ é de US\$ 8.891 e por metro cúbico é US\$ 178/m³, conforme Tabela (53.13).

Tabela 53.14- Custo de um reservatório enterrado de concreto armado com 300m³

Itens	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário US\$	Preço total US\$
1	Limpeza manual	m ²	240	0,3	76
2	Locação da obra	m	50	0,8	38
3	Sondagens	m	30	9,9	296
4	Escavação mecânica	m ³	783	2,3	1772
5	Aterro compactado	m ³	54	3,4	185
6	Carga e transporte de terra	m ³	729	2,1	1501
7	Lastro de brita de 0,10m	m ³	19,8	14,8	292
8	Lastro de concreto magro 0,10m	m ³	19,8	83,0	1643
9	Concreto usinado fck=15MPA	m ³	99,7	82,6	8231
10	Ferro CA-50	kg	7000	0,9	6504
11	Forma de tabua	m ²	235	7,2	1684
12	Emboço	m ²	118	1,7	204
13	Drenagem 30cm tubo furado	m	180	7,4	1334
14	Geotêxtil 400g/ m ²	m ²	198	1,5	303
15	Tubo concreto 0,40 descarga	m	50	9,1	454
16	Tampão de ferro fundido 600mm	unidade	1	43,1	43
17	Tubos entrada e descarga 100mm	m	30	26,1	783
18	Impermeabilização com membrana asfalto	m ²	316	8,8	2765
19	Grama em placas	m ²	240	1,7	414
20	Bomba flutuante até 5HP	unidade	1	229,4	229
21	Válvula	unidade	1	114,2	114
22	Instalação elétrica	verba	1	208,3	208
23	Escada metálica	verba	1	208,3	208
				Sub-total	29280
				Outros (10%)	2928
				Total	32208
Preço do reservatório por m ³ água reservada				US\$ 107/ m ³	

1 US\$ = R\$ 2,4 23/01/2002

O custo de um reservatório enterrado de concreto armado é de US\$ 32.208 sendo o custo por metro cúbico de água de chuva armazenado é de US\$ 107/m³.

Tabela 53.15- Custo dos reservatórios de fibra de vidro apoiado com total de 300m³

Itens	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Preço total
				US\$	US\$
1	Reservatório de 20 m ³	Unidade	15	1702	25531
2	Lastro de brita de 0,10m	m ³	13,5	15	199
3	Lastro de concreto magro 0,10m	m ³	13,5	83	1120
4	Tubo concreto 0,40 descarga	m	50	9	454
5	Tubos entrada e descarga 100mm	m	30	26	783
6	Bomba flutuante até 5HP	unidade	1	229	229
7	Válvula	unidade	1	114	114
8	Instalação elétrica	verba	1	208	208
				Sub-total	28.640
				Outros (10%)	2.864
				Total geral	31.504
Preço do reservatório por m ³ água reservada					US\$ 105m ³

1 US\$ = R\$ 2,4 23/01/2002

O custo de 15 reservatórios de fibra de vidro de 20m³ cada apoiados é de US\$ 31.504 sendo o custo por metro cúbico de US\$ 105m³.

Tabela 53.16- Custos de aquisição de reservatórios de fibra de vidro

Reservatório de fibra de vidro com tampa (m³)	Custo US\$
7	538
10	726
15	1450
20	1702

1 US\$ = R\$ 2,4 23/01/2002



Figura 53.4 - Dois reservatórios de aço inox com 2.000 litros cada. Observar o filtro (seta).

http://www.acesita.com.br/download/ind_caso3.pdf

Caixas de aço inox da Acesita

- **AÇONOBRE** - Aparecida de Goiânia - GO - Tel: 62 - 587-1080
- **AQUANOX USIMONSERV** – S. J. dos Campos - SP - Tel: 12 - 3933-1155
- **CAIXINOX** - Sertãozinho - SP - Tel: 16 - 645-6505
- **COMERCIAL GERDAU** - Contagem - MG - Tel: 31 - 3369-1410
- **FISCHER** – Brusque - SC - Tel: 47 – 251-2000
- **METAINOX** - João Monlevade - MG - Tel: 31 - 3851-6242, 3852-9033
- **METALOSA** - Colatina - ES - Tel: 27 - 3723-1300
- **SANDER INOX** - Guarulhos - SP - Tel: 11 - 6412-3623

