



“Drenagem de Rodovias”

Parte - I

Setembro/2021

Engº Marcos Augusto Jabôr



“MITO / VERDADE ?”

“A água é considerada como a maior causadora de problemas nas rodovias e nas vias urbanas.”

Acre
Fev. 2021

Tarauacá

Com uma população estimada em 43.151 pessoas, de acordo com o Instituto Brasileiro e Geografia e Estatística (IBGE), a cidade de Tarauacá tem 28 mil moradores afetados com a **enchente do rio que leva o mesmo nome do município**. De acordo com a Defesa Civil Municipal, dos nove bairros que há na cidade, apenas um não foi atingido pelas águas. Cerca de 90% do município está afetado pela enchente.

O rio está com o nível de 11,05 metros, de acordo com a medição do Corpo de Bombeiros feita às 6 horas deste sábado (20). A cota de transbordo é de 9,50 metros, ou seja, o rio está 1,55 acima do nível máximo estipulado para transbordar. A maior cota já registrada na cidade foi 11,93, em 2014.



“MITO”

“O maior inimigo do pavimento é a água.”



DRENAGEM

*Pode-se definir, **DRENAGEM** como a ciência que tem como objetivo, através de um Sistema de Drenagem eficaz, remover e ou impedir tecnicamente o excesso das águas superficiais e profundas, a fim de proteger e melhorar tudo sobre que possam elas influir.*

SISTEMA DE DRENAGEM

SISTEMA DE DRENAGEM

É o conjunto de dispositivos de drenagem que tem como objetivo, garantir a **integridade do corpo Estradal**. (até meados da década de 80)



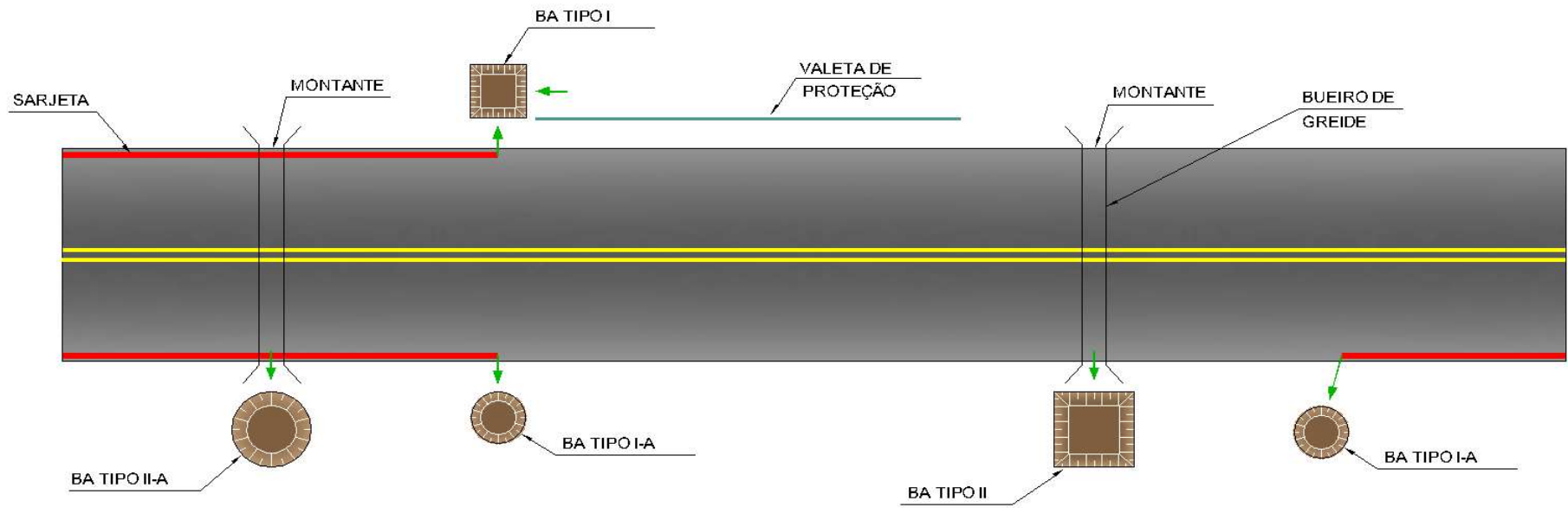
É o conjunto de dispositivos de drenagem que tem como objetivos, garantir a integridade do corpo estradal e do seu entorno - Meio Ambiente.

(a partir do final da década de 80)





PLANTA



É o conjunto de dispositivos de drenagem que tem como objetivos, garantir a integridade do corpo estradal e do seu entorno - Meio Ambiente, bem como a segurança dos usuários da via. (início da década de 90)





SISTEMA DE DRENAGEM

- **Drenagem de Grota**
- **Drenagem Superficial**
- **Drenagem Profunda**
- **Drenagem Subsuperficial/Pavimento**

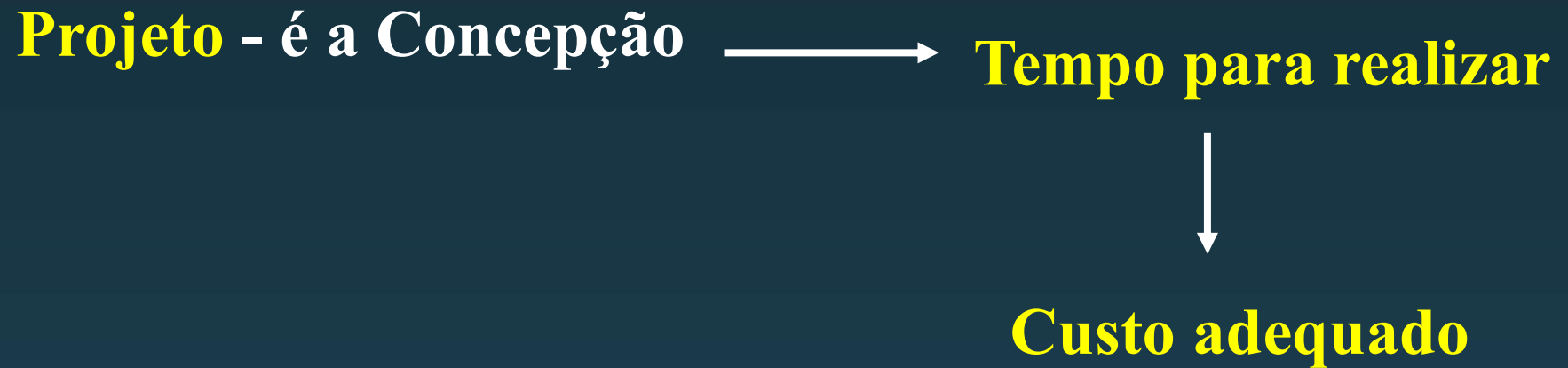
Sistema de Drenagem - Eficaz

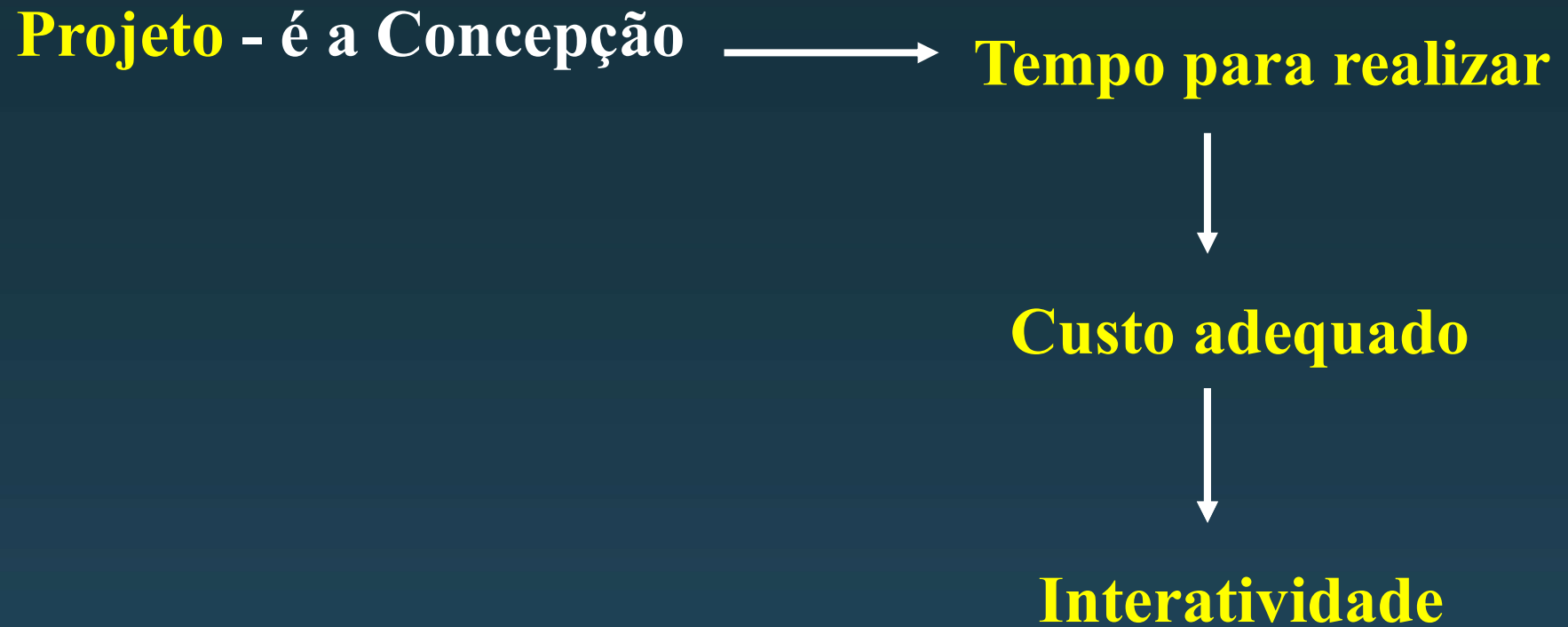
Um Sistema de Drenagem Eficaz depende:

