


## Precipitação e Intercepção

Prof. Silvio Ferraz  
Prof. Carla Cassiano



### Revisão


- Há pouca água disponível para consumo
  - É preciso saber manejá-la
- Ciclo hidrológico
  - Vários processos podem ser influenciados pelo manejo
- Bacia hidrográfica
  - Unidade que integra os processos
- Microbacia
  - Escala em que o uso do solo influencia os processos

### Tópicos desta aula

- Precipitação
  - Como se mede
  - Como se distribui no espaço e no tempo
- Dados pluviométricos
  - Intensidade de chuva
  - Interpolação de dados
- Intercepção
  - Quanto uma floresta pode interceptar da chuva?

### Precipitação

- Toda a água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre.
- Como medir?



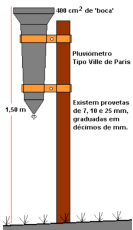



### Dados pluviométricos

- Obtidos por estações meteorológicas
  - Manuais
  - Automáticas
- Escala de coleta:
  - Minutos
  - Hora
  - Diária
- Problemas:
  - Falhas



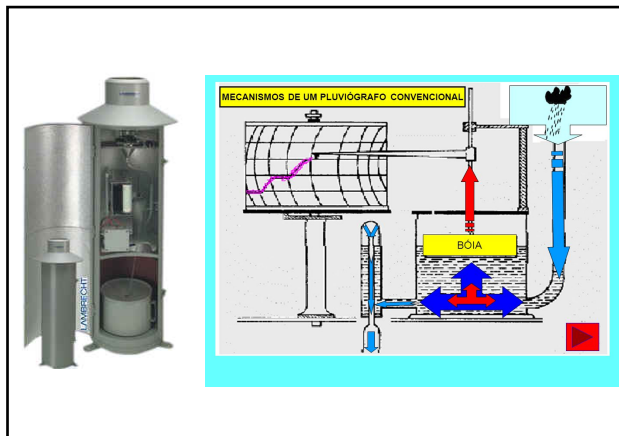
### Medidas Pluviométrica

- 1) Altura (mm): altura da coluna d'água acumulada num período;
- 2) Duração (horas, minutos): tempo decorrido por precipitação;

Pluviômetro      Pluviôgrafo

### Pluviógrafo de bóia



### Quanto choveu nesse período de registro?

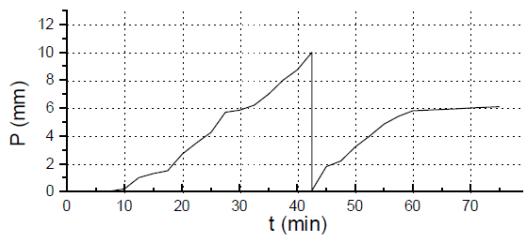


Figura 3.10 – Pluviograma típico correspondente a uma dada chuva

### Pluviograma

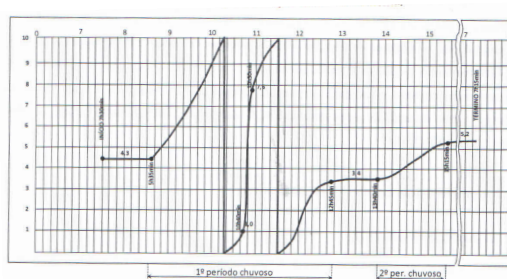
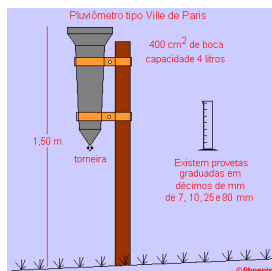


Figura 2.1 - Chuva registrada em pluviograma.

10

### Pluviômetro Ville de Paris



### Pluviômetro de Bâscula

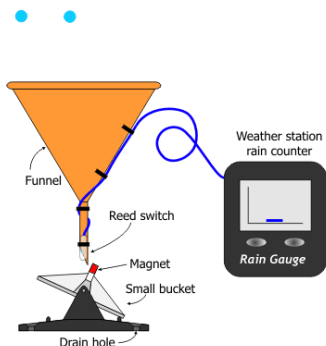


**COLETA**  
A água que entra pela boca do pluviômetro passa pelos funis superior e inferior.

**REGISTRO**  
Cada vez que uma das duas lâminas encosta a parafusadeira de registro, a água é transferida para uma gangorra e o sistema eletrônico registra o peso da água. Posteriormente, o peso é transmitido à rede de computadores.