Tabela 53.17- Medidas do reservatório de aço da Acesita

Capacidade nominal (litros)		500	800	1000	1500	2000
Diâmetros (cm)	Tampa – d	42	42	42	42	42
	Caixa – D	115	115	115	115	115
Altura (cm) – H		62	92	115	163	207
Peso (Kg)		17	21	24	32	40

Tabela 53.18-Preços das caixas de aço inox da Sander

Volume litros	Custo da caixa R\$
500	570
1.000	719
1.500	1080
2.000	1189
2.500	1729
3.000	
5.000	
8.500	
10.000	

Fonte: Jornal Folha de São Paulo 28 de novembro de 2005
www.cec.com.br Cass & Construção.

Tabela 53.19- Preço das caixas de polietileno e fibra de vidro dezembro/2005

Material e volume em litros	Custo em reais
Polietileno 1000 litros	190
Polietileno 500litros	205
Caixa Tigre 500litros	185
Fibra de vidro 500litros	136
Fibra de vidro 1000litros	250



Figura 53.5- Reservatório de aço inox da fabricação pela firma Sander mostrando o dispositivo de autolimpeza denominado “filtro” que está no tubo branco vertical e a tubulação de água a esquerda que entra no reservatório.



Figura 53.6- Motor usado para bombeamento da água de chuva



R

Figura 53.7- Reservatórios de 200litros a 200.000 litros



Figura 53.8- Reservatório de chapa de aço



Figura 53.9- Caixas de água

53.16 Payback, LCCA e Benefício/Custo

Vamos fazer uma aplicação prática do **payback, LCCA e Benefício/Custo** para um caso real no município de Guarulhos. Esclarecemos primeiramente que o aproveitamento de água de chuva não é uma BMP, isto é, não contribui para a melhoria da qualidade das águas pluviais.

Município: Guarulhos, Região Metropolitana de São Paulo

Escola Municipal na periferia ligada a rede pública do SAAE com água e esgoto sanitário.

Data base: novembro de 2008

Volume da cisterna: 130m³

Material da cisterna: concreto armado

Posição da cisterna: enterrada

Área do telhado com 1600m² em projeção

Inflação anual do Brasil= 5,5%

Taxa de juros anual= 13,5%

Tarifa de água do SAAE= R\$ 8,75/m³= US\$ 3,80/m³

1 US\$ = R\$ 2,30 (novembro 2008)

Tarifa de esgoto do SAAE= US\$ 3,80/m³

Tarifa de água e esgoto do SAAE= US\$ 7,60/m³

Volume anual que podemos aproveitar com o reservatório escolhido usando o Método da Simulação com chuvas mensais médias: 1.643m³/ano

Exemplo 53.15- Payback

O *payback* mede o tempo em que o investimento será reposto. Supomos que água de chuva será usada somente em lavagem de pisos e rega de jardim, não indo nenhuma gota para a rede pública de esgoto sanitário.

Investimento inicial

Custo por m³ do reservatório de concreto= US\$ 156/m³

Volume da cisterna= 130m³

Investimento inicial= US\$ 156/m³ x 130m³= US\$ 20.280,00

Benefício

Tarifa de água e esgoto= US\$ 7,60/m³

Benefício = 1643m³/ano x US\$ 7,60= US\$ 12.487,00

Payback=Investimento/Benefício=US\$20.280,00/US\$12.487,00=1,624anos
(19,5meses).

Portanto, em 19,5meses o investimento será reposto.

Observação quanto ao método do *payback*: deve ser usado como uma diretriz inicial de que o aproveitamento de água de chuva é viável. Notar que o *payback* não inclui a manutenção e operação, energia elétrica e outras despesas.

Exemplo 53.16- LCCA

Neste caso usaremos o Método de análise da vida com objetivo de compararmos todos os custos no valor presente. Supomos que a água de chuva será usada somente em bacias sanitárias sendo que o efluente dos esgotos **vai para a rede pública de esgotos**.

Vamos seguir os 10 passos recomendados por Fuller e Petersen, 1996 que são:

Primeiro passo:

Iremos comparar duas alternativas para abastecimento de bacias sanitárias com água não potável em uma escola com 1.643m³/ano de água de chuva. Será analisada a alternativa do aproveitamento de água de chuva do telhado comparando com a água vinda por cavalete do SAAE de Guarulhos. A decisão escolhida será aquela que tiver o menor custo presente em 20 anos.