- Projeto
- Construção
- Manutenção

Projeto - é a Concepção

Projeto - é a **Concepção**  **Tempo para realizar**





Projeto - é a Concepção → **Tempo para realizar**



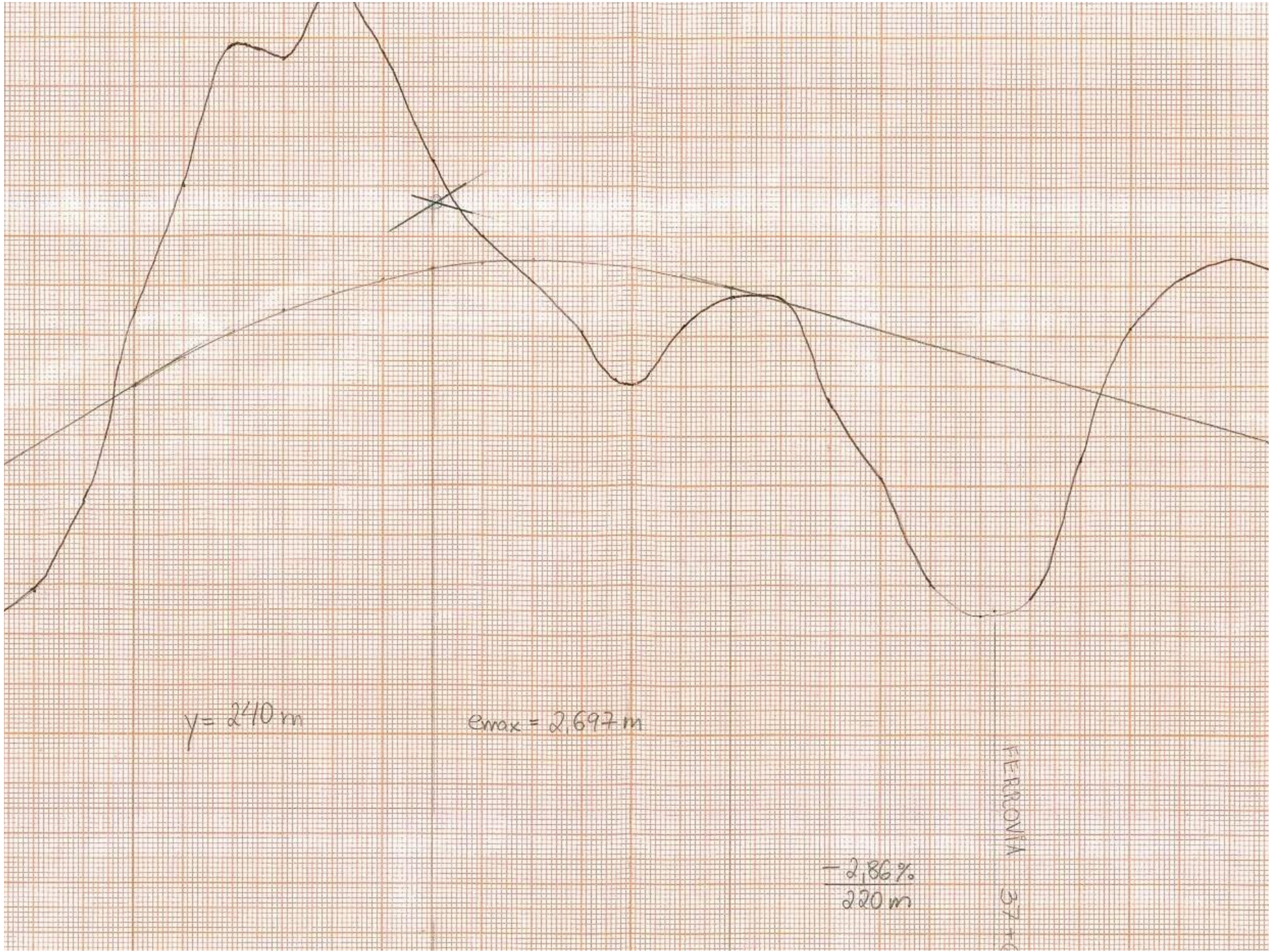
Custo adequado

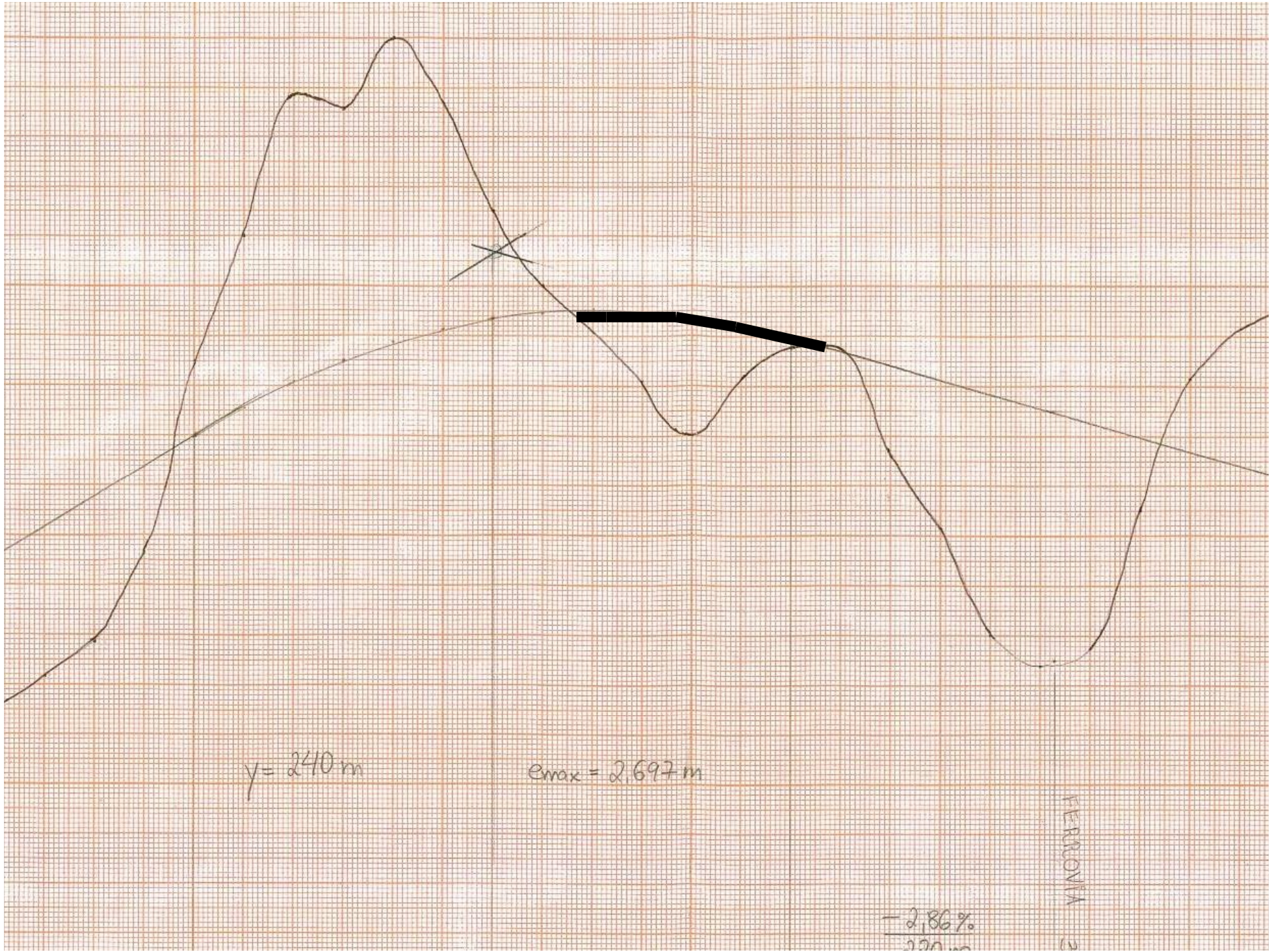


Interatividade



Visita a campo





$y = 240 \text{ m}$

$E_{\text{max}} = 2.697 \text{ m}$

-2.86%
 220 m

FERRONIA 3

Galeria



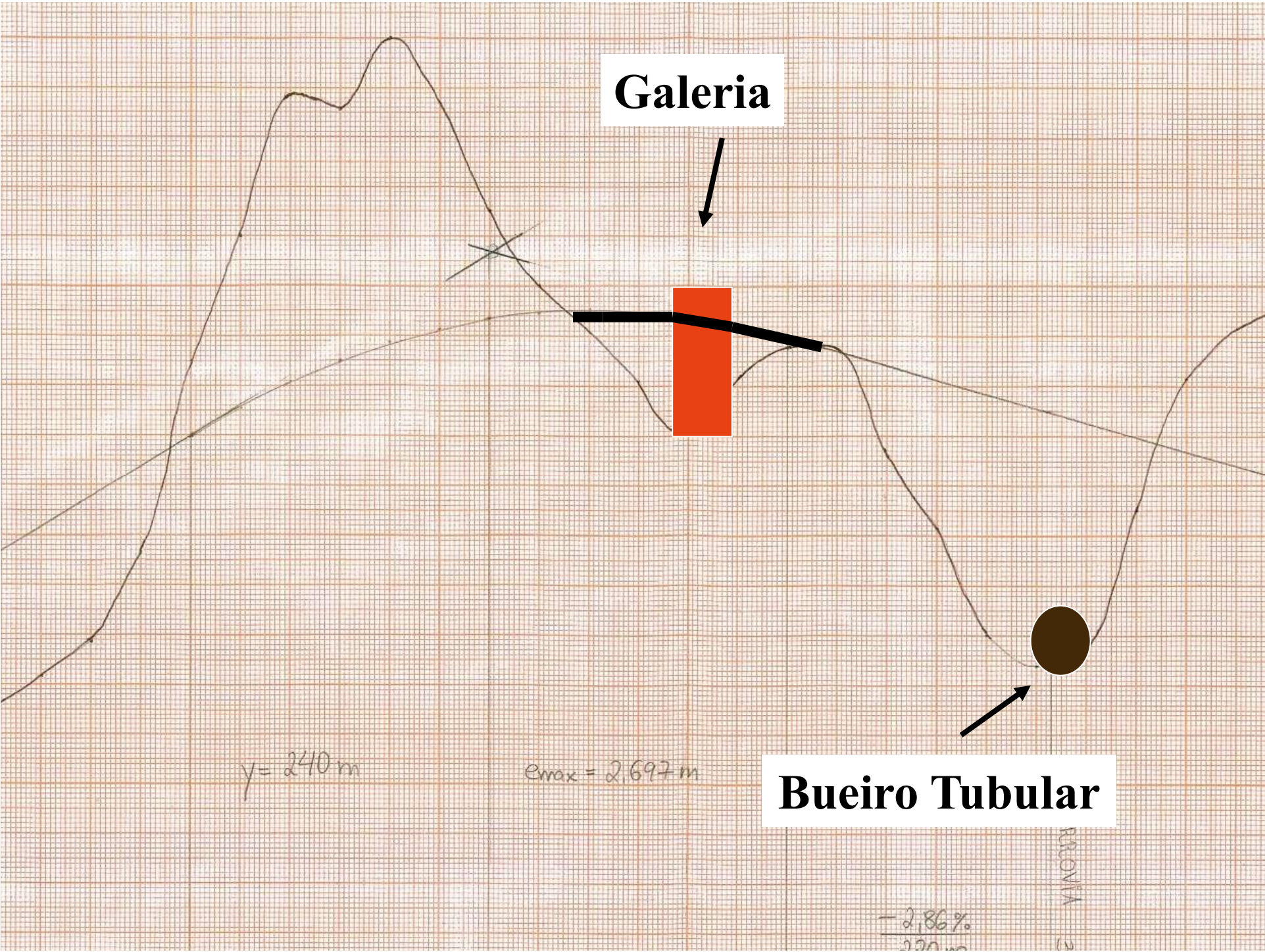
Bueiro Tubular

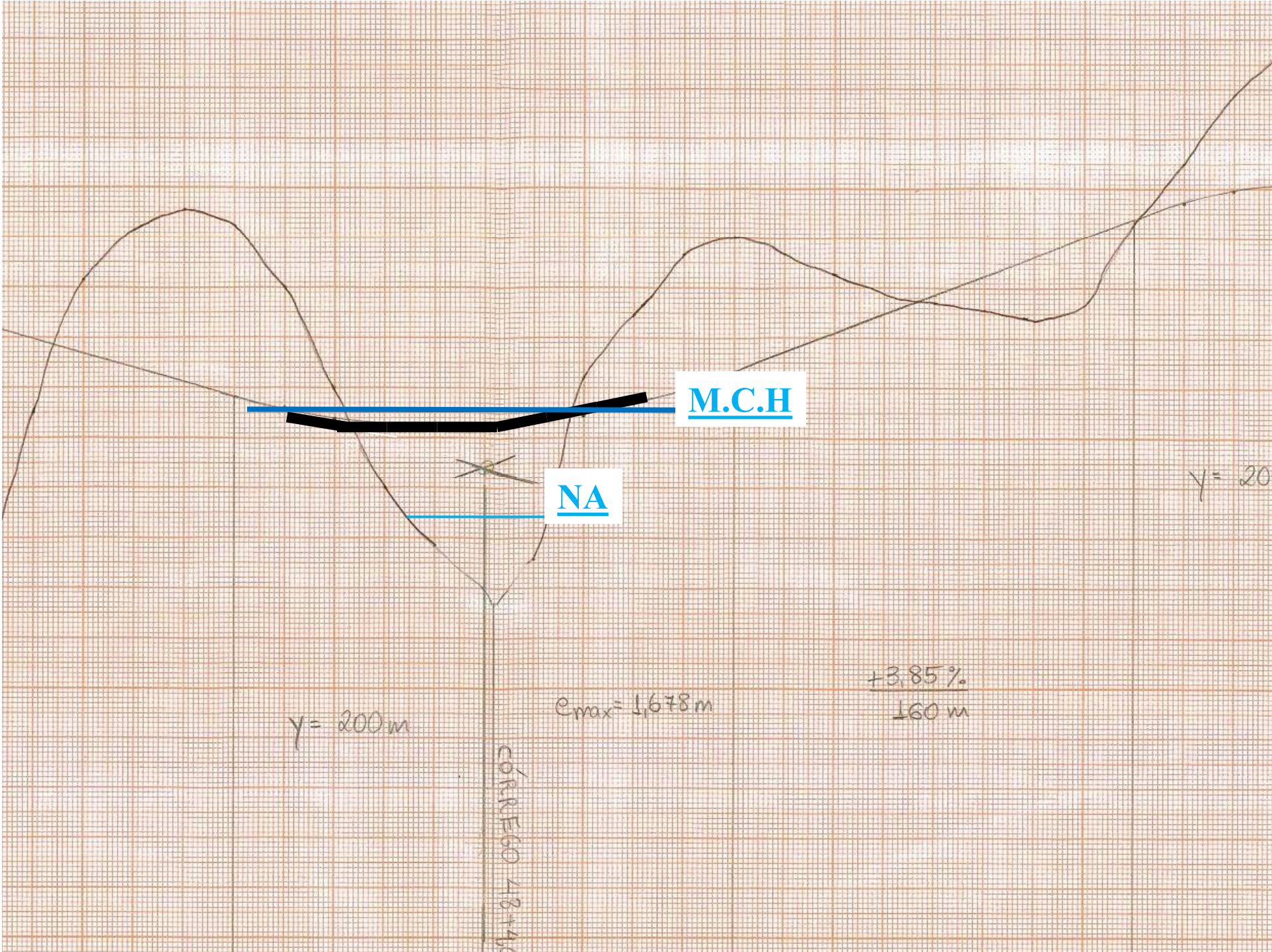
$y = 240 \text{ m}$

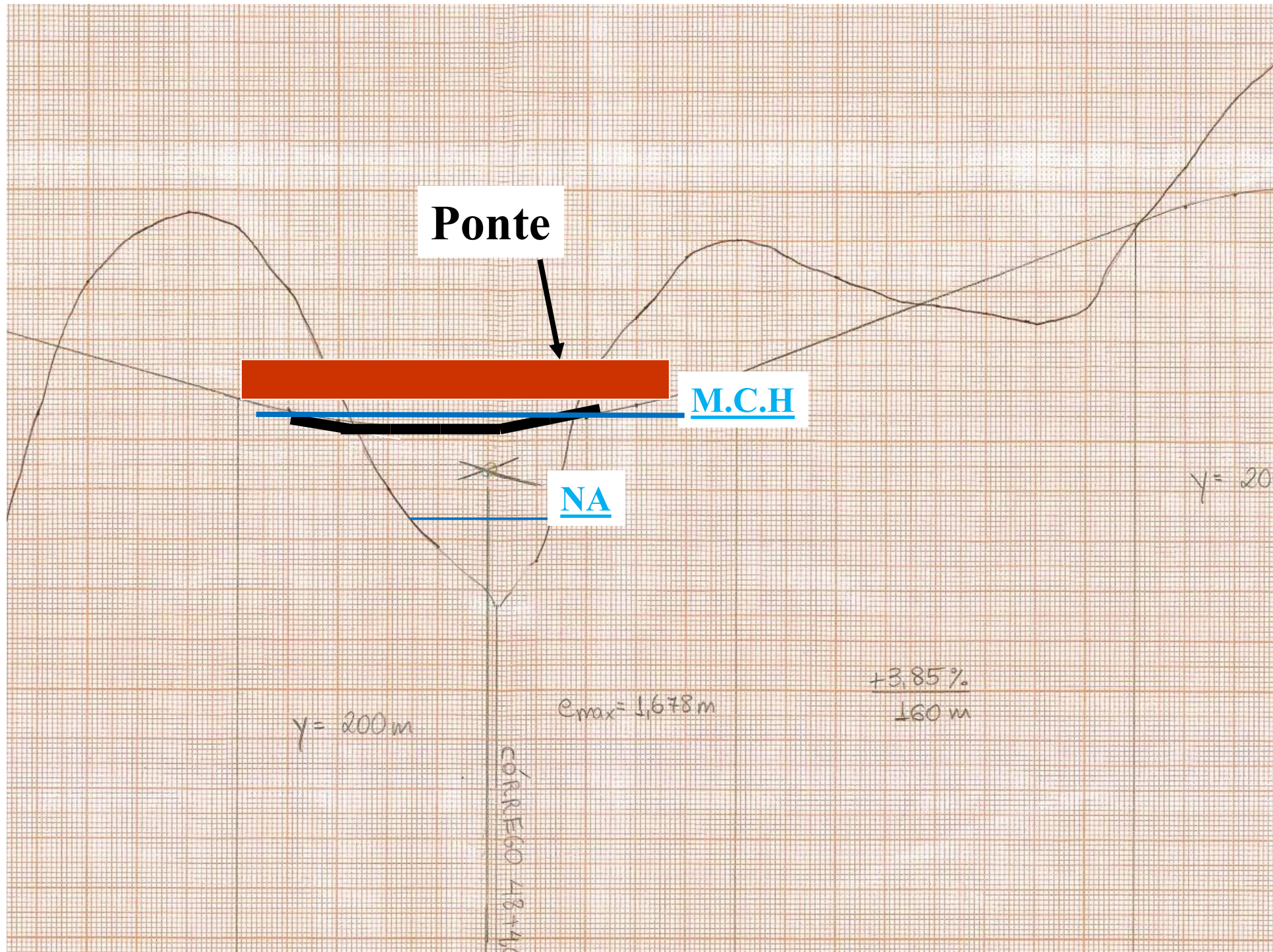
$e_{\text{max}} = 2,697 \text{ m}$

$-2,86\%$
 220 m

RECUNIA 3









**Importancia do conhecimento Básico
de outras áreas**



Construção - é a materialização da concepção

Construção - é a materialização da concepção



Qualidade dos materiais e da execução

Construção - é a materialização da concepção



Qualidade dos materiais e da execução



Fiscalização

Manutenção – é o conjunto de serviços necessários para que os dispositivos de drenagem funcionem adequadamente de forma a atender as **funções** pelo quais foram projetados.



Um Sistema de Drenagem **eficaz** tem como objetivos garantir:

- **integridade da via**

Um Sistema de Drenagem **eficaz** tem como objetivos garantir:

- integridade da via
- **integridade do meio ambiente**

Um Sistema de Drenagem **eficaz** tem como objetivos garantir:

- integridade da via
- integridade do meio ambiente
- **segurança aos usuários da via**

Um Sistema de Drenagem **eficaz** tem como objetivos garantir:

- **integridade da via**
- **integridade do meio ambiente**
- **segurança aos usuários da via**
- **o direito de ir e vir dos usuários da via com custo e tempo adequado**

Sistema de Drenagem – Inadequado

Conseqüências?

Accidentes

Excesso de Água na Pista

Acidentes





Lâmina d'água na pista causa acidente
com 5 mortos em Pardinho, interior de
São Paulo.

Brasil

Acidentes de trânsito causam 5 mortes no Brasil a cada 1 hora, informa um relatório divulgado pelo Conselho Federal de Medicina (CFM).

Entre 2008 e 2016, o total de 368.821 pessoas morreram vítimas de transporte nas estradas e ruas do país.

Brasil

Acidentes de trânsito causam 5 mortes no Brasil a cada 1 hora, informa um relatório divulgado pelo Conselho Federal de Medicina (CFM).

Entre 2008 e 2016, o total de 368.821 pessoas morreram vítimas de transporte nas estradas e ruas do país.

Ano de 2016: 37.345 vitimas fatais.

Brasil

Acidentes de trânsito causam 5 mortes no Brasil a cada 1 hora, informa um relatório divulgado pelo Conselho Federal de Medicina (CFM).

Entre 2008 e 2016, o total de 368.821 pessoas morreram vítimas de transporte nas estradas e ruas do país.

Qual o percentual ideal para redução dos acidentes?



Brasil

Acidentes de trânsito causam 5 mortes no Brasil a cada 1 hora, informa um relatório divulgado pelo Conselho Federal de Medicina (CFM).

Entre 2008 e 2016, o total de 368.821 pessoas morreram vítimas de transporte nas estradas e ruas do país.

Ano de 2016: 37.345 vitimas fatais.

Qual o percentual que está relacionado com a falta ou com a ineficiência dos dispositivos de drenagem?



Sarjeta
de corte



Sarjeta
de corte



Sarjeta
de corte



Sarjeta
de corte

























ESTUDOS HIDROLÓGICOS

ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Tem como objetivo, a obtenção de elementos e o estabelecimento de critérios para a determinação das vazões para o dimensionamento das obras de drenagem novas e verificação da suficiência das obras de drenagem existentes.

ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Tem como objetivo, a obtenção de elementos e o estabelecimento de critérios para a determinação das vazões para o **dimensionamento** das obras de drenagem **novas** e verificação da **suficiência** das obras de drenagem **existentes**.

ESTUDOS HIDROLÓGICOS

- **Coleta dos dados Pluviométricos/Fluviométricos;**
- **Processamento dos dados coletados;**
- **Definição da equação de chuva para o local do projeto;**
- **Elaboração do Mapa de Bacias;**
- **Obter os dados físicos das bacias: Área, comprimento do talvegue e declividade efetiva do talvegue;**
- **Cálculo das Vazões;**
- **Ida a Campos.**

Quais as conseqüências da ausência ou má utilização dos Estudos Hidrológicos?

Obras/Empreendimentos

- **Super Dimensionadas – custos desnecessários**

Obras/Empreendimentos

- **Super Dimensionadas – custos desnecessários**
- **Sub Dimensionadas – prejuízos patrimoniais e/ou ambientais**

DADOS PLUVIOMÉTRICOS

REGISTRO E COLETA

CHUVA



Definição de Chuva

Chuva é um fenômeno meteorológico que consiste na precipitação de água no estado líquido sobre a superfície da Terra.



O que é importante para a Engenharia saber sobre as chuvas?

O que é importante para a Engenharia saber sobre as chuvas?

- **Quantidade que chove a cada mês**

O que é importante para a Engenharia saber sobre as chuvas?

- Quantidade que chove a cada mês
- **Numero de dias de chuva mensal**

O que é importante para a Engenharia saber sobre as chuvas?

- Quantidade que chove a cada mês
- Numero de dias de chuva mensal
- **Quantidade de chuva a cada ano**

O que é importante para a Engenharia saber sobre as chuvas?

- Quantidade que chove a cada mês
- Numero de dias de chuva mensal
- Quantidade de chuva a cada ano
- **Numero de dias de chuva anual**

O que é importante para a Engenharia saber sobre as chuvas?

- Quantidade que chove a cada mês
- Numero de dias de chuva mensal
- Quantidade de chuva a cada ano
- Numero de dias de chuva anual
- **Maior chuva diária de cada ano da série histórica**

Onde obter as informações?

Onde obter as informações?

Agência Nacional de Águas - www.ana.gov.br

Registro das ocorrências de Precipitações

Registro das ocorrências de Precipitações

Pluviômetro e Pluviógrafo

Pluviômetro

O termo pluviômetro é formado pelas palavras **pluvia** (de origem latina, significando chuva), e **metro** (de origem grega, significando instrumento para medir).

- **Pluviômetro - é o instrumento usado para medir a quantidade de chuva caída em determinado lugar e em determinado tempo**

Estação Pluviométrica Padrão da A.N.A



Este é o mais comum



dia das mães · com entrega rápida + até 40% de cashback + frete grátis · quee

americanas

busque aqui seu produto



olá, faça seu login
ou cadastre-se



informe seu CEP

empresas baixe o app receba hoje Moto G100 americanas social produtos internacionais mais por menos

compre por departamento

mercado

celulares

beleza e perfumaria

tv e home theater

brinquedos

eletrodomésticos

pagina inicial > sinalização e segurança > ergonomia e prevenção de acidentes

favoritar

compartilhar



Pluviometro 130mm - Ab124 Un Com 1 Un

★★★★★ (Cód.3044336868)

PLUVIOMETRO 130MM - AB124 UN COM 1 UN voltado para medir o volume de chuva feito de poliestireno cristal, que possui a capacidade de 130MM....

[mais informações](#)

[política de troca e devolução](#)

R\$ 36,97 **↓ 5%**

R\$ 35,12

em até 3x sem juros no **cartão** Ame e receba R\$ 0,71 (2% de v

+E R\$ 35,12 (5% de descor sem juros no **cartão Americana**: receba R\$ 0,71 (2% de volta)

[mais formas de pagamento](#)

calcular frete e prazo

digite o CEP

comprar

Maio de 2021



★★★★★ (0 avaliações)

Vendido e entregue por Olist

Pluviometro 130Mm - Ab124 Un Con

(Cod. Item 1513139505) Outros produtos Marca pendente

R\$ 36,69

ou até 1x de R\$36,69 sem juros ver parcelamento

R\$ 36,69 à vista no Cartão Casas Bahia ou 5x de R\$ 7,34 sem juros. Peça já o

Calcule o frete e prazo de entrega



Quer receber ofertas de produtos semelhantes a esse campo abaixo.

BR +55 (11) 3000-0000

Maio de 2021

Nova aba x MyWay x Pluviômetro Digital Sem Fio - 4760 x +

climaeambiente.com.br/prod.idproduto,3754236,pluviometros-pluviometro-digital-sem-fio---4760?utm_campaign=[LK]_Anúncios_Dinâmicos_]_Search*]*Anúncios_Dinâmico

vendas@climaeambiente.com.br Entrar 0 f cli


CLIMA E AMBIENTE

CLIMA E AMBIENTE
Soluções Meteorológicas

O QUE VOCÊ PROCURA?

Estações Meteorológicas Casa e Escritório Certificado de Calibração Sensores Pluviômetros Caixa Térmica com Termômetro Outlet Se

partamento: Pluviômetros



Zoom

TFA
WIRELESS RAIN METER

19.7 °C
10.3

Ampliar imagem

Pluviômetro Digital Sem Fio - 4760

Ref:4760 | Categoria: Pluviômetros

★★★★★ Avalie este produto

R\$ 610,00 ou 3x sem juros de R\$ 203,33

Esgotado avise-me quando estiver disponível

Pluviômetro

Além da facilidade de leitura e material resistente, o aparelho

Simule o valor do frete

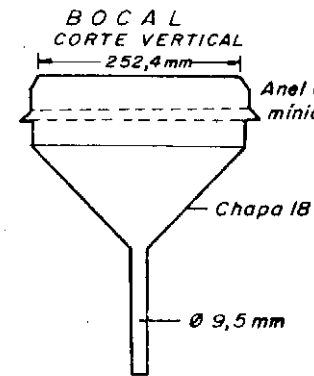
Qtd 1 CEP

Maio de 2021

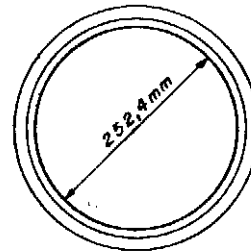


PLUVIÔMETRO

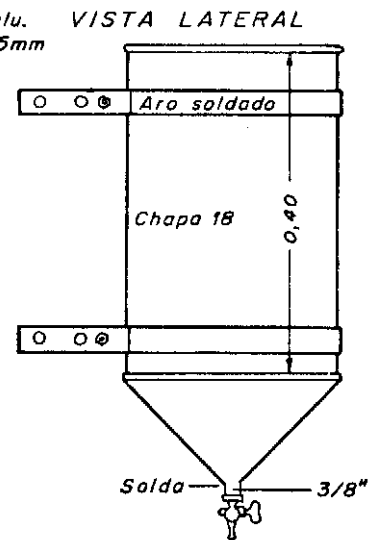
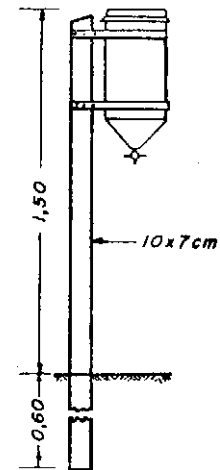
Detalhes