**SAÍDA**  
Por meio de um lateral, a água é drenada e registrada pelo equipamento.

### Pluviômetro de Bâscula em funcionamento



### Pluviômetro de Bâscula



### Formas de Precipitação

Forma	Diâmetro das partículas	Característica	Intensidade
Garoa	< 0,5mm	Uniforme	Baixa: < 1mm/h
Chuva	> 0,5mm	As gotas podem crescer até 6mm por coalescência e condensação.	Leve: < 2,5mm/h Moderada: 2,6 a 7,5 mm/h Pesada: > 7,5mm/h
Granizo	Pedras de gelo	Em tempestades de verão/primavera	
Neve	Cristais de gelo	formados a partir do vapor d'água quando a temp. do ar chega a 0°C	

15

### Tipos de chuva

Tabela 5.4: Intensidade, diâmetro das gotas e velocidade de queda das chuvas (HEWLETT & NUTTER, 1969).

TIPO DE CHUVA	INTENSIDADE (mm/h)	DIÂMETRO MÉDIO DAS GOTAS (mm)	VELOCIDADE FINAL (m/s)
Nevoeiro	0,25	0,2	-
Chuva leve	1 – 5	0,45	2
Chuva forte	15 – 20	1,5	5,5
Tempestade	100	3	8



16

### Precipitação

A intensidade da chuva está diretamente relacionada aos impactos

O total e a distribuição das chuvas à disponibilidade de água da bacia

17

### Intensidade de chuva

- É a quantidade de água precipitada em determinado intervalo de tempo, geralmente calculada em **mm/h**. Sendo 1 mm = 1 litro por metro quadrado.
- Calculada a partir dos dados pluviométricos.

1 Estação Experimental de Itatinga: 2m de altura. Elevação: 797 m; Lat: -23° 02' 49"; Long: 48° 38' 21". Localização no Google Earth: -23.0469, -48.639												
		T Média		U.R.	%	m s <sup>-1</sup>	Graus	W m <sup>-2</sup>	MJ m <sup>-2</sup>	mm	mm/30min	kPa
Ano	DJ	Data	hora	°C								
2014	1	01	15:00	26,51	77,4	0,328	205,1	139,6	0,25	0	0,06	0,78
2014	1	01	15:30	24,11	85,4	0,537	165,3	7,11	0,01	19,16	0,01	0,41
2014	1	01	16:00	21,68	93,3	0,798	98,9	8,99	0,02	8,58	0,01	0,17
2014	1	01	16:30	20,67	94,1	0,437	143,3	9,4	0,02	0,858	0,00	0,14
2014	1	01	17:00	20,59	94,3	0,244	104	10,23	0,02	0,858	0,00	0,14
2014	1	01	17:30	20,6	94,4	0,2	181,1	19,42	0,03	0,572	0,01	0,14
2014	1	01	18:00	20,59	94,4	0,2	169,4	24,61	0,04	0,858	0,01	0,14
2014	1	01	18:30	20,63	94,5	0,2	69,45	21,33	0,04	0,286	0,01	0,13
2014	1	01	19:00	20,55	94,6	0,2	64,85	8,04	0,01	0,286	0,00	0,13
2014	1	01	19:30	20,57	94,7	0,202	86,5	0,211	0,00	0	0,00	0,13

18

### Cálculo de Intensidade

**Passos:**

- a. Cálculo do intervalo de tempo entre cada medida
- b. Cálculo da intensidade, dividindo-se a precipitação no intervalo (em mm) pelo intervalo de tempo (em horas).

Ano	Dia	Hora	Prec. (mm)	Intervalo (min)	Intervalo (h)	Intensidade (mm/h)
2014	01/jan	15:00	0	-	-	-
2014	01/jan	15:30	19,16	30	0,5	38,32
2014	01/jan	16:00	8,58	30	0,5	17,16
2014	01/jan	16:30	0,858	30	0,5	1,716
2014	01/jan	17:00	0,858	30	0,5	1,716
2014	01/jan	17:30	0,572	30	0,5	1,144
2014	01/jan	18:00	0,858	30	0,5	1,716
2014	01/jan	18:30	0,286	30	0,5	0,572
2014	01/jan	19:00	0,286	30	0,5	0,572
2014	01/jan	19:30	0	30	0,5	0