Segundo passo:

As duas alternativas são mutualmente exclusivas, isto é, uma não depende da outra. Assim quando ocorre o aproveitamento da água de chuva (alternativa A) não ocorre o abastecimento de água potável pelo SAAE (Alternativa B).

Terceiro passo:

O aproveitamento da água de chuva em bacias sanitárias é para água não potável, pois não precisamos de água tratada para dar descarga em bacias sanitárias. Além do mais a economia de água usando água de chuva, propiciará ao SAAE melhorar o abastecimento onde tem rodízio de água.

Quarto passo:

O prazo de avaliação é de 20 anos tanto para a alternativa A como para a alternativa B e a data base é novembro de 2008.

Quinto passo:

Vamos fazer o cálculo de cada alternativa.

Alternativa A: cisterna com 130m³

Primeiramente começamos com a alternativa A referente a captação de água de chuva.

O volume da cisterna de concreto enterrada será de 130m³ e pretende-se tirar 1.643m³/mês na cidade de Guarulhos.

Custo do reservatório de concreto

O custo em dólares de construção C de um reservatório de concreto enterrado com volume V em m³ pode ser calculado pela equação.

$$C=192 - 0,28 \times V$$

Para o volume de 130m³ o custo será:

$$C= 192 -0,28 \times 130= \text{US\$}156/\text{m}^3$$

Custo de reposição de bombas, sensores, bóias de nível, bomba dosadora de cloro, instalação elétrica a cada 5 anos a um custo de US\$ 863/por reforma. Teremos custos a 5 anos, 10ano e 15 anos.

Custo estimado de energia elétrica a US\$ 156/ano

Custo do hipoclorito de sódio para cloração US\$ 520/ano

Limpeza e desinfecção do reservatório a cada ano US\$ 429/ano

Custo contingencial de 25% do custo da obra do reservatório, incluindo preços não previstos e custo de projeto que será no total US\$ 5.057.

Custo do esgoto cobrado pelo SAAE de US\$ 3,8/m³ supondo que toda a água de chuva vai ser usada nas bacias sanitárias e vai para a rede coletora. Por ano teremos US\$ 6.243.

Valor residual no fim de 20 anos supomos que o reservatório tenha valor de 15% do custo de implantação, ou seja, - US\$3.034,00 com valor negativo.

Valor presente nos 20anos de vida do reservatório apurado é de **US\$ 96.442,00**

Tabela 53.20- Resumo dos custos para o valor presente de um reservatório com 130m³ para aproveitamento de água de chuva com 1.643m³/ano

Ordem	Especificações	US\$/m ³	Volume (m ³)	Custo unitário US\$	Unidade	Quantidade	Fator	Valor presente US\$
1	Custo de construção de reservatórios de concreto armado enterrados			156	US\$/m ³	130	Já é valor presente	20228
2	Bombas centrifugas, sensores de nível, bomba dosadora de cloro, instalações elétrica e reforma a 5 anos			863	US\$/m ³	5	0,69	599
3	Bombas centrifugas, sensores de nível, bomba dosadora de cloro, instalações elétrica e reforma a 10 anos			863	US\$	10	0,48	416
4	Bombas centrifugas, sensores de nível, bomba dosadora de cloro, instalações elétrica e reforma a 15 anos			863	US\$	15	0,33	288
5	Energia elétrica em 20anos usada no bombeamento			156	US\$/ano	20	10,13	1580
6	Fornecimento de hipoclorito de sódio para cloração em 20 anos e manutenção do dosador automático			520	US\$/ano	20	10,13	5268
7	Limpeza e desinfecção do reservatório uma vez por ano			429	US\$/ano	20	10,13	4346
8	Custo contingencial que inclui custo do projeto e custos inesperados (25%) do custo do reservatório			5057	US\$	20	0,23	1172
9	Custo de esgoto de toda água de chuva aproveitada supondo que a mesma vá para a rede pública US\$ 3,80/m ³	3,8	1643	6243	US\$	20	10,13	63249
10	Valor residual no fim da vida útil (15% do Valor inicial do reservatório)			-3034	US\$	20	0,23	-703
11	Valor presente nos 20anos de vida útil				US\$			96.442