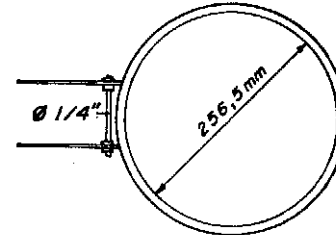
VISTA DE CIMA



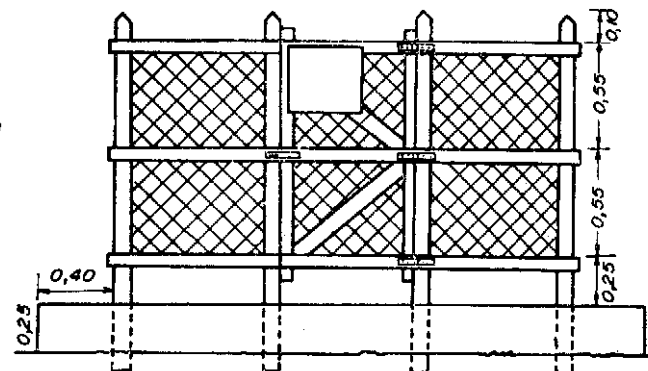
PLUVIÔMETRO
INSTALADO



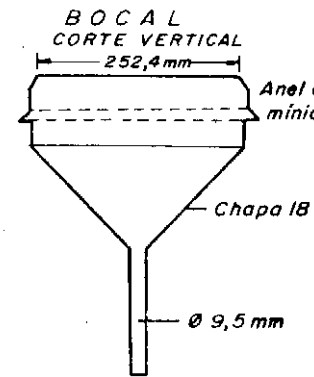
VISTA DE CIMA



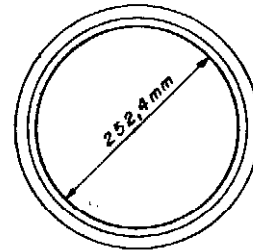
CERCADO - VISTA DE FRENTE
MADEIRA E TELA DE ARAME



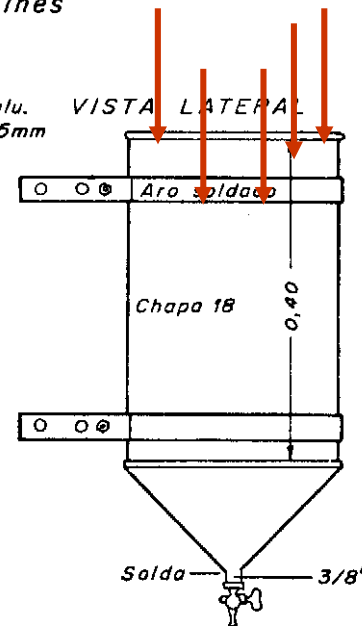
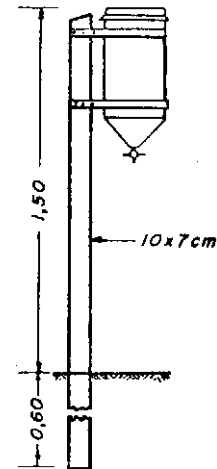
Detalhes



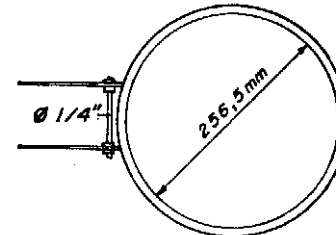
VISTA DE CIMA



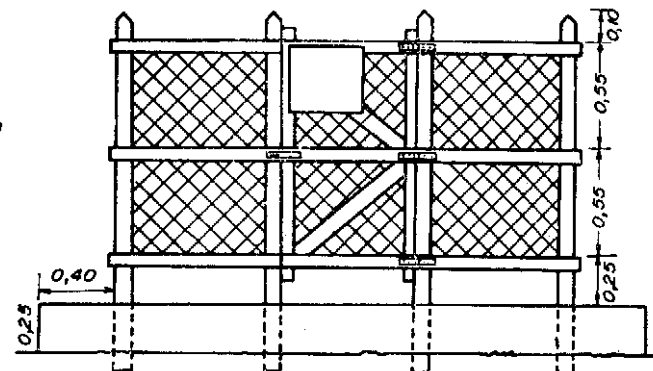
PLUVIÔMETRO
INSTALADO



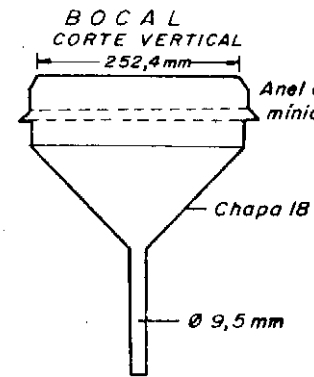
VISTA DE CIMA



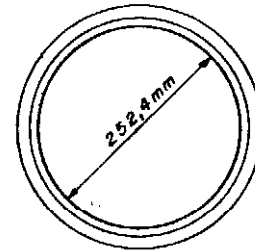
CERCADO - VISTA DE FRENTE
MADEIRA E TELA DE ARAME



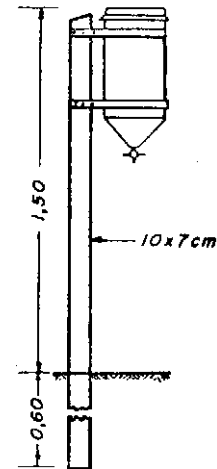
Detalhes



VISTA DE CIMA

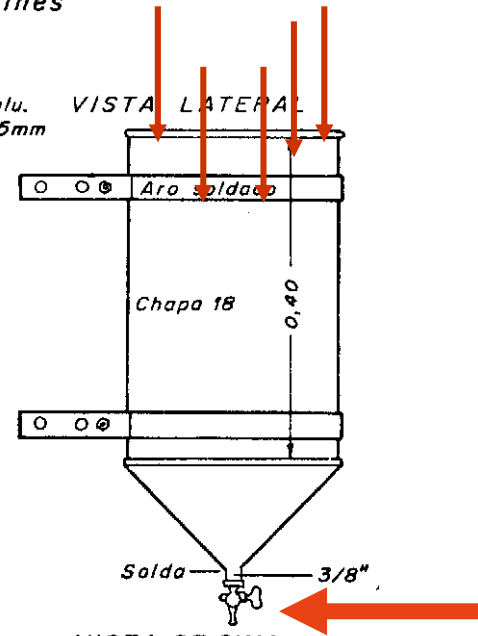


PLUVIÔMETRO
INSTALADO

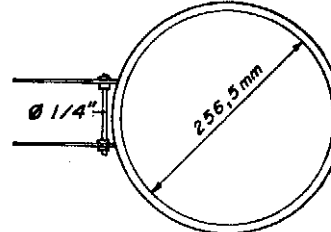


Anel de alu.
minio 2,5mm

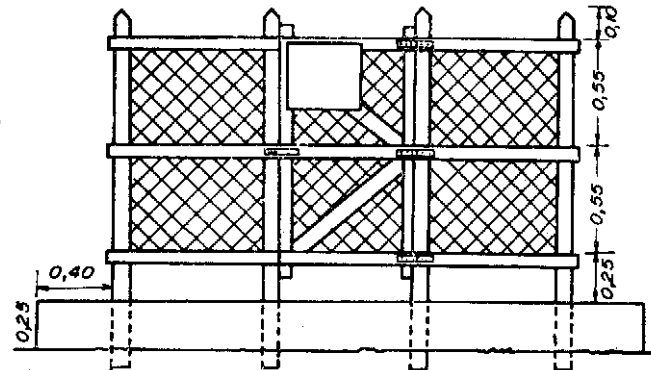
VISTA LATERAL



VISTA DE CIMA



CERCADO - VISTA DE FRENTE
MADEIRA E TELA DE ARAME



Medição realizada a cada 24 horas



Medição realizada a cada 24 horas



A precipitação/altura de chuva é dada em mm

Medição realizada a cada 24 horas

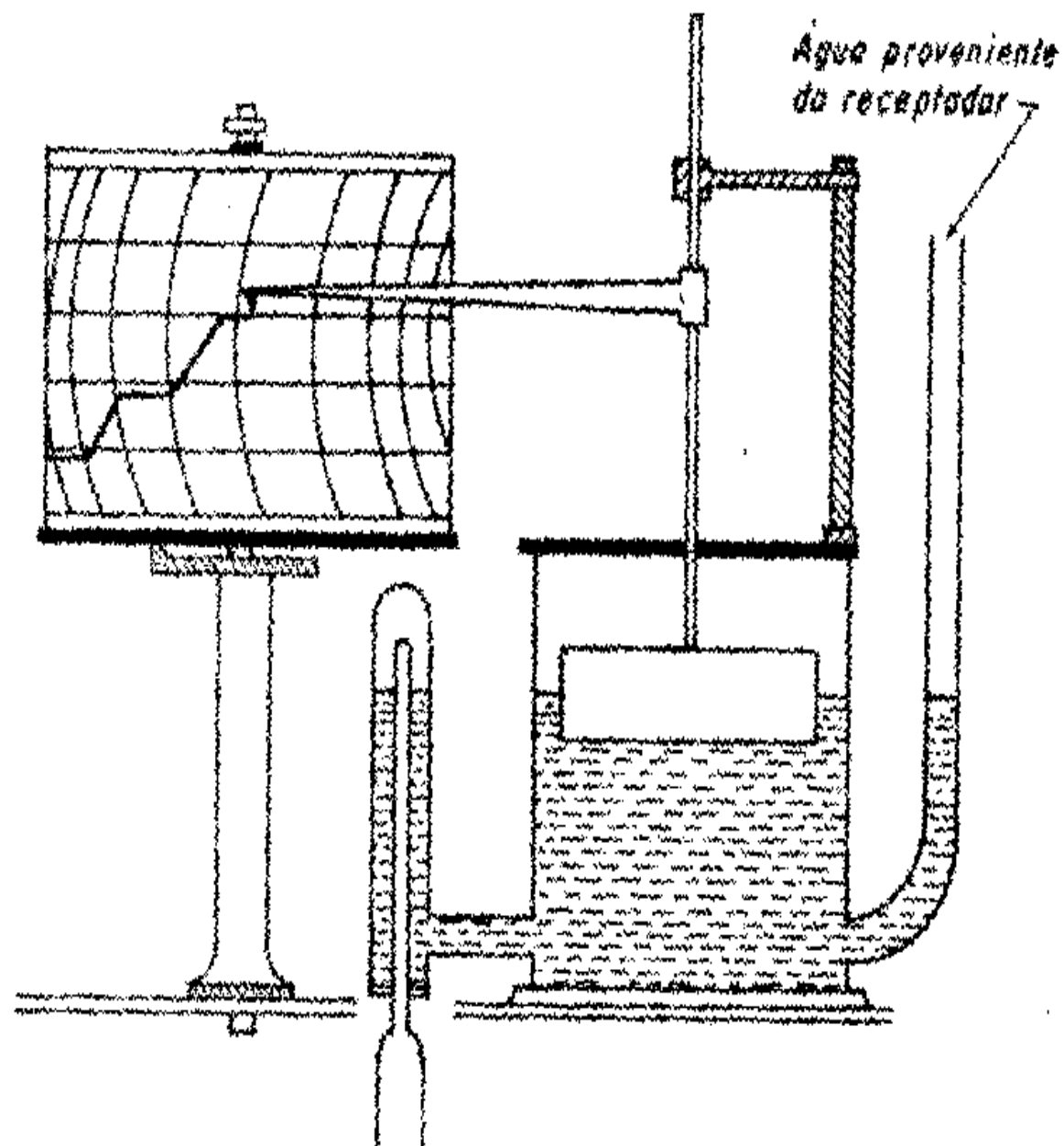


1,0 mm = 1 litro/m²

A precipitação/altura de chuva é dada em mm

Pluviógrafo

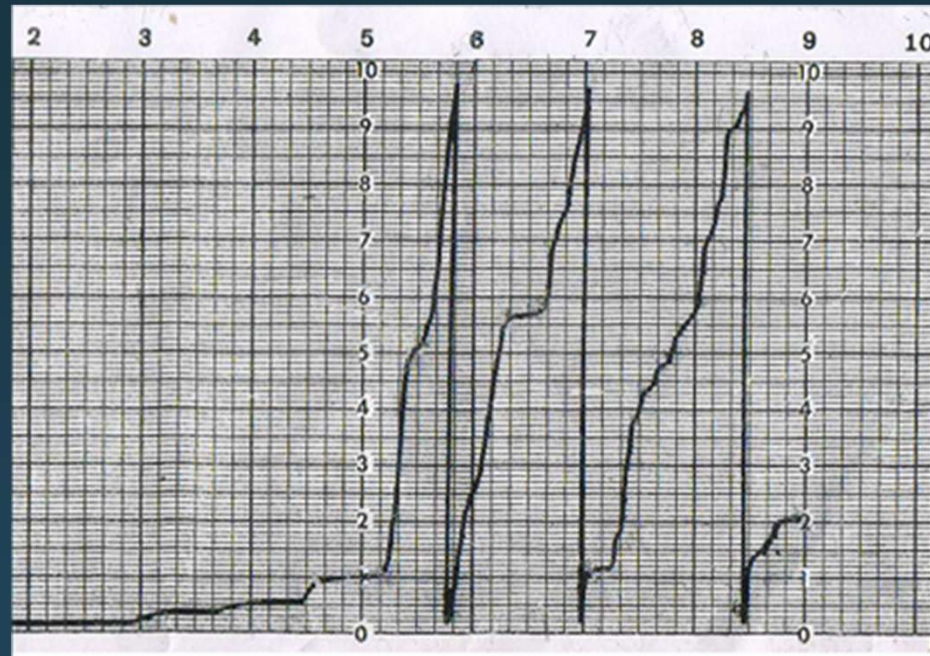
- **Pluviógrafo - é o instrumento que registra a quantidade, duração e intensidade da chuva caída em determinado lugar**



Esquema do princípio de funcionamento do pluviômetro de flutuador. Sistema Richard.

Registro da Chuva no tempo

Pluviograma



Pluviógrafo

R\$ 1.598 /unidade

impostos não incluídos

Tempo de entrega: **sob demanda**

Envio para: **O mundo todo**



Maio de 2021

PLUVIÓGRAFO - P300

Diferencial: Robustez para o campo, 1 ano de garantia e assistência técnica.

DETALHES DO PRODUTO

O P300 é um equipamento que tem por finalidade medir e registrar, de hora em hora, os dados referentes à precipitação, fornecendo no visor a precipitação diária. Também permite visualizar os dados no computador por meio de um software exclusivo.

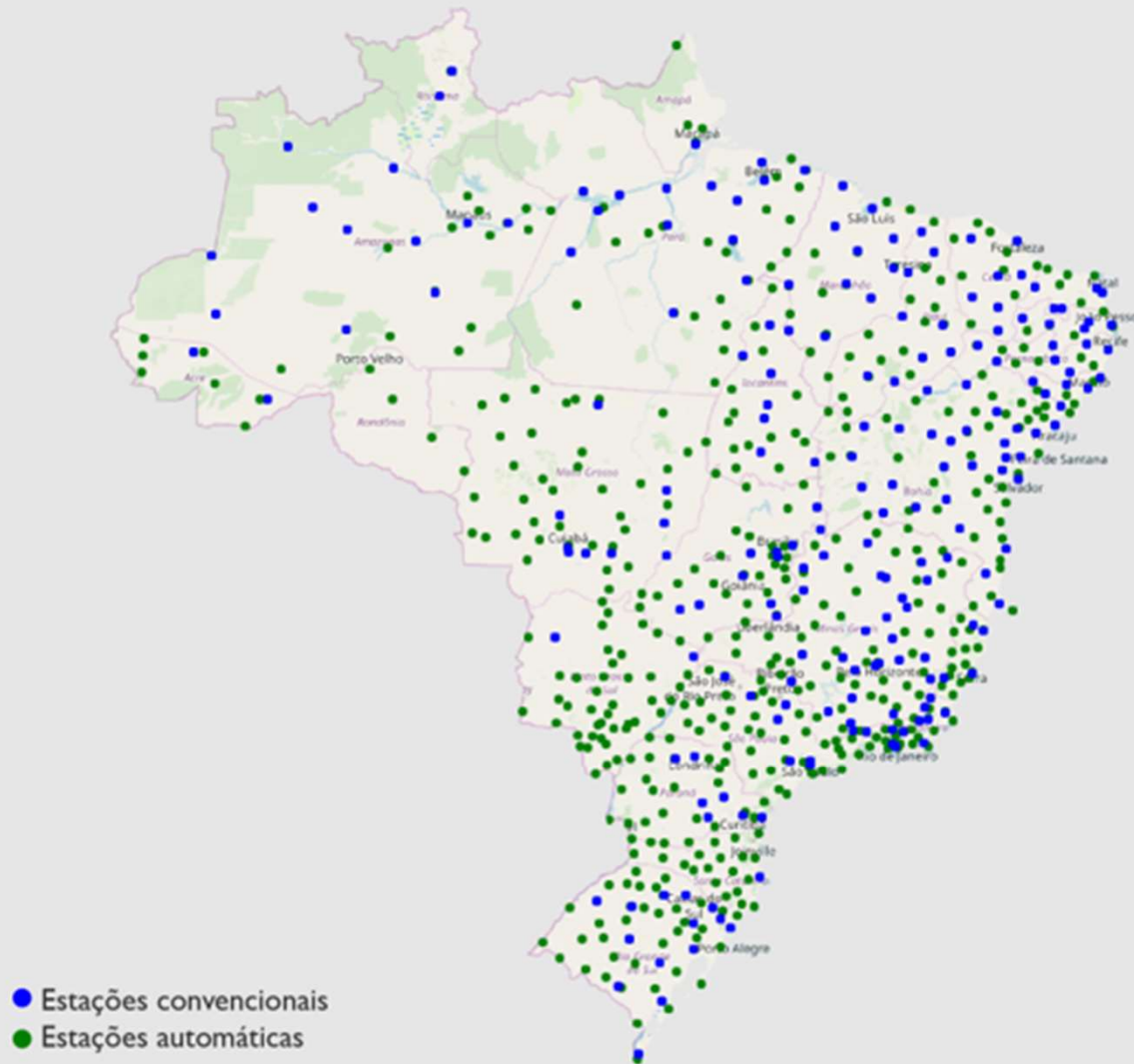
Consulte o preço pelo fale conosco ou pelo email: vendas@irriplus.com.br

CARACTERÍSTICAS

Variáveis meteorológicas	Precipitação
Resolução dos dados	Precipitação: 0,33 mm;
Intensidade máxima de precipitação testada	200 mm/hora
Área representativa do funil	327 cm ²
Alimentação	Bateria Irriplus, 3 pilhas D de 1,5 V (total de 4,5 V) – Duração de 6 meses
Software	IRRIPLUS Equipamentos
Máximo registro de dados	365 dias
Protocolo de comunicação	Rs232-USB

ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS DO BRASIL

Fonte: INMET



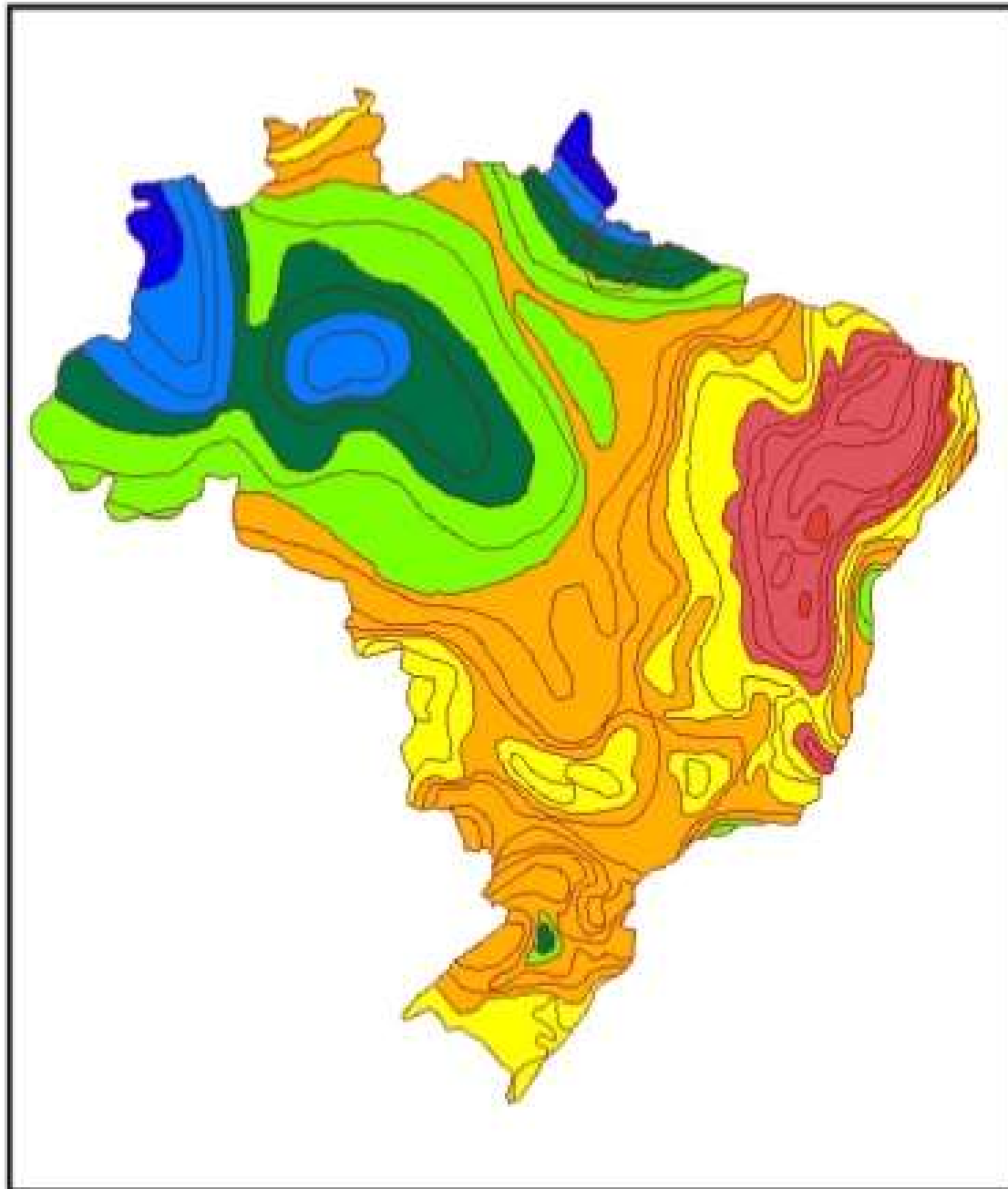
Precipitação Média Anual

LEGENDA

- <600mm
- 600–1000mm
- 1000–1400mm
- 1400–1800mm
- 1800–2200mm
- 2200–2600mm
- 2600–3000mm
- >3000mm

0 50 100 150 200 km
ESCALA APROXIMADA

Mapa elaborado com dados de clima apresentados pelo IBGE (1993).