19

### Cálculo de Intensidade

**Passos:**

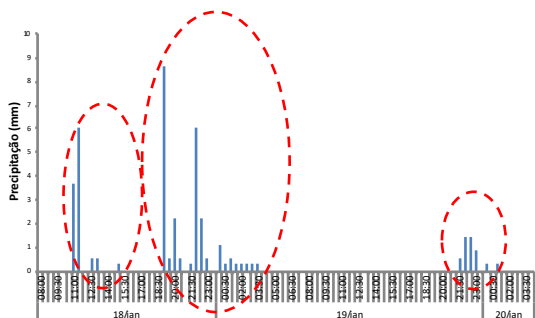
- a. Cálculo do intervalo de tempo entre cada medida
- b. Cálculo do intervalo de precipitação entre as medidas
- c. Cálculo da intensidade, dividindo-se a precipitação no intervalo (em mm) pelo intervalo de tempo (em horas).

Hora	Prec. Acumulada (mm)	Intervalo (min)	Intervalo (h)	Prec. no intervalo (mm)	Intensidade (mm/h)
03:15	0	-	-	0,00	0
04:00	0,7	45	0,75	0,70	0,93
04:40	2,95	40	0,67	2,25	3,38
05:25	3,05	45	0,75	0,10	0,13
06:25	10	60	1,00	6,95	6,95
07:15	11	50	0,83	1,00	1,20
07:45	14,5	30	0,50	3,50	7,00

Intensidade (mm/h) = P (mm) no intervalo / Intervalo de tempo (h)

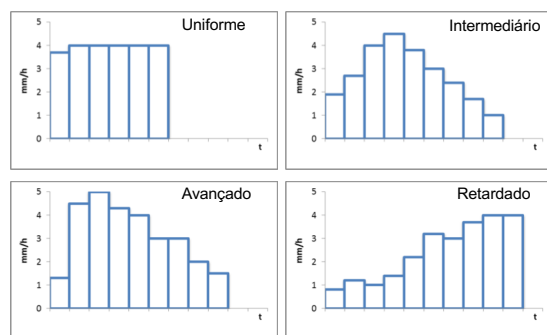
20

### Evento de chuva



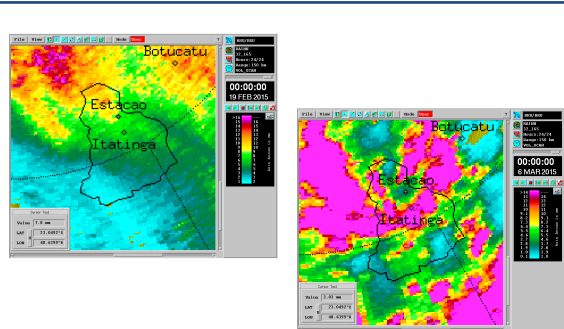
21

### Padrão de chuva



22

### Distribuição espacial



<http://www.ipmet.unesp.br/>

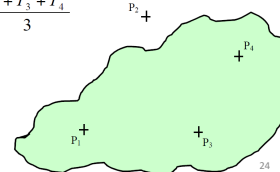
23

### Precipitação média na bacia

- Média aritmética
  - Pressuposto: distribuição uniforme dos postos
  - Área plana
  - Postos próximos
  - Sem interferência de fatores externos. Ex: proximidade do mar

Estação pluviométrica	Registro (mês de julho) mm
P1	20
P2	76
P3	67
P4	114

$$P_m = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}{3}$$



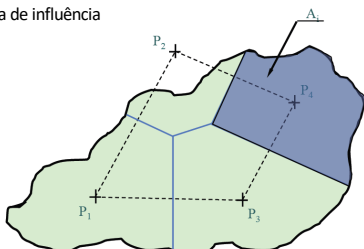
24



### Precipitação média na bacia

- **Polígonos de Thiessen**
  - Para malha de pontos irregulares
  - Não considera o relevo
  - Baseado em área de influência