Alternativa B: água do SAAE pelo cavalete

Para efeito de comparar com a alternativa A precisamos usar o mesmo volume anual de 1643m³ e considerando o custo da tarifa de água e esgoto de US\$ 7,6/m³ teremos em 20 anos o valor presente **US\$ 126.498**

Tabela 53.21- Alternativa B- água do SAAE pelo cavalete

						Fator F	Valor Presente US\$
1	Custo em dólares por m ³ da tarifa de água	3,8	m ³ /ano		anos		
2	Custo em dólares por m ³ da tarifa de esgoto	3,8					
3	Custo total da tarifa pública	7,6	1.643	12.487	20	10,13	126.498
4	Conclusão:						

Sexto passo:

Comparação das alternativas

O valor presente da alternativa A é **US\$ 96.442,00** enquanto que o valor presente da alternativa B é US\$ 126.498.

Portanto, a alternativa que apresenta preço mais baixo é a alternativa A do aproveitamento da água de chuva.

Sétimo passo:

A inflação anual de 5,5% foi calculada para o valor da taxa de desconto nominal “d”.

Oitavo passo:

Podemos fazer estudo de análise de incerteza no custo do reservatório bem como da opção de o SAAE não cobrar a tarifa de esgoto da água usada nas bacias sanitárias.

Nono passo

Não há nenhuma medida suplementar a ser feita

Décimo passo

A decisão é a alternativa A

Exemplo 53.17- LCCA

Neste caso usaremos o Método de análise da vida com objetivo de compararmos todos os custos no valor presente. Supomos que a água de chuva será usada somente em lavagem de pisos e rega de jardim **não indo uma gota para a rede de esgoto do SAAE** de Guarulhos.

Primeiro passo:

Iremos comparar duas alternativas para abastecimento de bacias sanitárias com água não potável em uma escola com 1.643m³/ano de água de chuva. Será analisada a alternativa do aproveitamento de água de chuva do telhado comparando com a água vinda por cavalete do SAAE de Guarulhos. A decisão escolhida será aquela que tiver o menor custo presente em 20 anos.

Segundo passo:

As duas alternativas são mutualmente exclusivas, isto é, uma não depende da outra. Assim quando ocorre o aproveitamento da água de chuva (alternativa A) não ocorre o abastecimento de água potável pelo SAAE (Alternativa B).

Terceiro passo:

O aproveitamento da água de chuva em bacias sanitárias é para água não potável, pois não precisamos de água tratada para dar descarga em bacias sanitárias. Além do mais a economia de água usando água de chuva, propiciará ao SAAE melhorar o abastecimento onde tem rodízio de água.

Quarto passo:

O prazo de avaliação é de 20 anos tanto para a alternativa A como para a alternativa B e a data base é novembro de 2008.

Quinto passo:

Vamos fazer o cálculo de cada alternativa.

Alternativa A: cisterna com 130m³

Primeiramente começamos com a alternativa A referente a captação de água de chuva.

O volume da cisterna de concreto enterrada será de 130m³ e pretende-se tirar 1.643m³/ano na cidade de Guarulhos.

Custo do reservatório de concreto

O custo em dólares de construção C de um reservatório de concreto enterrado com volume V em m³ pode ser calculado pela equação.

$$C=192 - 0,28 \times V$$

Para o volume de 130m³ o custo será:

$$C= 192 - 0,28 \times 130= \text{US\$}156/\text{m}^3$$

Custo de reposição de bombas, sensores, bóias de nível, bomba dosadora de cloro, instalação elétrica a cada 5 anos a um custo de US\$ 863/por reforma. Teremos custos a 5 anos, 10ano e 15 anos.

Custo estimado de energia elétrica a US\$ 156/ano

Custo do hipoclorito de sódio para cloração US\$ 520/ano

Limpeza e desinfecção do reservatório a cada ano US\$ 429/ano

Custo contingencial de 25% do custo da obra do reservatório, incluindo preços não previstos e custo de projeto que será no total US\$ 5.057.

Valor residual no fim de 20 anos supomos que o reservatório tenha valor de 15% do custo de implantação, ou seja, - US\$3.034,00 com valor negativo.