PLUVIOSIDADE MÉDIA ANUAL DAS REGIÕES DO BRASIL

Fonte: INPE



Duração do Período Chuvoso

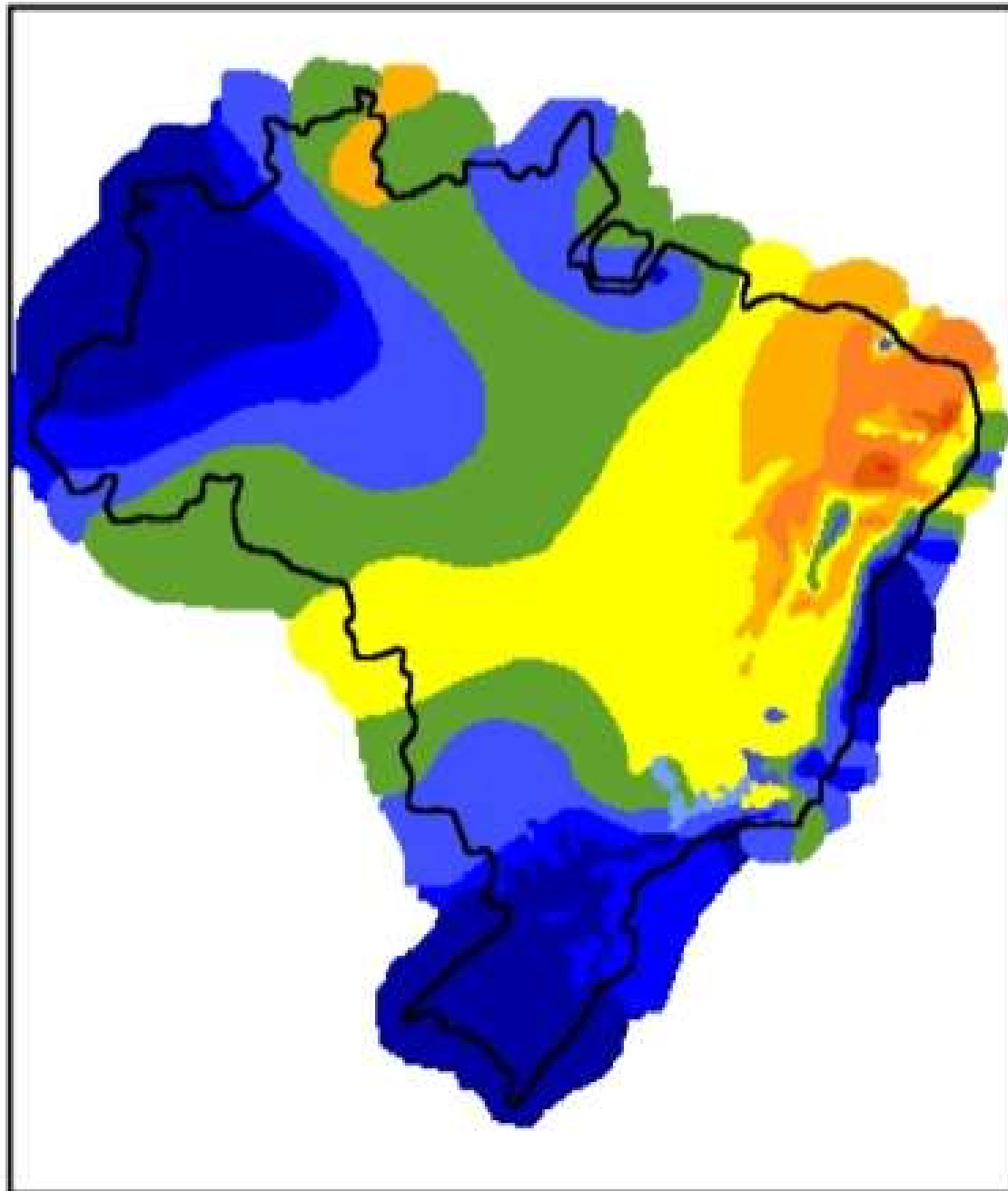
LEGENDA

- 1 mês
- 2 e 3 meses
- 4 e 5 meses
- 6 meses
- 7 e 8 meses
- 9 meses
- 9 a 11 meses
- 10 e 11 meses
- 11 meses
- 12 meses



ESCALA APROXIMADA

Mapa elaborado com dados de clima apresentados pelo IBGE (1993).



Cidades mais Chuvosas do Mundo

1º- Mawsynram (Índia), média de 11.870 mm/ano.

2º- Tutunendo (Colômbia), média de 11.780 mm/ano.

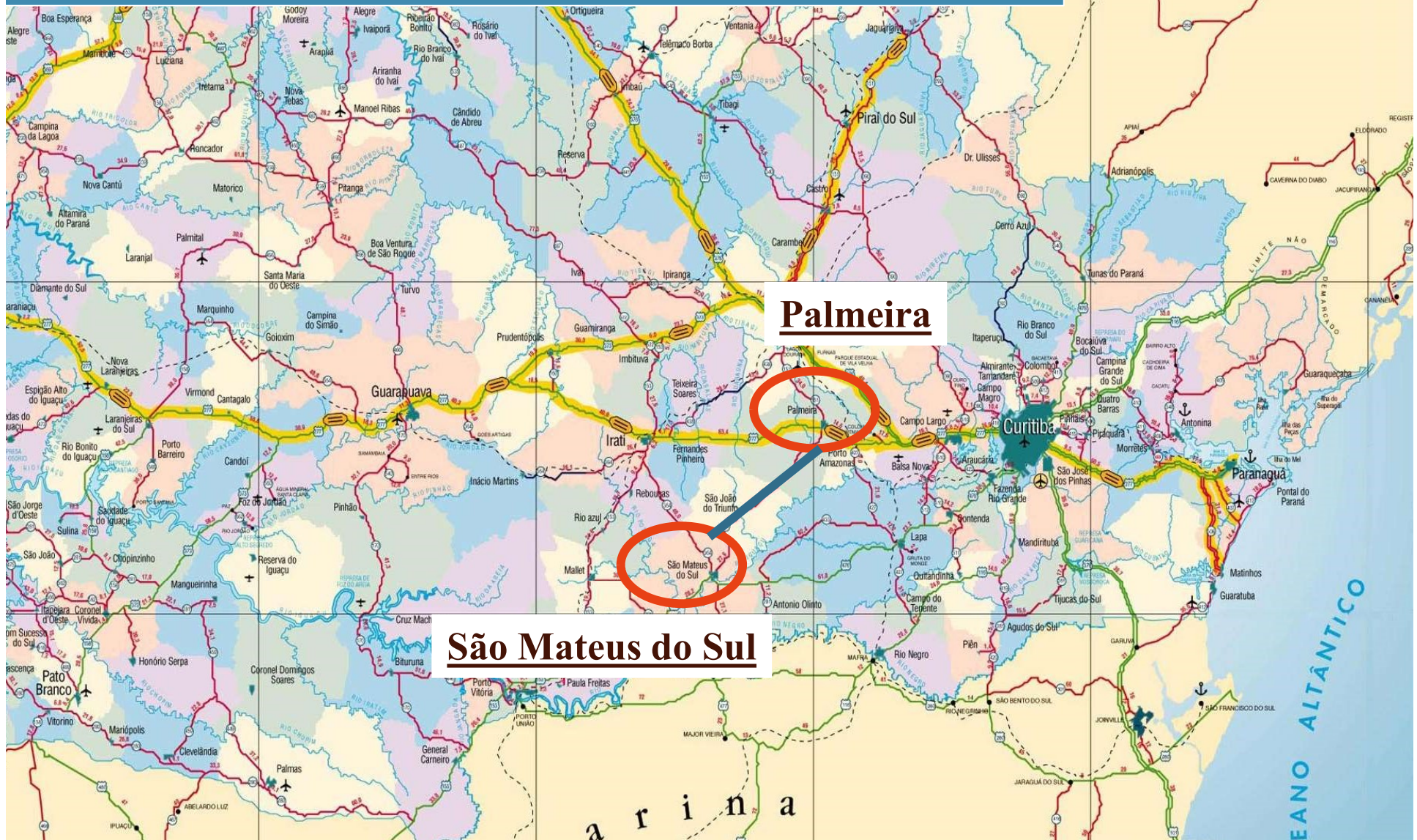
3º- Cherrapunji (Índia), média de 11.750 mm/ano.

4º- Cropp River (Nova Zelândia) média de 11.515 mm/ano.

5º- San Ant. Ureca (Guiné Equatorial) média:10.455 mm/ano.

Segundo a Embrapa, a cidade mais chuvosa do Brasil é **Calçoene**, no estado do Amapá, onde a pluviosidade é de **4.160 mm/ano.**

Definição do Posto representativo e Coleta dos dados



ESCOLHA DO POSTO REPRESENTATIVO PARA O PROJETO

O posto pluviométrico/pluviográfico a ser utilizados nos estudos, deverá possuir um número de observações (série histórica) **igual** ou **superior** a **15 anos**.

Processamento dos dados Pluviométricos

“RESUMO”

Processamento dos dados Pluviométricos

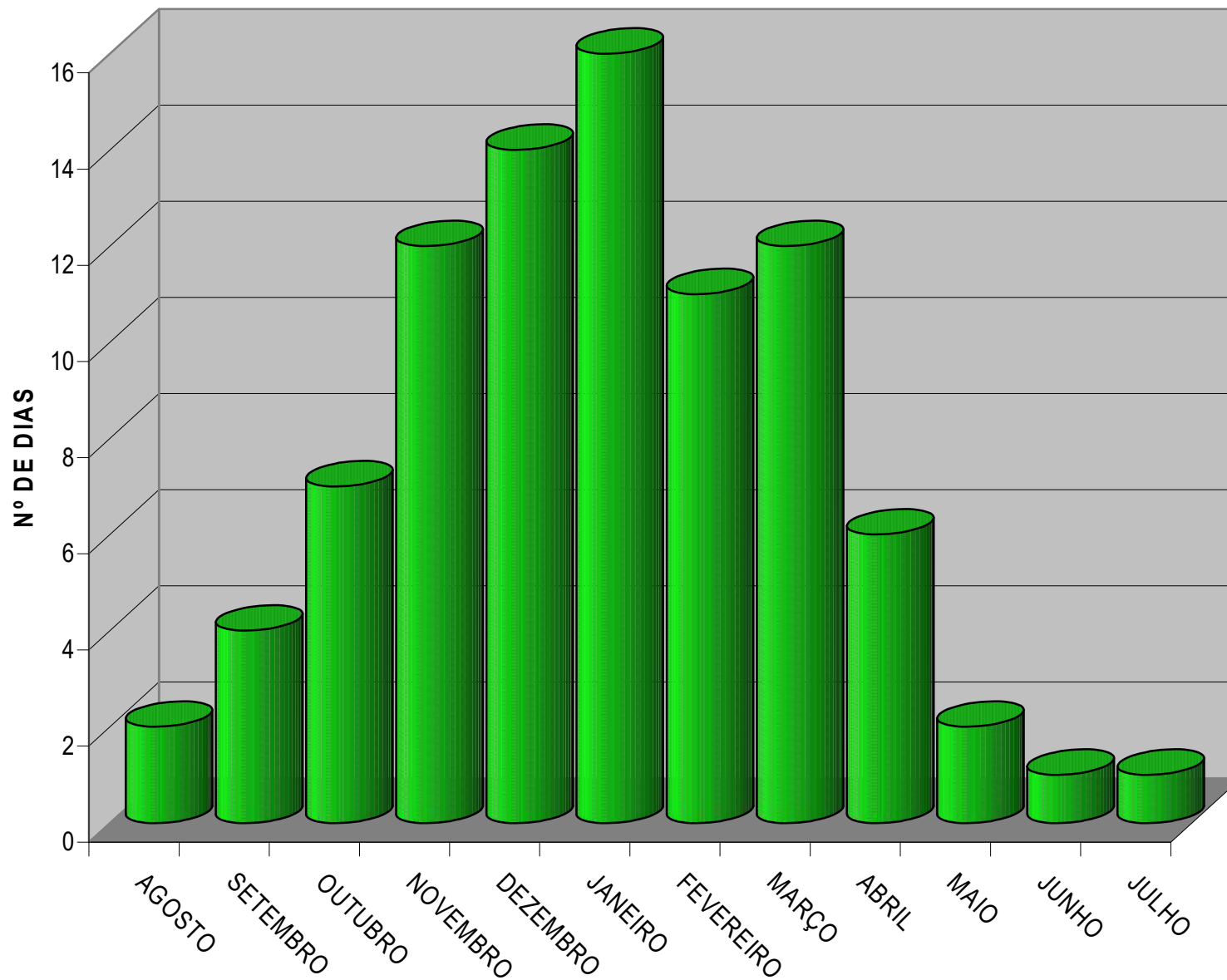
O processamento dos dados de chuva, tem como objetivos:

- apresentar os quadros resumos das **Médias dos Dias de Chuvas Mensais e Anuais;**