$$P_m = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n A_i P_i$$

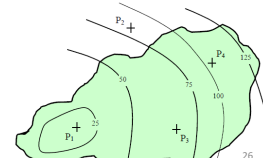


25

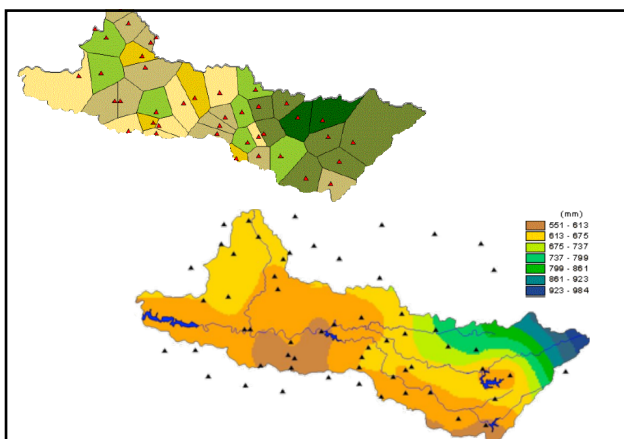
### Precipitação média na bacia

- **Método das isoietas:** Leva em conta a irregularidade na distribuição dos pluviômetros mas não do relevo. Atribui um fator de peso à precipitação registrada em cada pluviômetro, baseado na área de influência de cada um.
  - Traçado de linhas de igual precipitação (valores inteiros)
  - Ajuste das linhas por interpolação (entre postos pluviométricos.)
  - Sobrepor mapa de relevo e ajustar as Isoietas com o relevo
  - Medir a área entre isoietas e multiplicar pela precipitação média entre duas isoietas. Somar as sub-áreas e dividir pela área total da bacia

$$P_m = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n A_{i,i+1} * \frac{(P_i + P_{i+1})}{2}$$



26



### Preenchimento de falhas

- **Métodos:**
  - Interpolação
  - Regressão
  - Outras técnicas estatísticas
- **Interpolação:**
  - Dados de precipitação e durações superiores a 1 mês.
  - Verificar a distância entre os postos
  - Verificar a existências de barreiras naturais

28

### Inverso da distância ponderada

- Ideal para malhas regulares de pontos
- Interpolação válida para localidades entre os pontos (não é possível extrapolar)

$$\hat{z}_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} z_j}{\sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad w_{ij} = 1/d_{ij}^k$$

zi é o valor de precipitação de um ponto i  
zj é a precipitação de uma amostra j vizinha do ponto i da grade  
wij é um fator de ponderação.

29

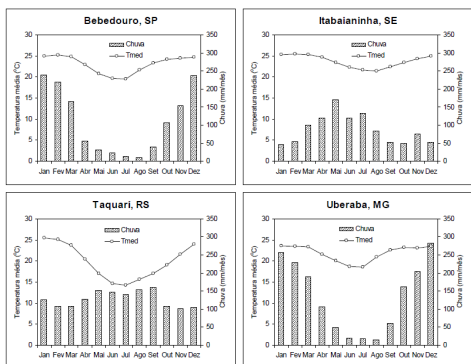
### Inverso da distância ponderada

**Exemplo:**

$$Z = \frac{\frac{50}{4} + \frac{30}{2} + \frac{52}{6}}{\frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{6}} = 34$$

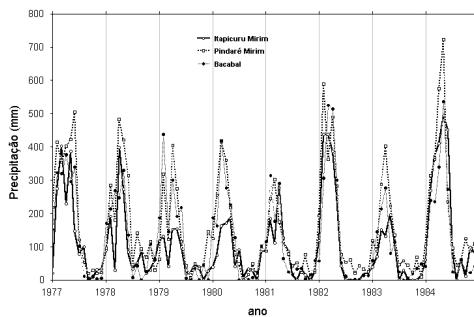
30

### Distribuição anual



31

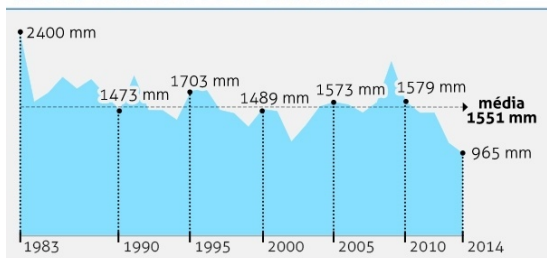
### Séries históricas



32

### Séries históricas

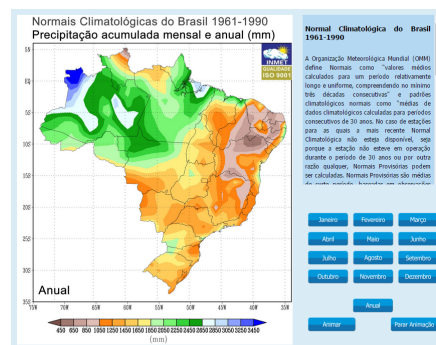
#### Chuva acumulada no sistema Cantareira