Valor presente nos 20anos de vida do reservatório apurado é de **US\$ 31.942,00**

Tabela 53.22- Resumo dos custos para o valor presente de um reservatório com 130m³ para aproveitamento de água de chuva com 1.643m³/ano

Ordem	Especificações	Custo unitário US\$	Unidade	Quantidade	Fator	Valor presente US\$
1	Custo de construção de reservatórios de concreto armado enterrados	156	US\$/m ³	130	Já é valor presente	20.228
2	Bombas centrifugas, sensores de nível, bomba dosadora de cloro, instalações elétrica e reforma a 5 anos	863	US\$/m ³	5	0,69	599
3	Bombas centrifugas, sensores de nível, bomba dosadora de cloro, instalações elétrica e reforma a 10 anos	863	US\$	10	0,48	416
4	Bombas centrifugas, sensores de nível, bomba dosadora de cloro, instalações elétrica e reforma a 15 anos	863	US\$	15	0,33	288
5	Energia elétrica em 20anos usada no bombeamento	156	US\$/ano	20	10,13	1.580
6	Fornecimento de hipoclorito de sódio para cloração em 20 anos e manutenção do dosador automático	520	US\$/ano	20	10,13	5.268
7	Limpeza e desinfecção do reservatório uma vez por ano	429	US\$/ano	20	10,13	4.346
8	Valor residual no fim da vida útil (15% do Valor inicial do reservatório)	-3.034	US\$	20	0,23	-703
9	Valor presente nos 20anos de vida útil		US\$			31.942

Alternativa B: água do SAAE pelo cavalete

Para efeito de comparar com a alternativa A precisamos usar o mesmo volume anual de 1.643m^3 e considerando o custo da tarifa de água e esgoto de US\$ $7,6/\text{m}^3$ teremos em 20 anos o valor presente **US\$ 126.498,00**

Tabela 53.23- Alternativa B- água do SAAE pelo cavalete

		US\$/m ³				Fator F	Valor Presente US\$
1	Custo em dólares por m ³ da tarifa de água	3,8	m ³ /ano		anos		
2	Custo em dólares por m ³ da tarifa de esgoto	3,8					
3	Custo total da tarifa pública	7,6	1.643	12.487	20	10,13	126.498

Sexto passo:

Comparação das alternativas

O valor presente da alternativa A é **US\$ 31.942,00** enquanto que o valor presente da alternativa B é US\$ 126.498.

Portanto, a alternativa que apresenta preço mais baixo é a alternativa A do aproveitamento da água de chuva.

Sétimo passo:

A inflação anual de 5,5% foi calculada para o valor da taxa de desconto nominal “d”.

Oitavo passo:

Podemos fazer estudo de análise de incerteza no custo do reservatório bem como da opção de o SAAE não cobrar a tarifa de esgoto da água usada nas bacias sanitárias.

Nono passo

Não há nenhuma medida suplementar a ser feita

Décimo passo

A decisão é a alternativa A

Exemplo 53.19- Análise da relação Benefício/Custo

Neste caso usaremos a análise de Benefício/Custo. Supomos que a água de chuva será usada somente em **lavagem de pisos e rega de jardim** não indo uma gota para a rede de esgoto do SAAE de Guarulhos.

Tabela 53.24- Análise de benefício/custo de reservatório de concreto com 130m³ para captação de 1.643m³/ano de água de chuva para uso somente em bacias sanitárias.

Ordem	Especificações		US\$ Amortização de capital anual
1	Custo de construção de reservatórios de concreto armado enterrados em 20anos US\$ 156/m ³	US\$ 20.228	1.997
2	Energia elétrica anual usada no bombeamento		156
3	Fornecimento de hipoclorito de sódio para cloração e manutenção do dosador automático		520
4	Limpeza e desinfecção do reservatório uma vez por ano		429
5	Custo total	Custo anual	US\$ 3.102/ano
		Benefício	US\$ 12.487/ano
		B/C=	4,03

Observar que a relação Benefício/Custo é igual a 4,03 >>1, o que mostra a viabilidade de se construir o reservatório de 130m³ de concreto para armazenar água de chuva.

Tabela 53.25- Cálculo do Benefício anual

Ordem	Aquisição de produto (água) da concessionária pública	US\$/m ³	Volume (m ³)	Benefício anual (US\$)
1	Custo em dólares por m ³ da tarifa de água	3,8		
2	Custo em dólares por m ³ da tarifa de esgoto	3,8		
3	Custo total da tarifa pública	7,6	1.643	US\$ 12.487/ano

Exemplo 53.18- Análise Benefício/Custo

Neste caso usaremos a análise da relação Benefício/Custo. Supomos que a água de chuva será usada somente para **descarga em bacias sanitárias** sendo que o efluente vai para a rede pública de esgoto sanitário do SAAE de Guarulhos.