DIAS DE CHUVAS MENSAIS

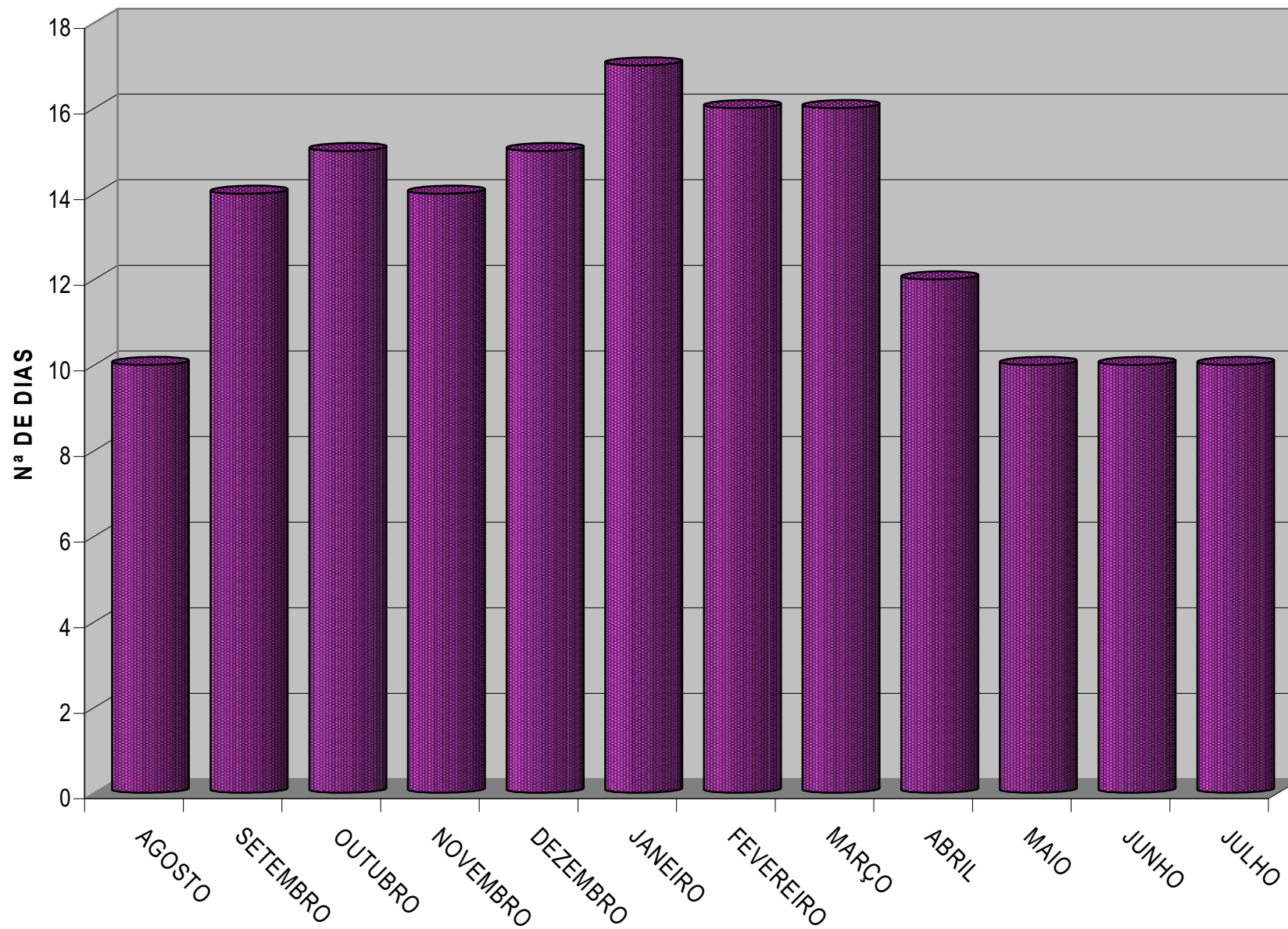
POSTO: CROMÍNIA - GO



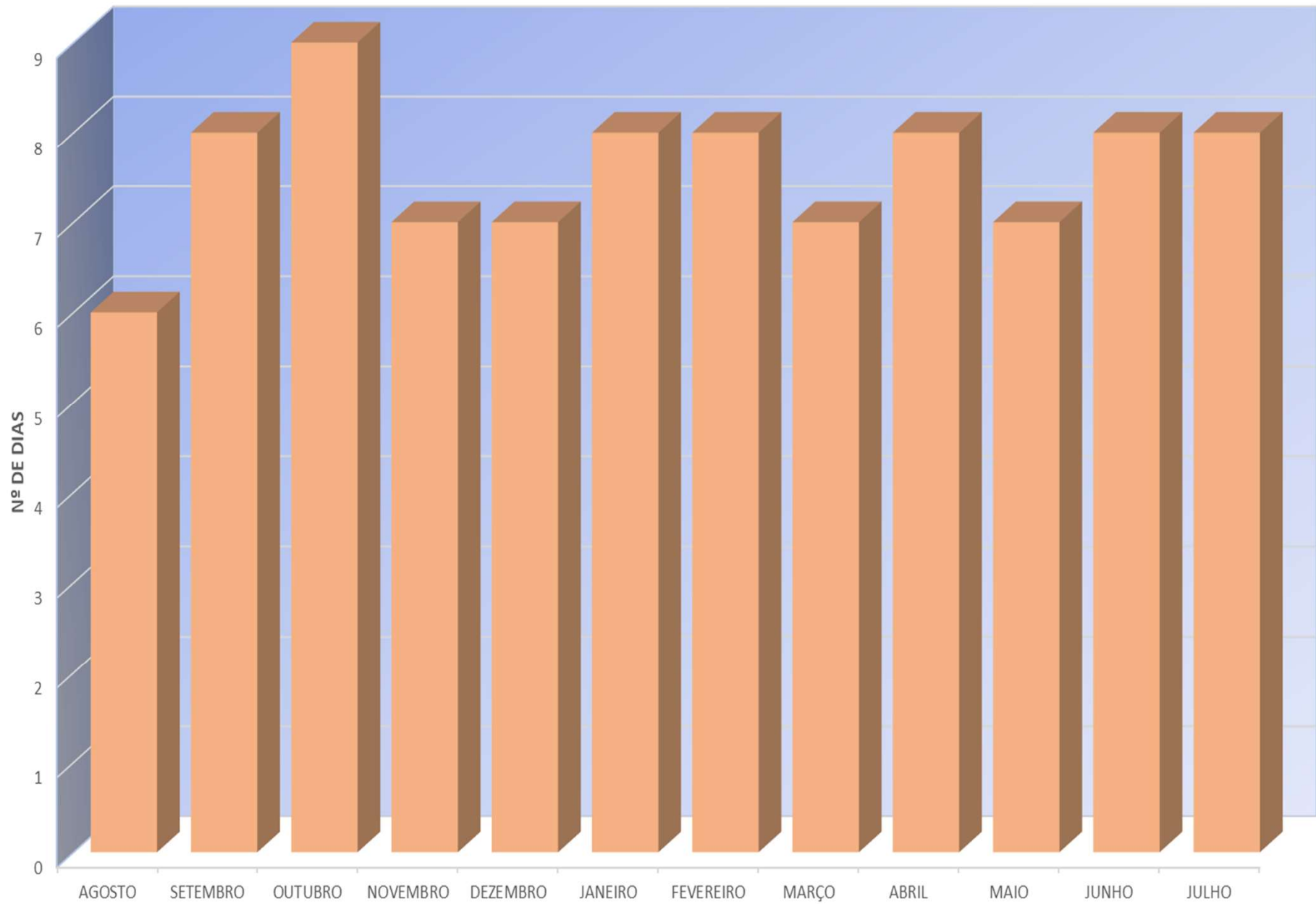


DIAS DE CHUVAS MENSAIS

POSTO: BLUMENAU - SC

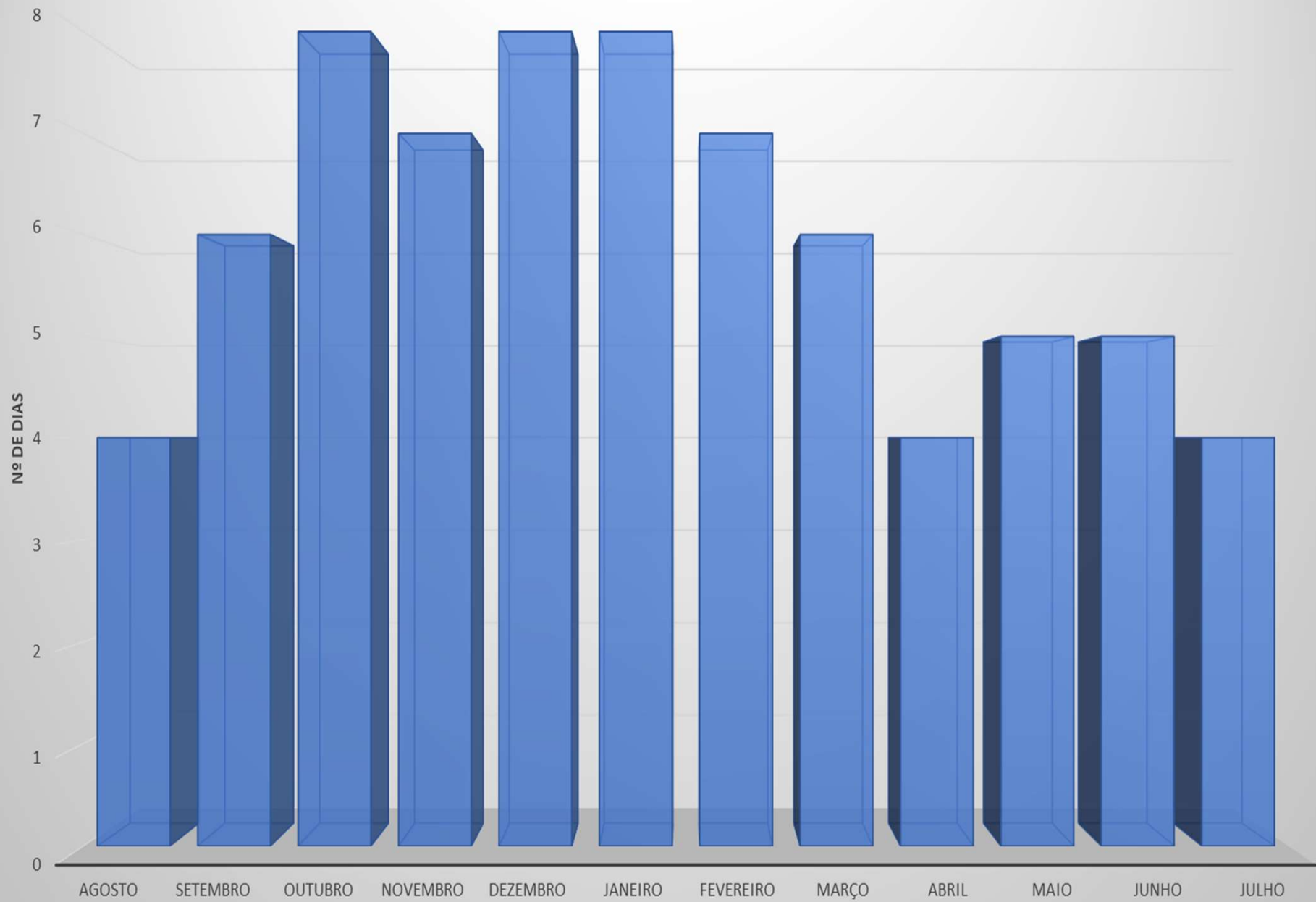


DIAS DE CHUVAS MENSAIS
POSTO: MANOEL VIANA - RS



DIAS DE CHUVAS MENSAIS

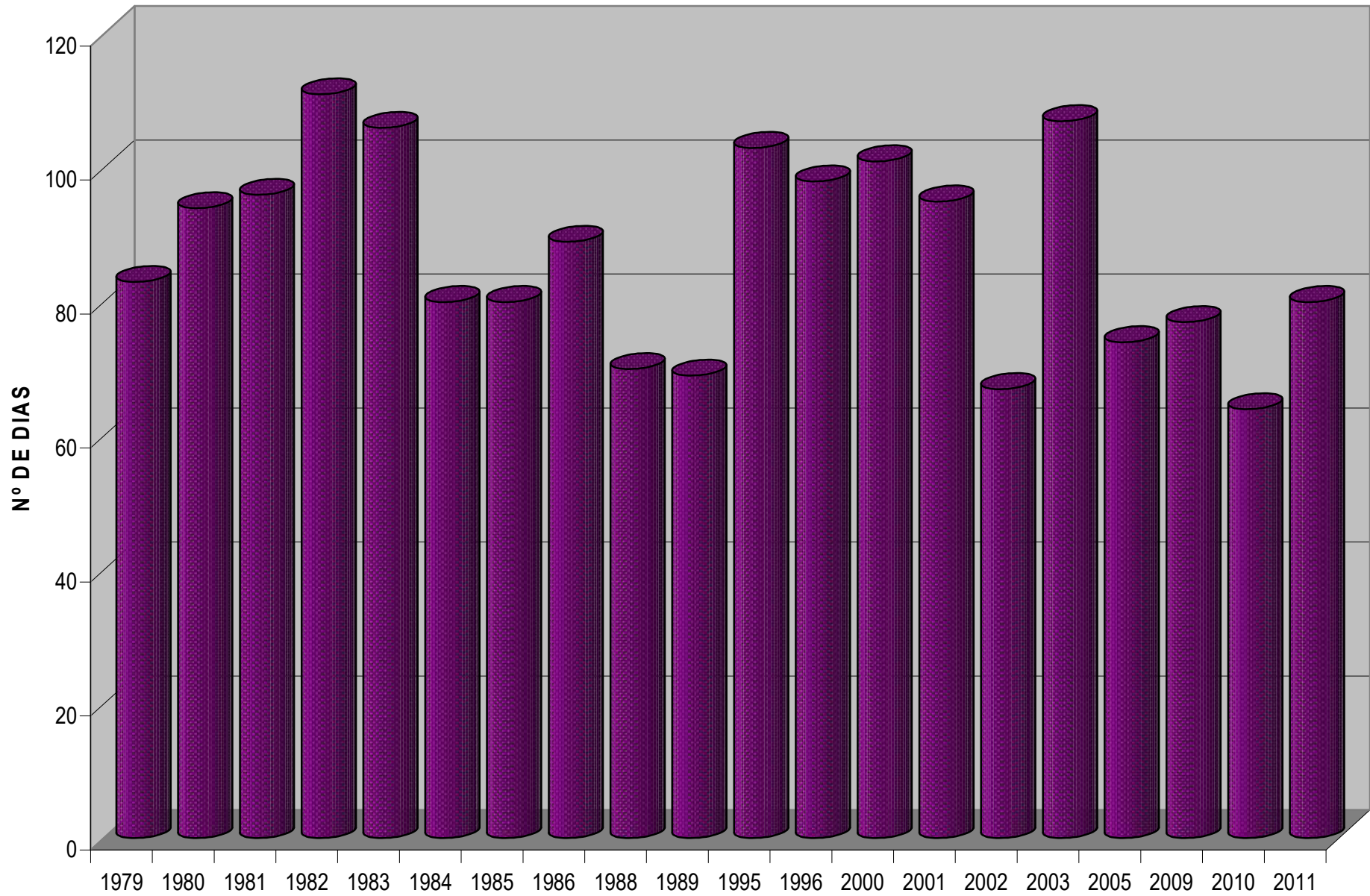
POSTO: CRUZEIRO DO OESTE - PR





DIAS DE CHUVAS ANUAIS

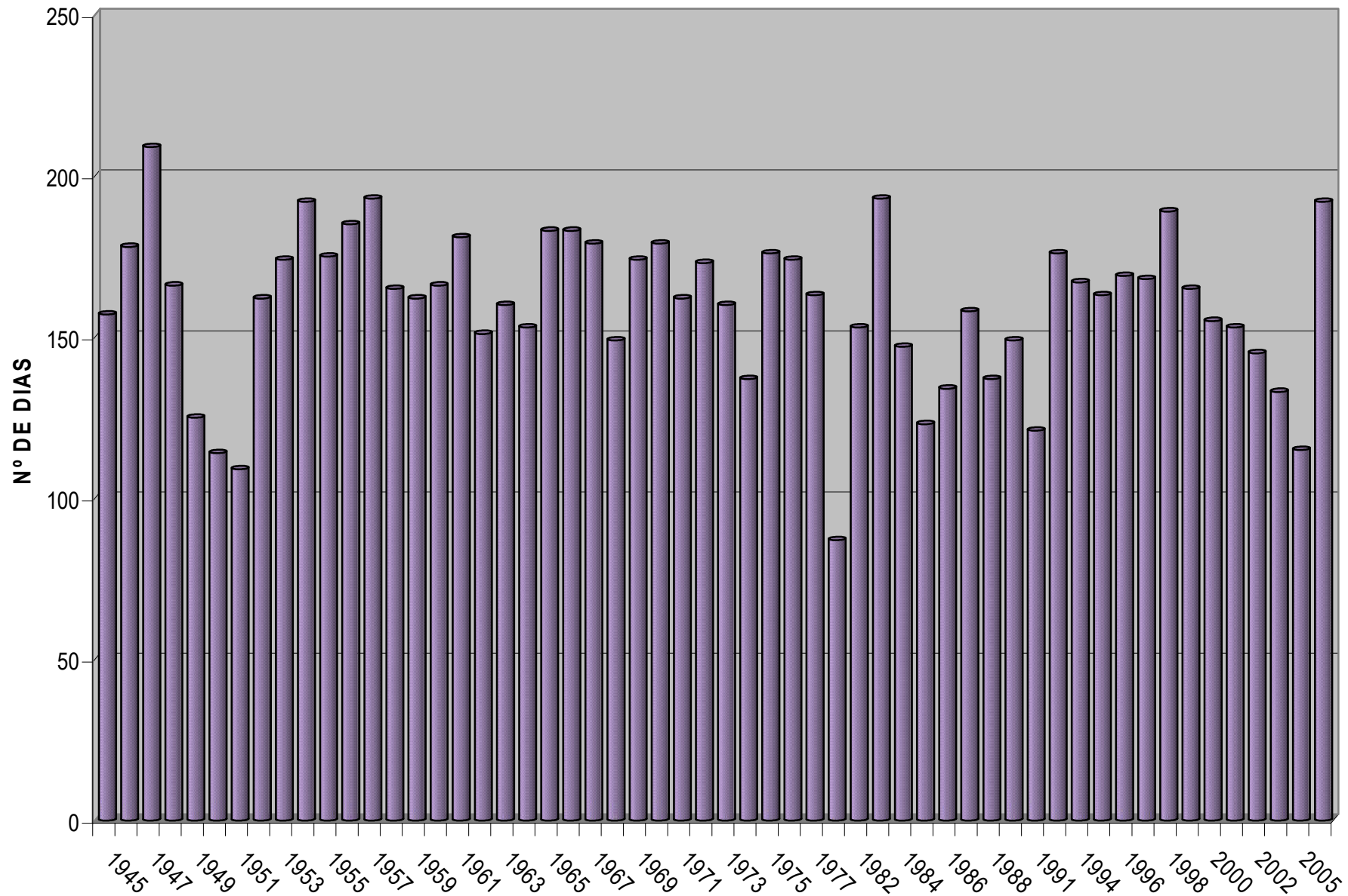
POSTO: CROMÍNIA - GO





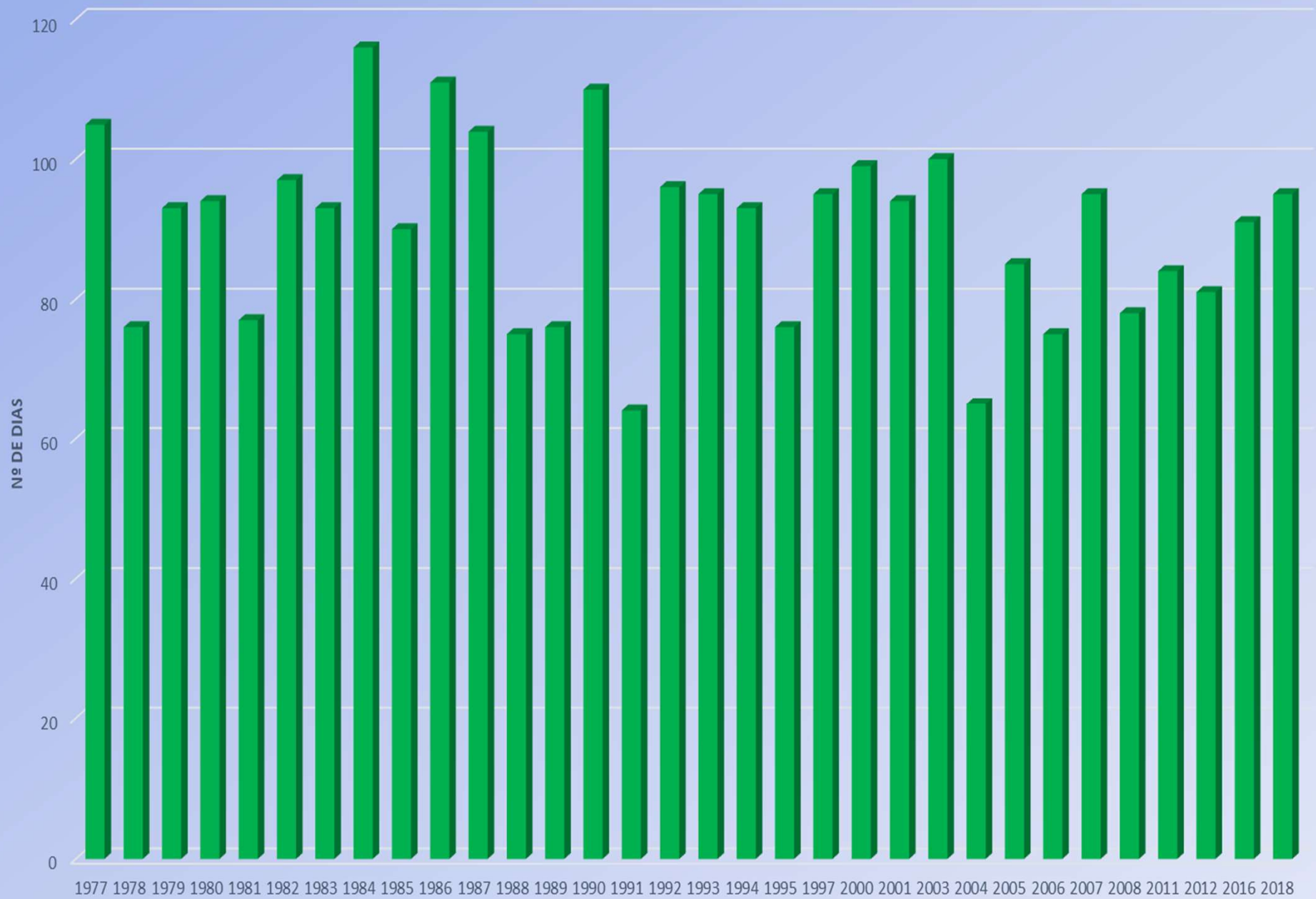
DIAS DE CHUVAS ANUAIS

POSTO BLUMENAU -SC



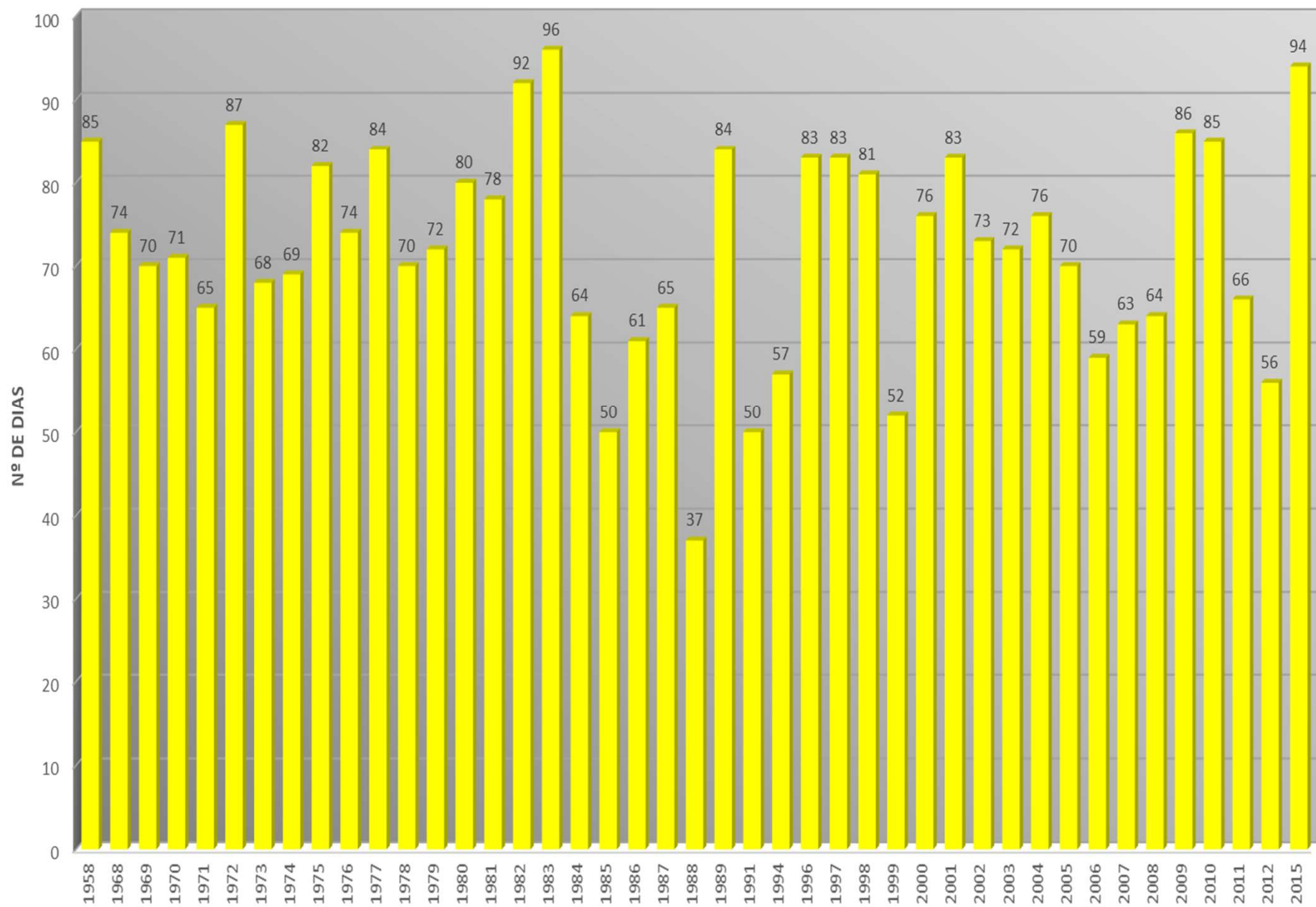
DIAS DE CHUVAS ANUAIS

POSTO: MANOEL VIANA - RS



DIAS DECHUVAS ANUAIS