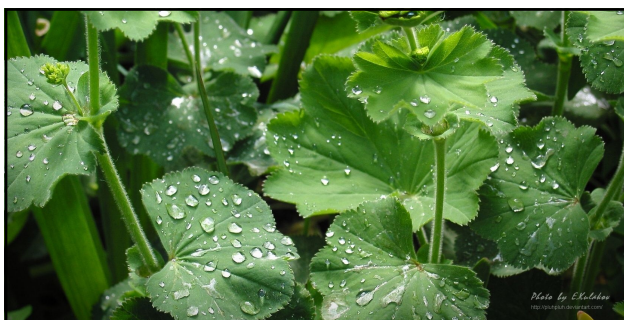
Fonte: Sabesp

Arte UOL

### Normais Climatológicas



34

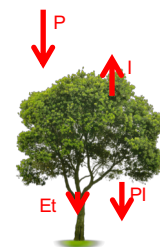


### Interceptação

35

### Interceptação

- Retenção de parte da precipitação, antes de atingir o solo.
- Floresta:
  - A água é retida pelas copas das árvores e posteriormente redistribuída.

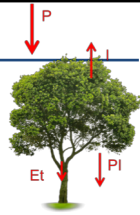


36

## Processos de Intercepção

Componentes:

- **Precipitação incidente (P):** chuva medida acima das copas da floresta.
- **Precipitação interna (PI):** chuva que atravessa o dossel florestal, incluindo gotas que passam diretamente assim como gotas que respingam da água retida na copa.
- **Escoamento pelo tronco (Et):** água da chuva que escoo pelos troncos em direção à superfície.
- **Precipitação Efetiva (PE):** água que efetivamente chega ao solo,  $PE = PI + Et$
- **Perda por intercepção (I):** fração da chuva que é evaporada diretamente da copa, não atingindo o solo.



37

## Intercepção

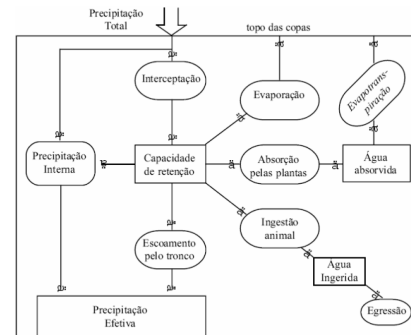
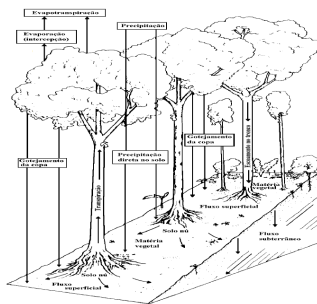


Figura 6.1: Modelo do processo de intercepção da chuva por uma floresta.

38

## Intercepção pela Floresta

- Diminuição no total de chuva que atinge o solo. Pode chegar a 25% em alguns tipos de floresta
- A porcentagem de chuva interceptada depende do volume e intensidade da chuva e também da característica da floresta



39

## Intercepção pela Floresta

- A porcentagem de chuva interceptada depende do volume de chuva:
  - Ex1: chuva = 100mm, intercepção = 5mm (5%)
  - Ex2: chuva = 20mm, intercepção = 5mm (25%)
  - Ex3: chuva = 80mm, intercepção = 2mm (2,5%)



40

## Fatores que afetam a Intercepção

- **Aspectos da vegetação**  
Índice de Área Foliar, variações sazonais, natureza da superfície (rugosidade, repelência, absorvidade da liteira, arranjo das folhas e galhos).
- **Aspectos meteorológicos**  
número e intervalo entre eventos de precipitação, intensidade da chuva, velocidade do vento durante e depois da chuva

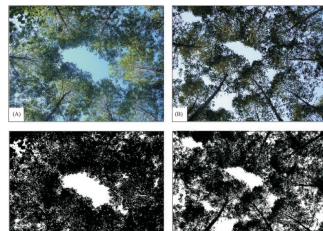


Figura 6.2: Fotografias obtidas com a câmera Sony MVC-F285, nas dimensões de 640x480 pixels, ao 811 metros de altitude (A, C), e com a Sony W7, nas dimensões de 2048x1536 pixels, ao 97 metros de altitude (B, D), em uma floresta original (A, B) e processadas por meio do aplicativo SketchBook 3.1, considerando o nível de saturação de determinação, saturação da lente, desvio-convulsão e o ponto máximo do valor de brilho, com uso da função "test" (C, D).