Tabela 53.26- Análise de benefício/custo de reservatório de concreto com 130m³ para captação de 1.643m³/ano de água de chuva para uso somente em bacias sanitárias.

Ordem	Especificações		US\$ Amortização de capital anual
1	Custo de construção de reservatórios de concreto armado enterrados com preço US\$ 156/m ³	US\$ 20.228	US\$ 1.997
2	Energia elétrica em 20anos usada no bombeamento		US\$ 156
3	Fornecimento de hipoclorito de sódio para cloração e manutenção do dosador automático		US\$ 520
4	Limpeza e desinfecção do reservatório uma vez por ano		US\$ 429
5	Custo de esgoto de toda água de chuva aproveitada supondo que a mesma vá para a rede pública US\$ 3,80/m ³	1.643m ³	US\$ 6.243
6	Custo total	Custo anual	US\$ 9.345/ano
		Benefício	US\$ 12.487/ano
		B/C=	1,34

Observar que a relação Benefício/Custo é igual a 1,34>1, o que mostra a viabilidade de se construir o reservatório de 130m³ de concreto para armazenar água de chuva, mesmo cobrando-se a tarifa de esgoto.

Tabela 53.27- Cálculo do Benefício anual

Ordem	Aquisição de produto (água) da concessionária pública	US\$/m ³	Volume (m ³)	Benefício anual (US\$)
1	Custo em dólares por m ³ da tarifa de água	3,8		
2	Custo em dólares por m ³ da tarifa de esgoto	3,8		
3	Custo total da tarifa pública	7,6	1.643	US\$ 12.487/ano

53.17 Bibliografia e livros consultados

- CHOW , VEN TE et al, 1988, *Applied Hydrology*, Mc Graw-Hill.
- ELSAYED A. ELSAYED, 1996, *Reliability Engineering*, Addison Wesley Longman;
- EPA. *Costs of Best management practices and associated land for urban stormwater control*. EA/600/JA-03/261/2003. 25páginas.
- FULLER, SEEGLINDE K. *Guidance on life-cycle and analysis*. Abril, 2005, Department of Energy, Washington.
- FULLER, SIEGLIND K. e PETERSEN, STEPHEN R. *Life-cycle costing manual for the Federal Energy Management Program*. US Department of Commerce. NIST **Handbook 135**, ano 1996.
- HOFFMANN, RODOLFO E VIEIRA, SÔNIA, 1983, *Análise de Regressão- Uma Introdução à Econometria*, Editora Hicitec-SP.
- KALMANN, ORIT ET AL. *Benefit-cost analysis of stormwater quality improvements*. Environmental Management vol 26 n° 6 pp 615-628 ano 2000.
- KAPUR, K.C. E LAMBERSON, L.R.1977, *Reliability in Engineering Design*, John Wiley & Sons;
- MAYS, LARRY W. E TUNG, YEOU-KOUNG *Hydrosystems Engineering & Management*,1992, McGraw-Hill, 530 páginas.
- MINNESOTA. *The Cost and effectiveness of stormwater management practices*. Research. Junho de 2005.
- MOELLER, GLENN et al. *Praticability of detention basins for treatment of Caltrans highway runoff based on a maximum extent practicable evaluation*. California State University. Sacrametno (CSUS) ano 2001.
- NAVAL FACILITIES. *Economic analysis handbook*. Outubro de 1993, Naval Facilities Engineering Command. NAVFAC P-442 307páginas
- POWELL, LISA M. *Low-impact development strategies and tools for local governments*. Report LID50t1, setembro, 2005.
- SELVAKUMAR, ARI. *BMP costs*, 17páginas
- TAYLOR, ANDRE et al. *Non structural stormwater quality best managements practices- an overview of their use, value cost and evaluation*. Technical report 02/11 de dezembro de 2002. EPA, Vitoria, Catchement Hydrology.
- TOMAZ, PLINIO. *Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos*. 2000. Editora Navegar. São Paulo. Livro esgotado.
- TOMAZ, PLINIO. *Conservação da água*, ano 1999.
- TOMAZ, PLINIO. *Infiltração e Balanço Hídrico*. Ano 2008 livro digital