POSTO: CRUZEIRO DO OESTE - PR

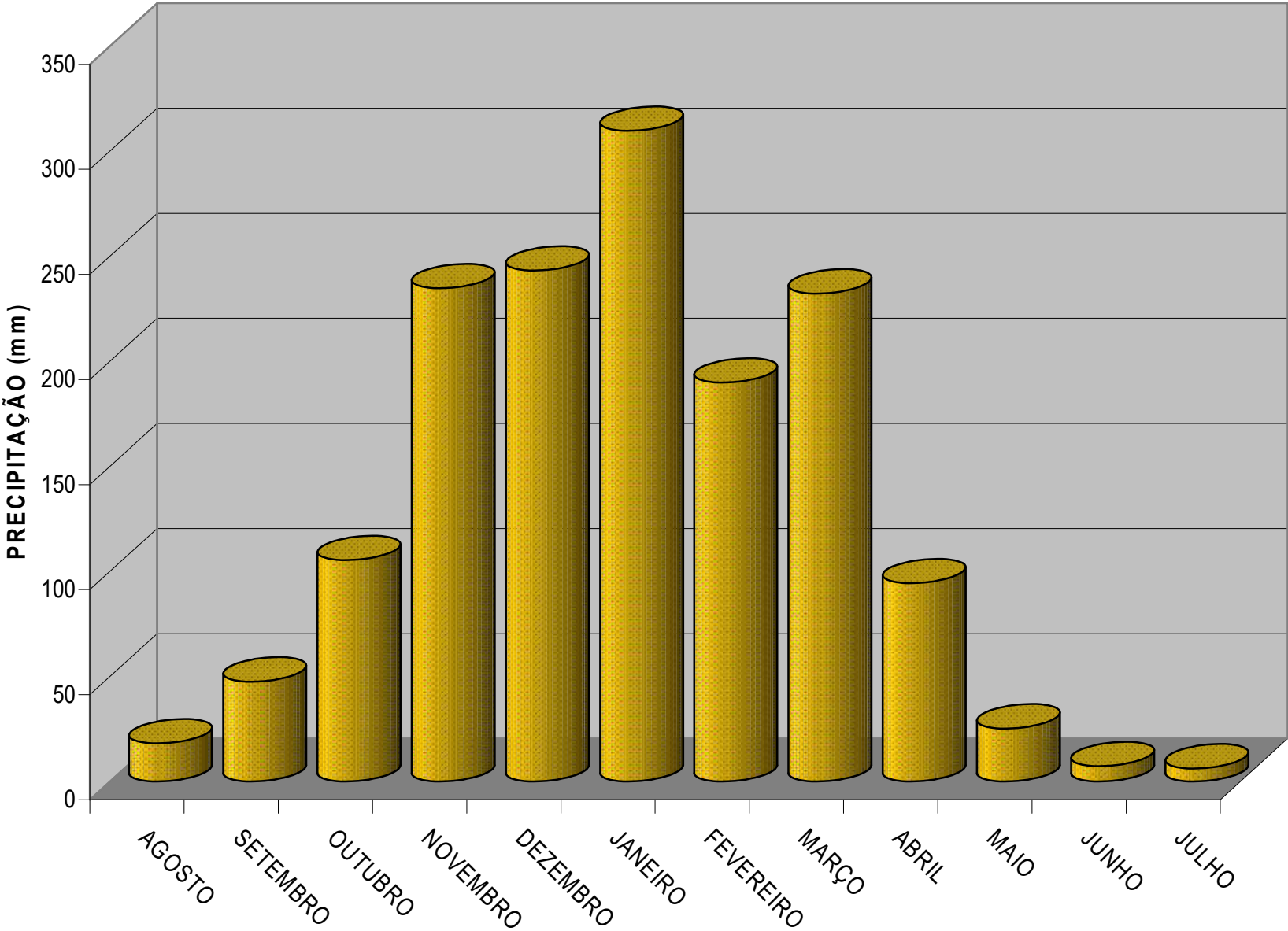


- apresentar os histogramas dos totais **Pluviométricos Mensais e Anuais** (Médias do Histórico);



TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS

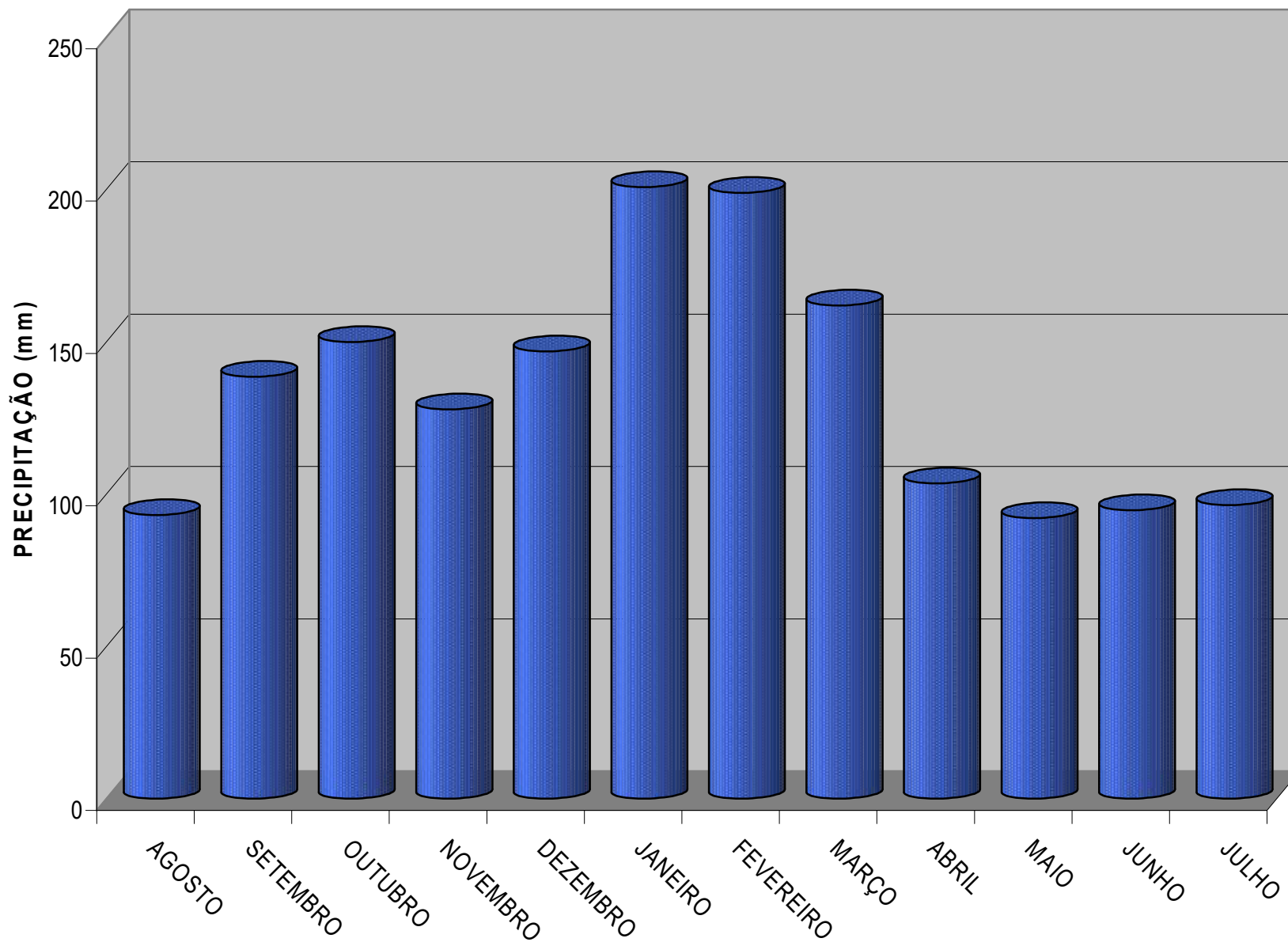
POSTO: CROMÍNIA - GO





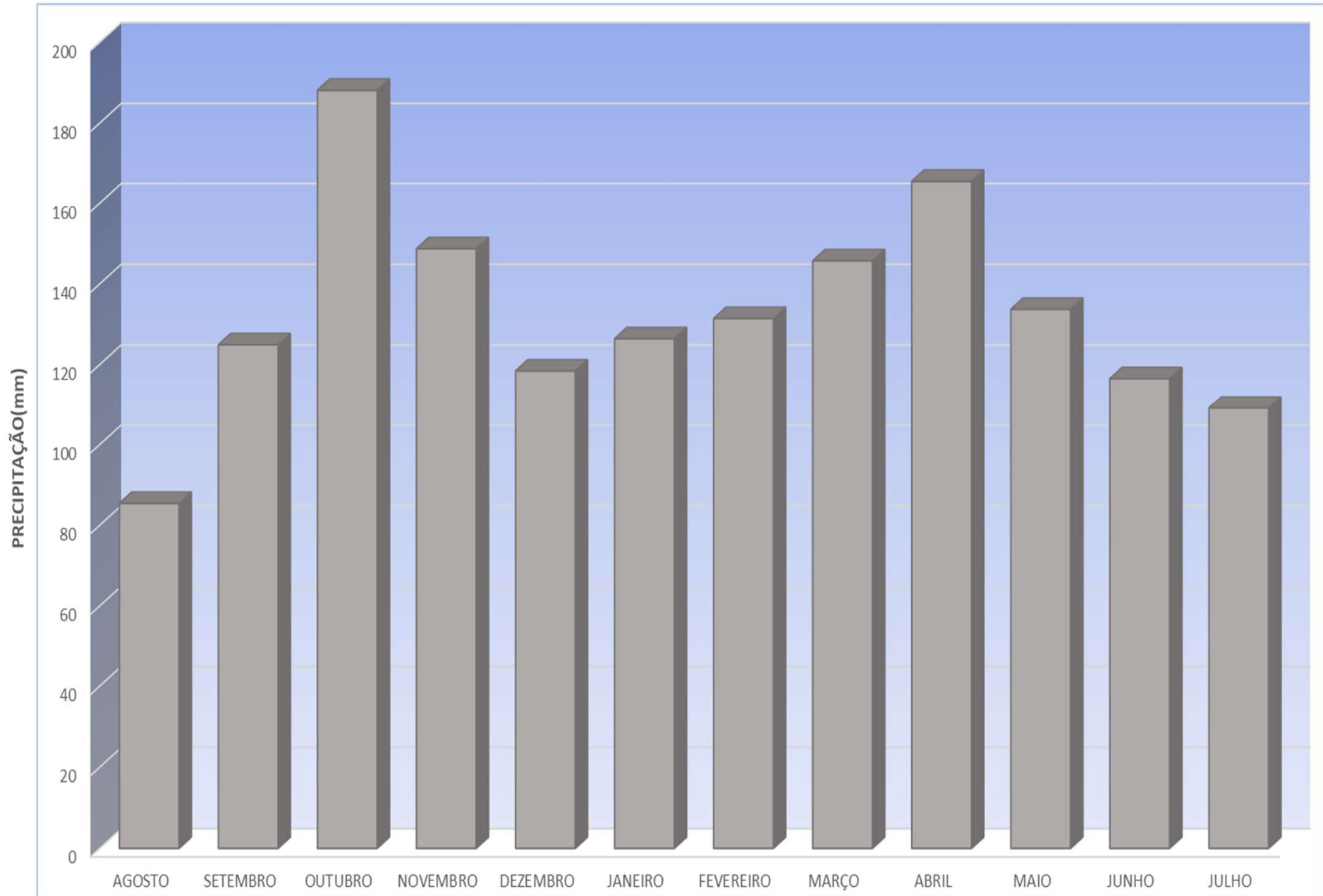
TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS

POSTO: BLUMENAU - SC

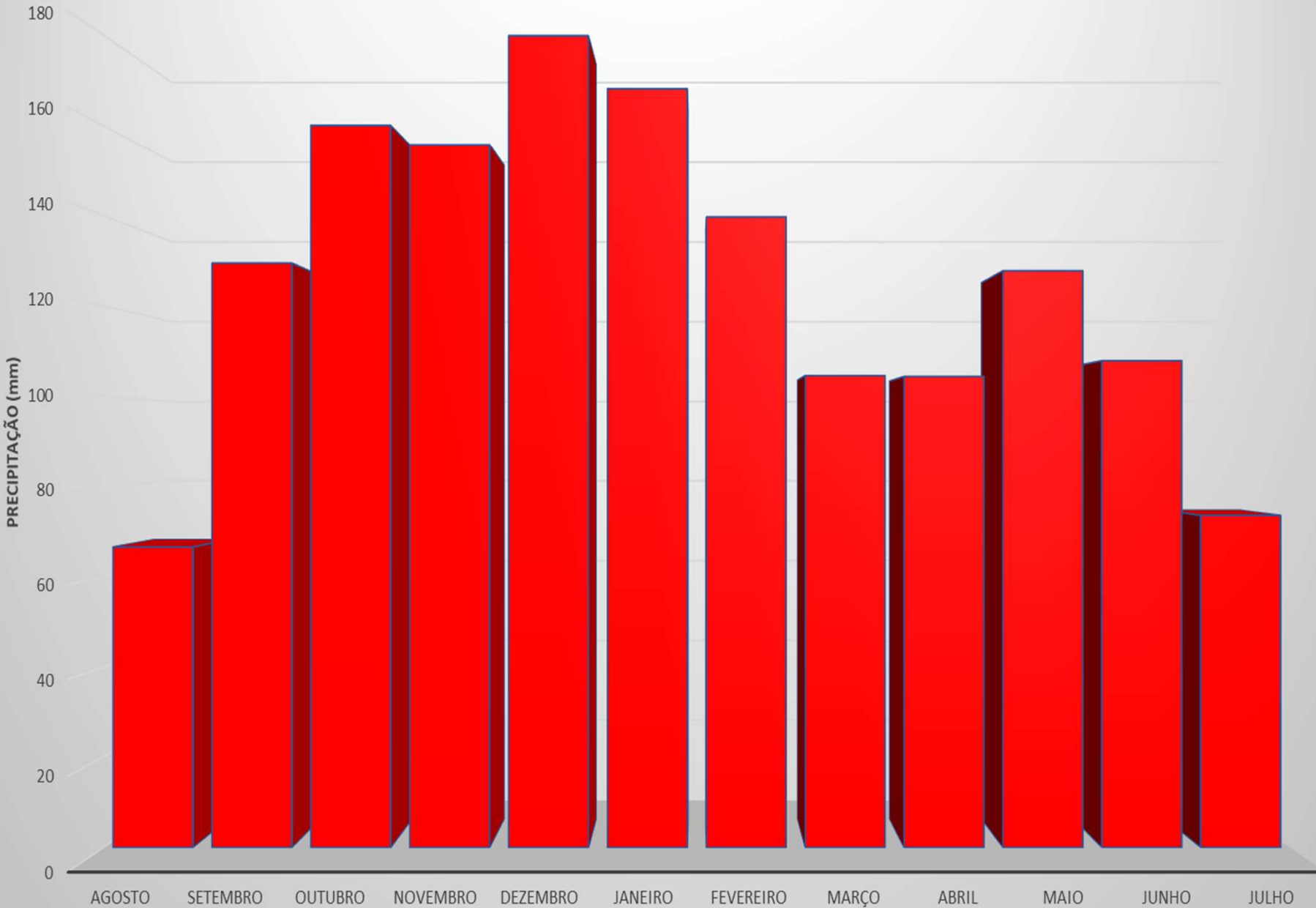


TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS

POSTO: MANOEL VIANA - RS



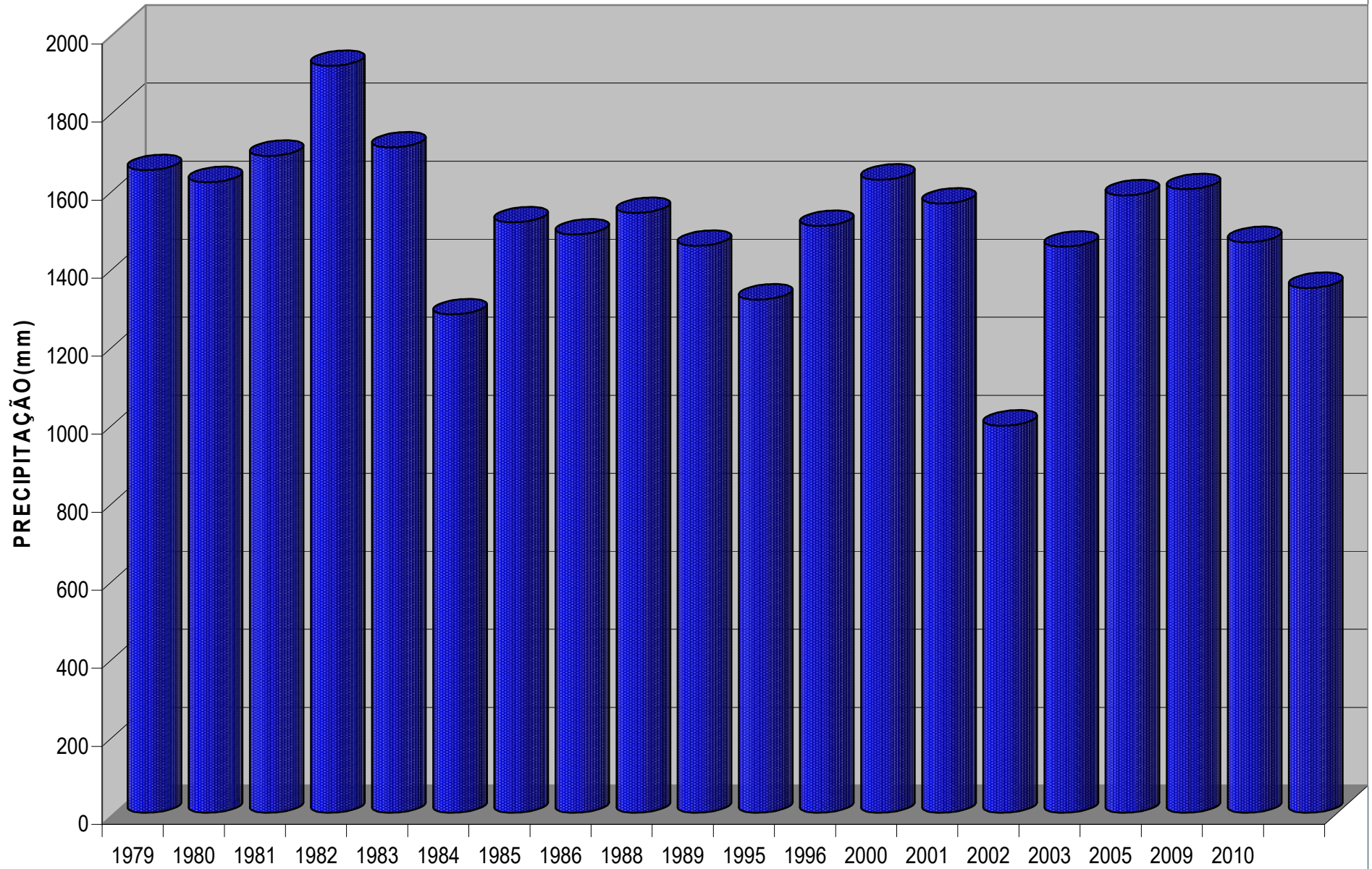
TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS
POSTO: CRUZEIRO DO OESTE - PR





TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS ANUAIS

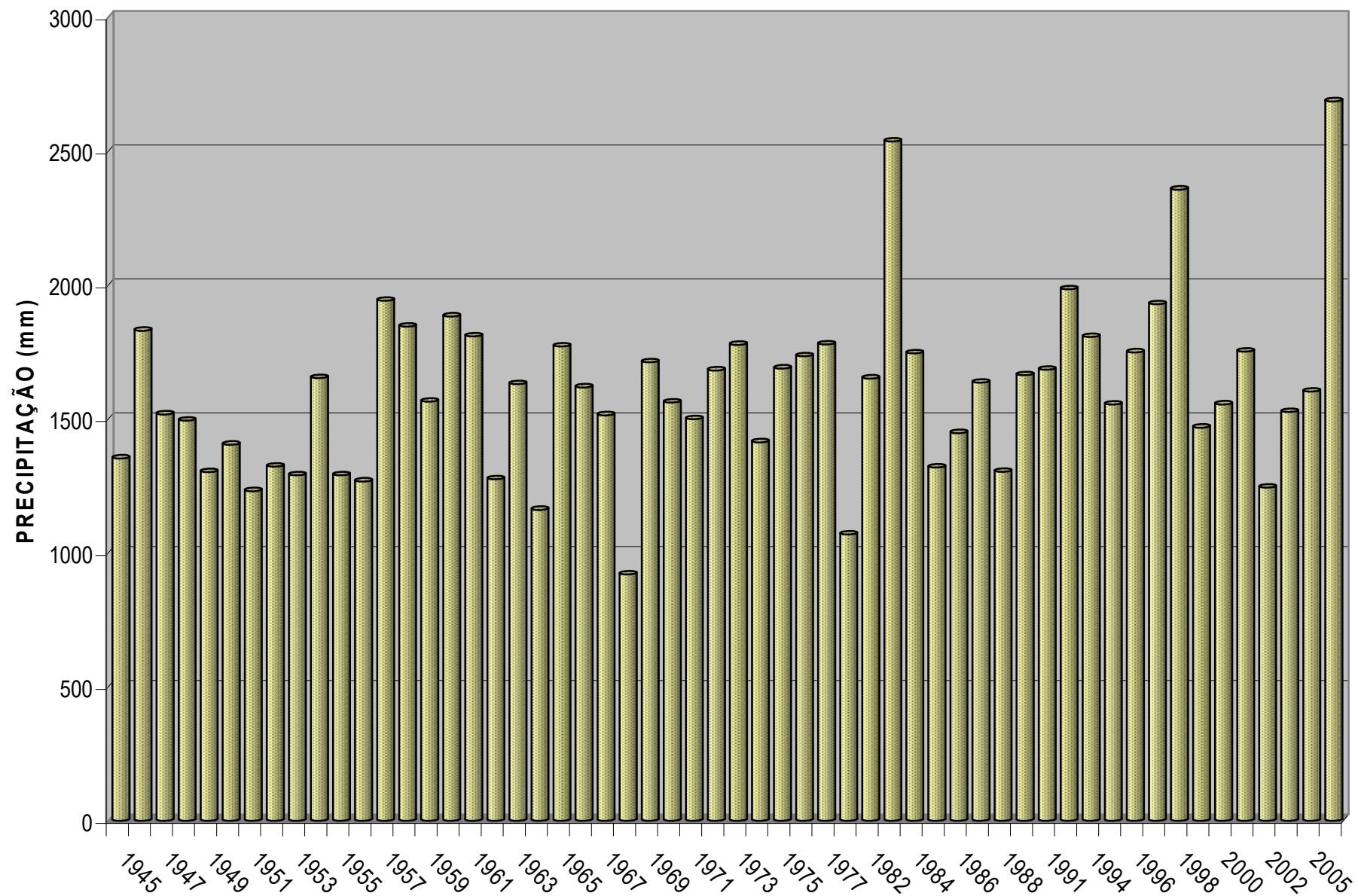
POSTO: CROMÍNIA - GO



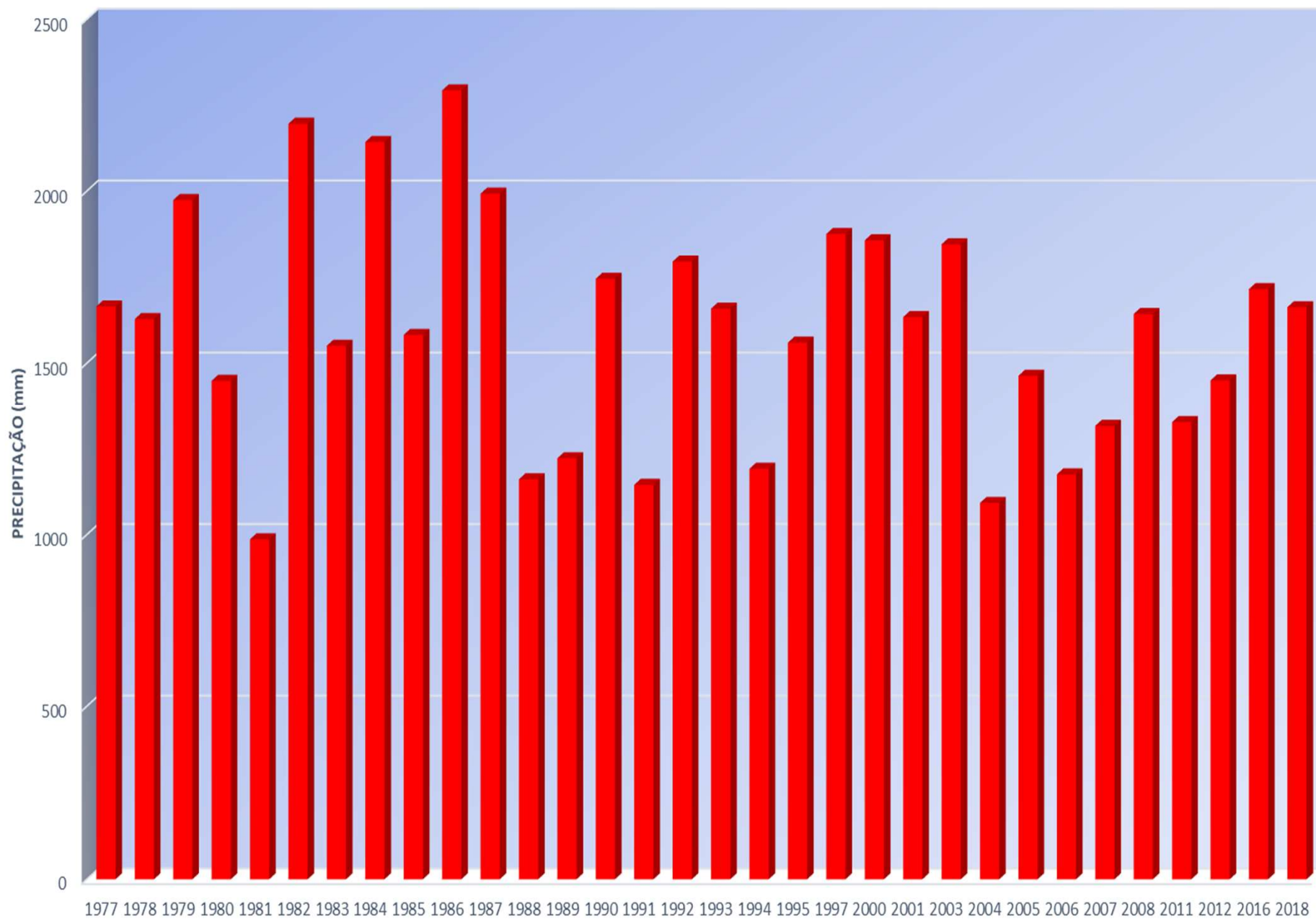


TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS ANUAIS

POSTO BLUMENAU - SC

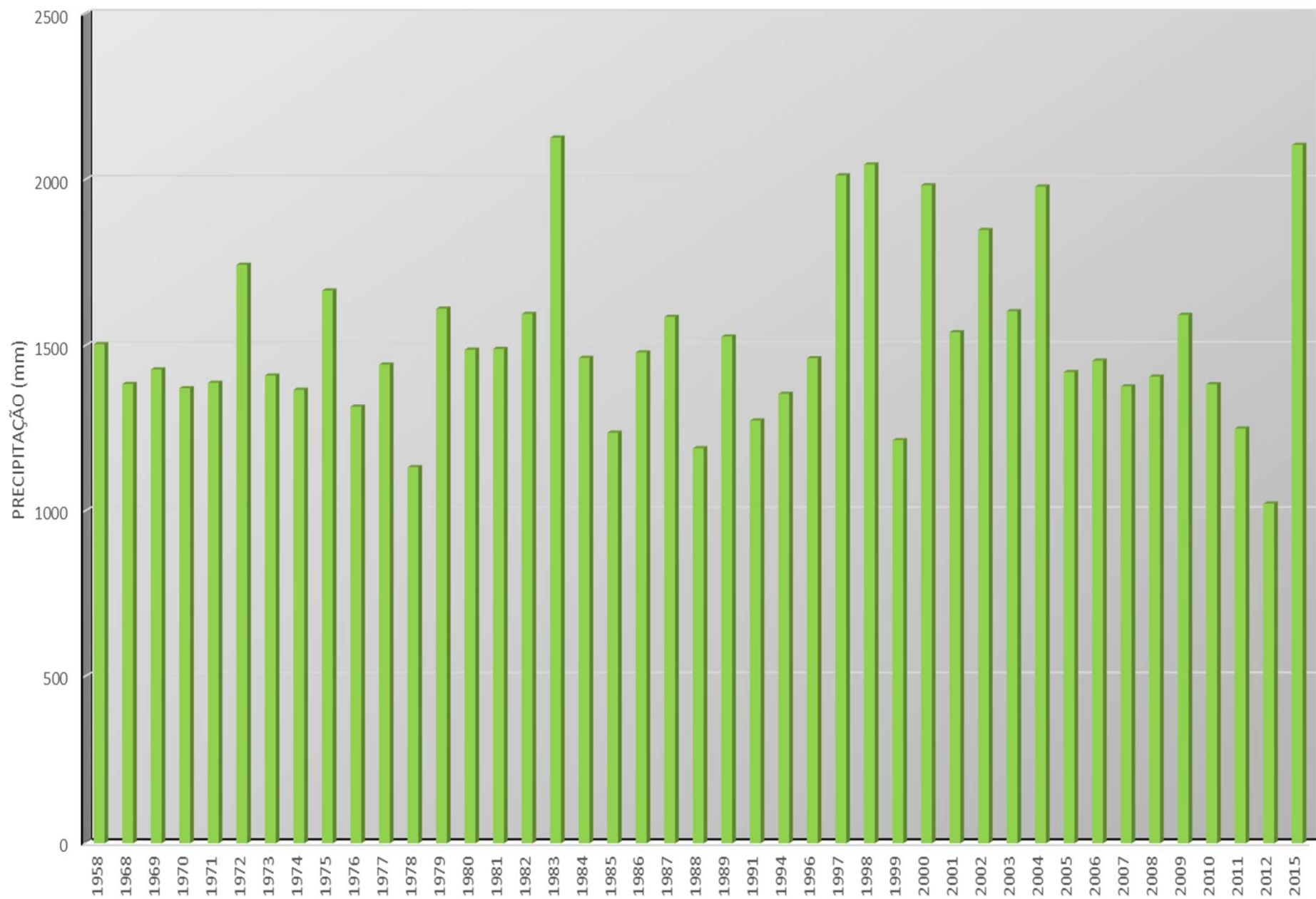


TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS ANUAIS POSTO: MANOEL VIANA - RS



TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS ANUAIS

POSTO: CRUZEIRO DO OESTE

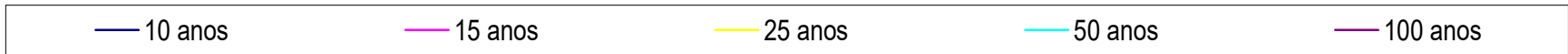
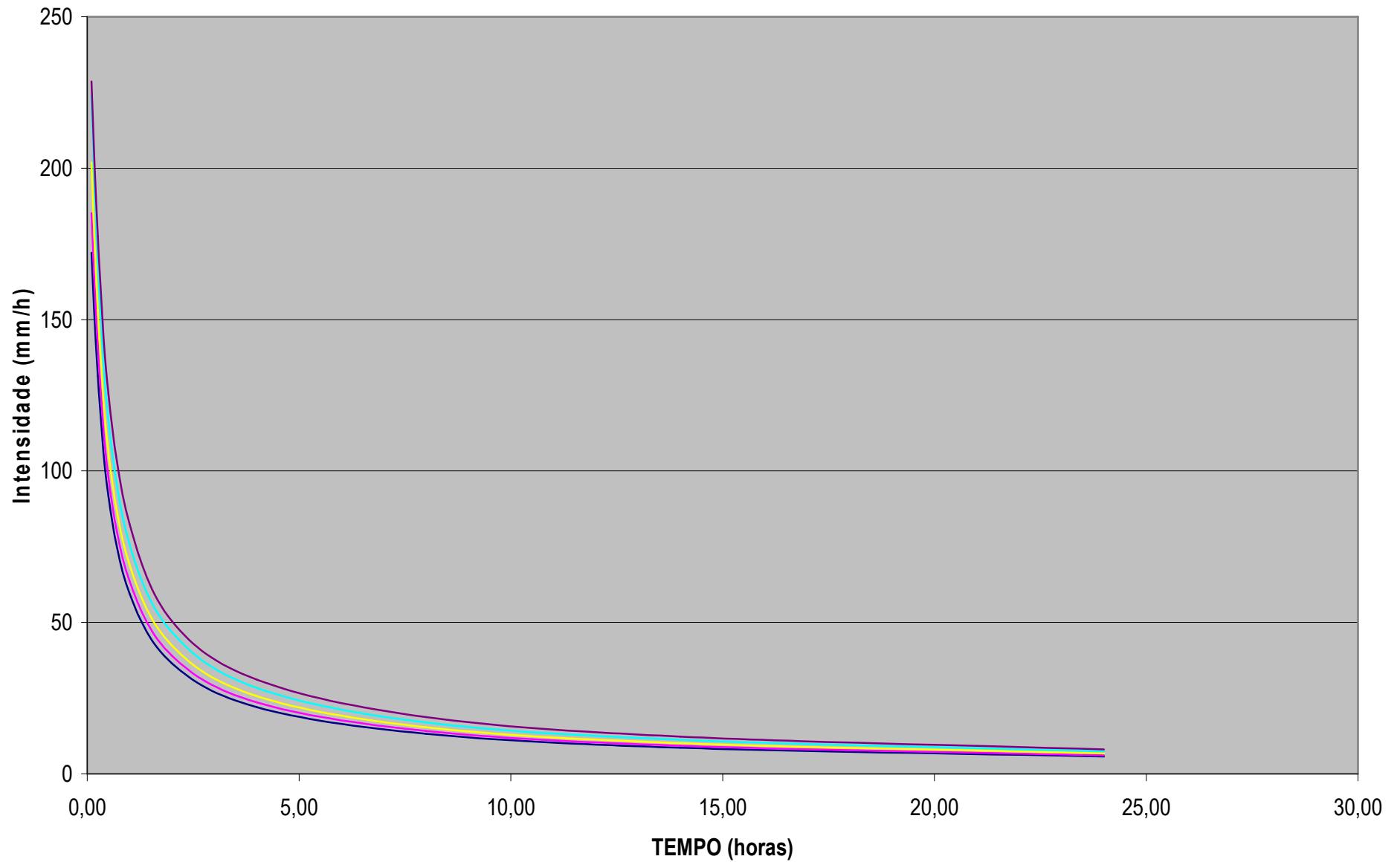