41

## Medição da intercepção (I)

$$I = P - PE$$

$$PE = PI + ET$$

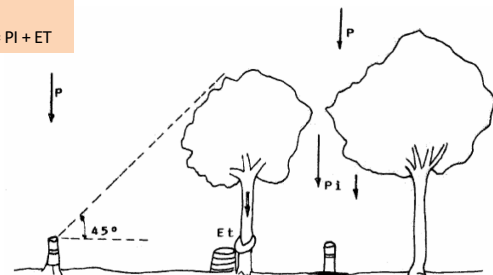
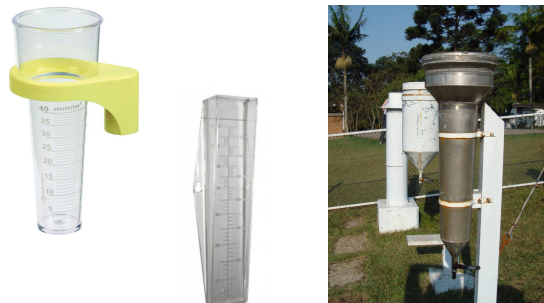


Figura 6.3: Esquema para medição dos componentes da precipitação efetiva.

### Medição da interceptação



43

### Medição da interceptação



44

### Interceptação

Tabela 4 - Comparação de perdas por interceptação em regiões com diferentes tipos florestais

Referência	P interna	Esc. Tronco	I	Local	Tipo de floresta
	(%)	(%)	(%)		
Izidio <i>et al.</i> (2013)	73,9	5,45	17,9	Brasil	Caatinga
Medeiros <i>et al.</i> (2009)	81,0	6,00	13,0	Brasil	Caatinga densa
Arcova <i>et al.</i> (2005)	81,2	0,20	18,6	Brasil	Mata Atlântica
Oliveira <i>et al.</i> (2008b)	76,8	1,70	21,5	Brasil	Floresta Tropical
Oliveira Junior e Dias <i>et al.</i> (2005)	80,0	1,70	18,3	Brasil	Mata Atlântica

Processo	Pinus	Eucalyptus
	(valores em mm)	
Precipitação anual	871	895
Interceptação anual	163	95

(Lima, 2008)

18,7%      10,6%

45

### Interceptação

Tabela 2 - Valores de precipitação interna (PI), interceptação da chuva pela copa das árvores (I) e escoamento da chuva pelos troncos (Et), em áreas de florestas intactas na Amazônia brasileira.

Local	PI (%)	I (%)	Et (%)	Autor
Bacia Modelo (ZF-2, km 14/AM)	77,7	22	0,3	Franken <i>et al.</i> (1982a)
Reserva Florestal Ducke (AM)	80,2	19,8	-	Franken <i>et al.</i> (1982b)
Bacia Modelo (ZF-2, km 14/AM)	-	25,6	-	Schubart <i>et al.</i> (1984)
Bacia Modelo (ZF-2, km 14/AM)	78,4	21,3	0,3	Leopoldo <i>et al.</i> (1987)
Reserva Florestal Ducke(AM)	91	8,9	1,8	Lloyd & Marques (1988)
Reserva Vale do Rio Doce (PA)	86,2	12,9	0,8	Ubarana (1996)
Reserva Jaru (RO)	87	11,6	1,4	Ubarana (1996)
ZF-2/ floresta intacta (km 23/AM)	80,8*	19,2*	-	Este estudo

46

### Pontos importantes

- A chuva varia no espaço e no tempo.
- É possível determinar a chuva em 1 ponto com base nos vizinhos. Mas devemos utilizar técnicas adequadas.
- Intensidade de chuva -> danos.
- Interceptação: varia em função do tipo de floresta e da chuva (entre 10% e 20%).

47

### Exercícios Apostila

- Pagina 100
- Exercícios 1, 2 e 3

48

### Exercício 3

1. Calcule a intensidade da chuva nos intervalos apresentados na tabela abaixo e faça o gráfico da intensidade pelo tempo.

Hora	Prec. acumulada (mm)
12:00	0
12:30	2
13:15	9
13:50	19
14:05	21
15:20	24
16:00	24

2. Calcule a precipitação média para uma estação X entre as estações A, B, C, D e E de acordo com as distâncias apresentadas na tabela abaixo.

Estação	Prec. média (mm)	Distância de X (km)
A	1500	90
B	1430	70
C	1200	120
D	1350	50
E	1400	30

49