- apresentar as curvas de:
Intensidade x Duração x Frequência



CURVA INTENSIDADE: DURAÇÃO X FREQUENCIA

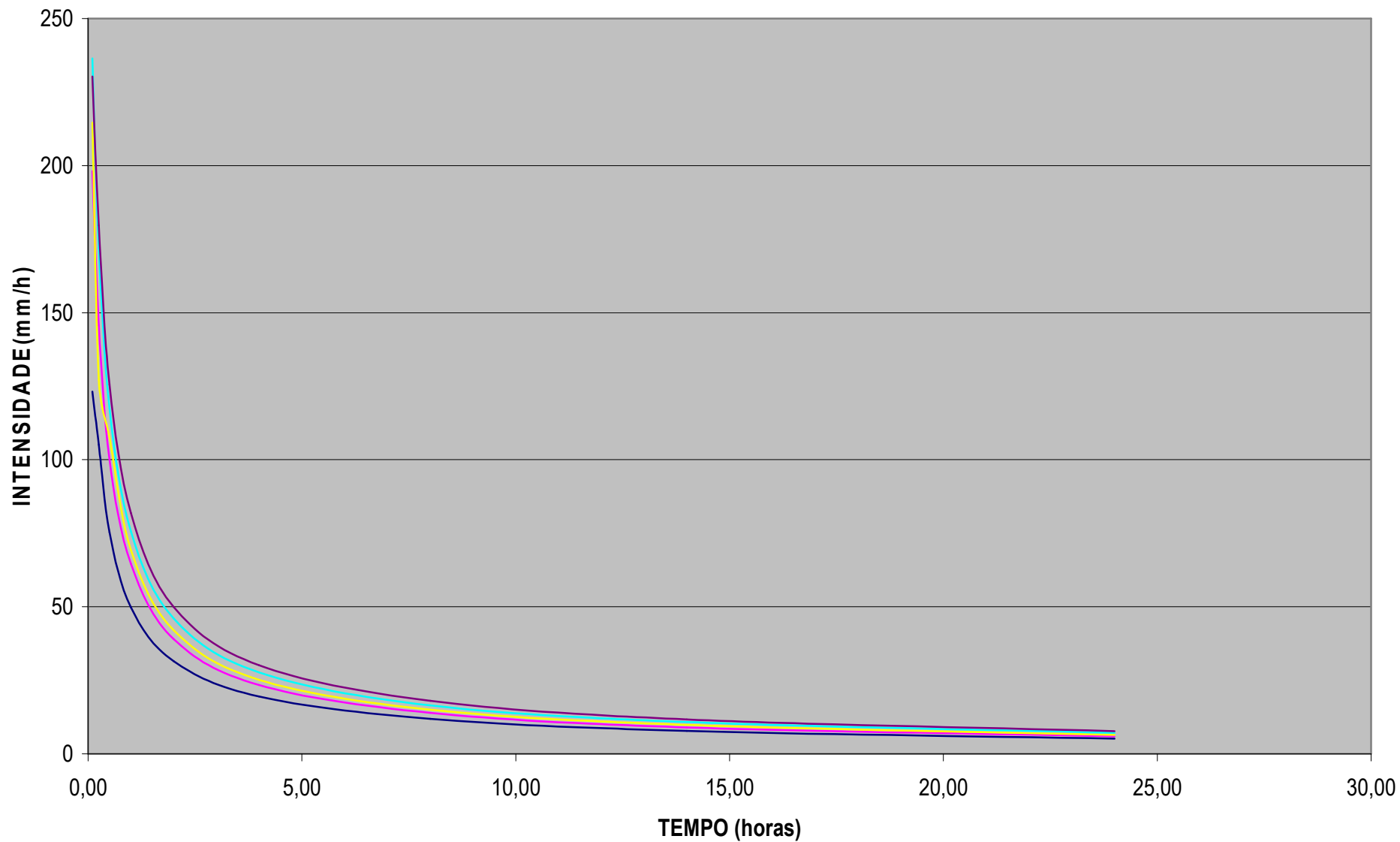
POSTO : CROMÍNIA - GO





CURVA INTENSIDADE: DURAÇÃO x FREQUÊNCIA

POSTO: BLUMENAU - SC



— 10 anos

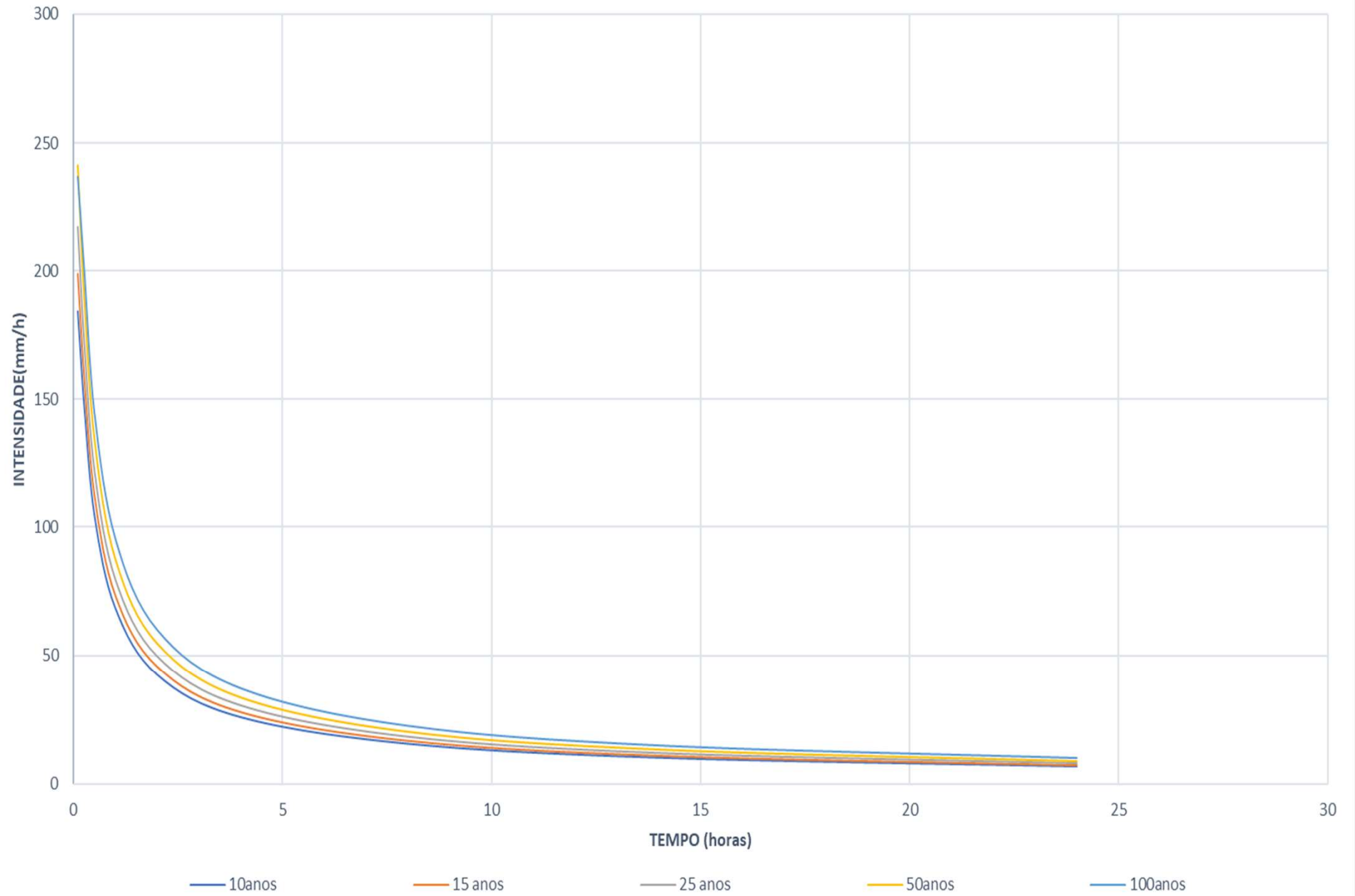
— 15 anos

— 25 anos

— 50 anos

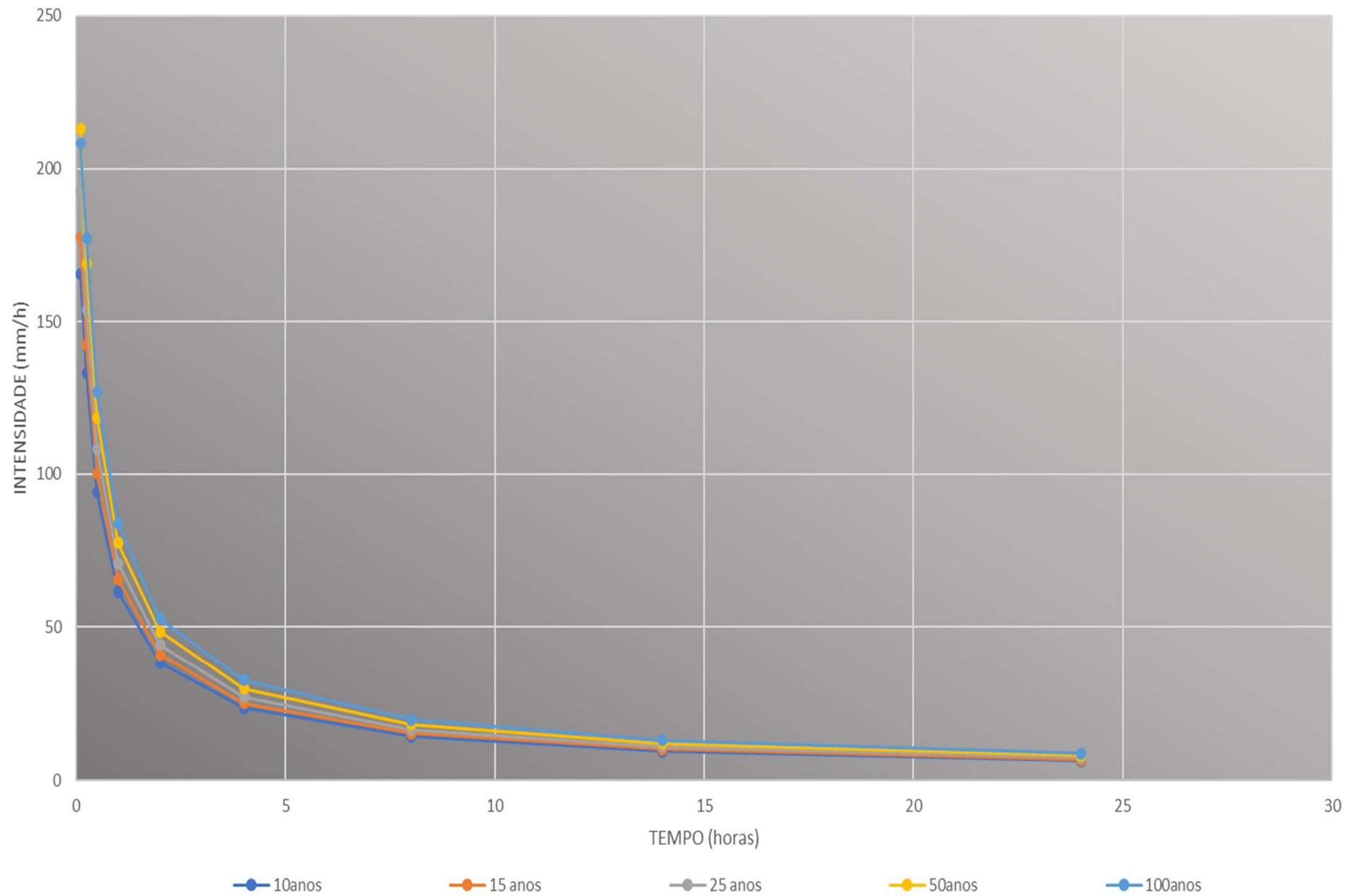
— 100 anos

CURVA INTENSIDADE: DURAÇÃO X FREQUÊNCIA
POSTO: MANOEL VIANA - RS



CURVA INTENSIDADE: DURAÇÃO X FREQUENCIA

POSTO: CRUZEIRO DO OESTE - PR



- obter a **intensidade pluviométrica e a precipitação** relacionada com o tempo de recorrência (T_r) adotado no projeto eo tempo de concentração das bacias(T_c);

TR – 25 ANOS

Tempo	Precipitação	Intensidade	Tempo	Precipitação	Intensidade	Tempo	Precipitação	Intensidade
(min)	(mm)	(mm/h)	(min)	(mm)	(mm/h)	(min)	(mm)	(mm/h)
6	19,0	189,9	48	64,3	80,3	87	78,6	54,2
10	29,3	175,8	49	64,8	79,3	88	78,9	53,8
11	31,3	170,6	50	65,2	78,3	89	79,2	53,4
12	33,1	165,5	51	65,7	77,3	90	79,5	53,0
13	34,8	160,6	52	66,2	76,4	91	79,8	52,6
14	36,4	155,9	53	66,6	75,5	92	80,0	52,2
15	37,9	151,4	54	67,1	74,6	93	80,3	51,8
16	39,3	147,2	55	67,5	73,7	94	80,6	51,4
17	40,6	143,2	56	68,0	72,8	95	80,9	51,1
18	41,8	139,4	57	68,4	72,0	96	81,1	50,7
19	43,0	135,8	58	68,8	71,2	97	81,4	50,3
20	44,1	132,4	59	69,2	70,4	98	81,7	50,0
21	45,2	129,2	60	69,7	69,7	99	81,9	49,6
22	46,3	126,1	61	70,1	68,9	100	82,2	49,3
23	47,2	123,3	62	70,5	68,2	101	82,4	49,0
24	48,2	120,5	63	70,8	67,5	102	82,7	48,6
5	49,1	117,9	64	71,2	66,8	103	82,9	48,3
26	50,0	115,4	65	71,6	66,1	104	83,2	48,0
27	50,9	113,0	66	71,9	65,4	105	83,4	47,7
28	51,7	110,8	67	72,3	64,7	106	83,7	47,4
29	52,5	108,6	68	72,6	64,1	107	83,9	47,1
30	53,3	106,5	69	73,0	63,5	108	84,2	46,8
31	54,0	104,6	70	73,3	62,8	109	84,4	46,5
32	54,8	102,7	71	73,7	62,2	110	84,7	46,2
33	55,5	100,8	72	74,0	61,7	111	84,9	45,9
34	56,2	99,1	73	74,3	61,1	112	85,1	45,6
35	56,8	97,4	74	74,7	60,5	113	85,4	45,3
36	57,5	95,8	75	75,0	60,0	114	85,6	45,1
37	58,1	94,3	76	75,3	59,5	115	85,8	44,8
38	58,7	92,8	77	75,6	58,9	116	86,1	44,5
39	59,4	91,3	78	75,9	58,4	117	86,3	44,2
40	59,9	89,9	79	76,3	57,9	118	86,5	44,0
41	60,5	88,6	80	76,6	57,4	119	86,7	43,7
42	61,1	87,3	81	76,9	56,9	120	87,0	43,5

TR – 25 ANOS

Tempo	Precipitação	Intensidade	Tempo	Precipitação	Intensidade	Tempo	Precipitação	Intensidade
(min)	(mm)	(mm/h)	(min)	(mm)	(mm/h)	(min)	(mm)	(mm/h)
6	19,0	189,9	48	64,3	80,3	87	78,6	54,2
10	29,3	175,8	49	64,8	79,3	88	78,9	53,8
11	31,3	170,6	50	65,2	78,3	89	79,2	53,4
12	33,1	165,5	51	65,7	77,3	90	79,5	53,0
13	34,8	160,6	52	66,2	76,4	91	79,8	52,6
14	36,4	155,9	53	66,6	75,5	92	80,0	52,2
15	37,9	151,4	54	67,1	74,6	93	80,3	51,8
16	39,3	147,2	55	67,5	73,7	94	80,6	51,4
17	40,6	143,2	56	68,0	72,8	95	80,9	51,1
18	41,8	139,4	57	68,4	72,0	96	81,1	50,7
19	43,0	135,8	58	68,8	71,2	97	81,4	50,3
20	44,1	132,4	59	69,2	70,4	98	81,7	50,0
21	45,2	129,2	60	69,7	69,7	99	81,9	49,6
22	46,3	126,1	61	70,1	68,9	100	82,2	49,3
23	47,2	123,3	62	70,5	68,2	101	82,4	49,0
24	48,2	120,5	63	70,8	67,5	102	82,7	48,6
25	49,1	117,9	64	71,2	66,8	103	82,9	48,3
26	50,0	115,4	65	71,6	66,1	104	83,2	48,0
27	50,9	113,0	66	71,9	65,4	105	83,4	47,7
28	51,7	110,8	67	72,3	64,7	106	83,7	47,4
29	52,5	108,6	68	72,6	64,1	107	83,9	47,1
30	53,3	106,5	69	73,0	63,5	108	84,2	46,8
31	54,0	104,6	70	73,3	62,8	109	84,4	46,5
32	54,8	102,7	71	73,7	62,2	110	84,7	46,2
33	55,5	100,8	72	74,0	61,7	111	84,9	45,9
34	56,2	99,1	73	74,3	61,1	112	85,1	45,6
35	56,8	97,4	74	74,7	60,5	113	85,4	45,3
36	57,5	95,8	75	75,0	60,0	114	85,6	45,1
37	58,1	94,3	76	75,3	59,5	115	85,8	44,8
38	58,7	92,8	77	75,6	58,9	116	86,1	44,5
39	59,4	91,3	78	75,9	58,4	117	86,3	44,2
40	59,9	89,9	79	76,3	57,9	118	86,5	44,0
41	60,5	88,6	80	76,6	57,4	119	86,7	43,7
42	61,1	87,3	81	76,9	56,9	120	87,0	43,5

- obter a **intensidade pluviométrica** relacionada com o tempo de recorrência (Tr) adotado no projeto e o tempo de concentração das bacias(Tc);

$$Q = CIA$$

I= Intensidade Pluviométrica - mm/hora

CÁLCULO DAS VAZÕES

$$Q = CIA$$

onde:

C= coeficiente de deflúvio

A= área da bacia

I = intensidade pluviométrica – mm/h

INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA – mm/h

e

PRECIPITAÇÃO – mm

- **Equações das Chuvas – Otto Pfafstetter**
- **Método das Isozonas – José Jaime Taborga Torrico**

Método do Eng. Otto Pfafstetter

Chuvas Intensas no Brasil - DNOS(1957)

- 98 Postos Pluviográficos – **Mapa do Brasil**
- Equação de Chuvas

$$P = K [at + b \log (1 + ct)]$$

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA COM PLUVIÓGRAFOS

RELAÇÃO DOS POSTOS

Nº	CIDADE	ESTADO
1	ALEGRETE	RS
2	ALTO ITATIAIA	RJ
3	ALTO TAPAJÓS	PA
4	ALTO TEREZÓPOLIS	RJ
5	ARACAJÚ	SE
6	AVARÉ	SP
7	BAGÉ	RS
8	BANGÚ	RJ
9	BARBACENA	MG
10	BARRA DO CORDA	MA
11	BAURÚ	SP
12	BELÉM	PA
13	BELO HORIZONTE	MG
14	BLUMENAU	SC
15	BONSUCESSO	MG
16	CABO FRIO	RJ
17	CAMPOS	RJ
18	CAMPOS DO JORDÃO	SP
19	CATALÃO	GO
20	CAXAMBÚ	MG
21	CAXIAS DO SUL	RS
22	CONGONHAS	SP
23	CORUMBÁ	MS
24	CRUZ ALTA	RS
25	CUIABÁ	MT
26	CURITIBA	PR
27	ENCRUZILHADA	RS
28	FERNANDO DE NORONHA	PE
29	FLORIANÓPOLIS	SC
30	FORMOSA	GO
31	FORTALEZA	CE
32	GOIÂNIA	GO
33	GUARAMIRANGA	CE
34	IPANEMA	RJ
35	IRAI	RS
36	JACAREPAGUÁ	RJ
37	JACAREZINHO	PR
38	JARDIM BOTÂNICO	RJ
39	JAUARETE	AM
40	JÓÃO PESSOA	PB
41	KM 47 - Rod. Pres. Dutra	RJ
42	LINS	SP
43	MACEIÓ	AL
44	MANAUS	AM
45	MIRANTE SANT'ANA	SP
46	NATAL	RN
47	NATAL	CE



49	NOVA FRIBURGO	RJ
50	OLINDA	PE
51	OURO PRETO	MG
52	PARACATÚ	MG
53	PARANAGUÁ	PR
54	PARINTINS	AM
55	PASSO QUATRO	MG
56	PASSO FUNDO	RS
57	PETRÓPOLIS	RJ
58	PINHEIRAL	RJ
59	PIRACICABA	SP
60	PONTA GROSSA	PR
61	PORTO ALEGRE	RS
62	PORTO VELHO	RO
63	PRAÇA XV	RJ
64	PRAÇA SAENS PENHA	RJ
65	QUIXERAMOBIM	CE
66	RESENDE	RJ
67	RIO BRANCO	AC
68	RIO GRANDE	RS
69	SALVADOR	BA
70	SANTA CRUZ	RJ
71	SANTA MARIA	RS
72	SANTA MARIA MADALENA	RJ
73	SANTA VITÓRIA DO PALMAR	RS
74	SANTOS - ITAPEMA	SP
75	SANTOS	SP
76	SÃO CARLOS	SP
77	SÃO FRANCISCO DO SUL	SC
78	SÃO GONÇALO	PB
79	SÃO LUIS	MA
80	SÃO LUIS GONZAGA	RS
81	SÃO SIMÃO	SP
82	SENA MADUREIRA	AC
83	SETE LAGOAS	MG
84	SOURE	PA
85	TAPERINHA	PA
86	TAUBATÉ	SP
87	TEÓFILO OTONI	MG
88	TERESINA	PI
89	TEREZÓPOLIS	RJ
90	TUPI	SP
91	TURIASSÚ	MA
92	UAUPEES	AM
93	UBATUBA	SP
94	URUGUAIANA	RS
95	VASSOURAS	RS
96	VIAMÃO	RS
97	VITÓRIA	ES

Postos estudados em Pernambuco

47 – Nazaré

50 – Olinda

Estudo trecho: Lagoa Grande - Petrolina



Estudo trecho: Lagoa Grande - Petrolina



Estudo trecho: Lagoa Grande - Petrolina



Método das Isozonas

Estudo trecho: Lagoa Grande - Petrolina



Estudo trecho: Lagoa Grande - Petrolina

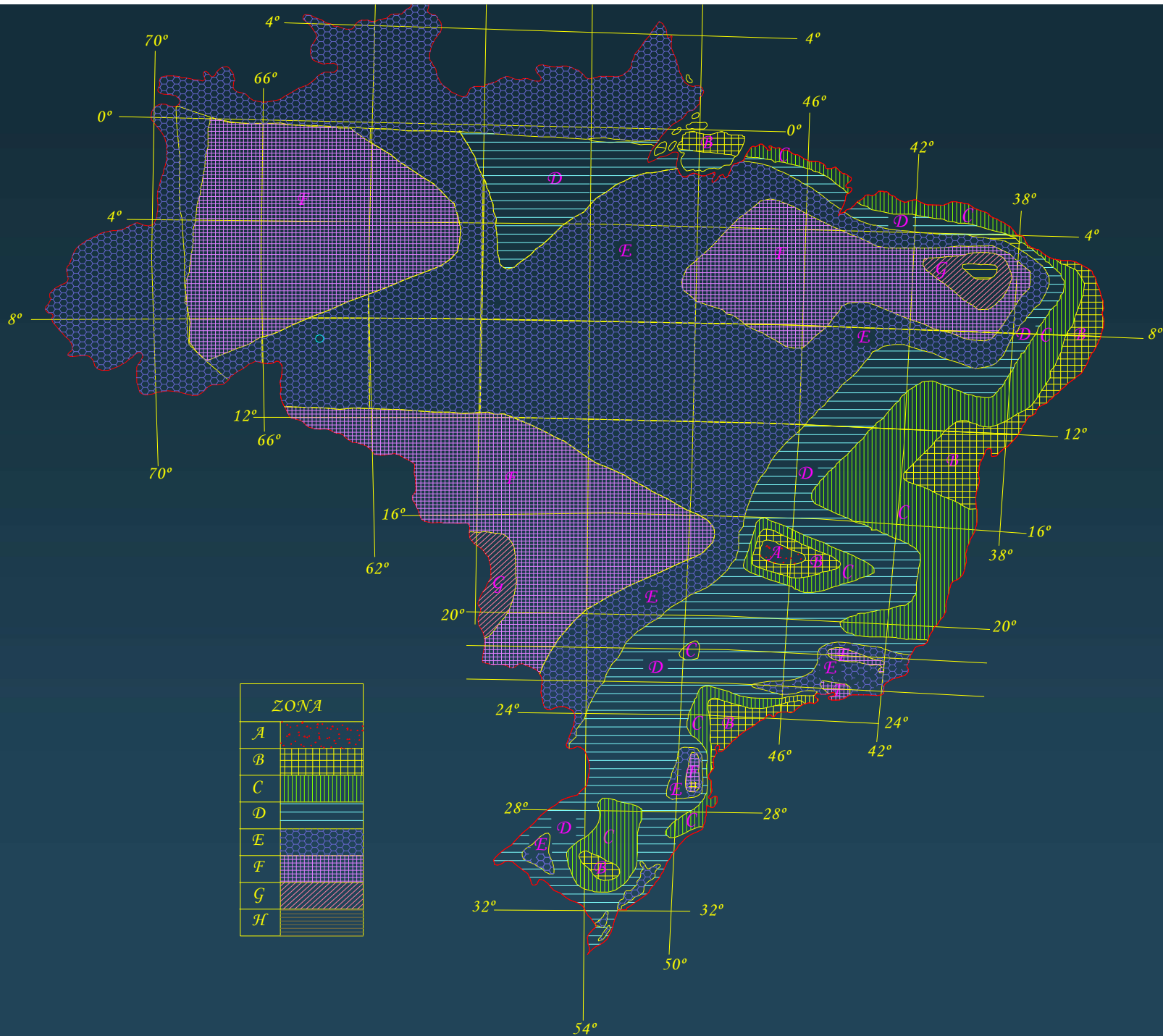


Método das Isozonas(1974)

José Jaime Tarboga Torrrico

Método alternativo para chuvas intensas de curta duração, em locais onde não há postos pluviográficos em suas proximidades.

Conversão das máximas chuvas diárias, em chuvas com duração entre 6 minutos e 24 horas.



A primeira etapa do método é a coleta dos dados pluviométricos do posto mais próximo do projeto em estudo. Com os dados obtidos, faz-se o estudo estatístico de acordo com o método de Gumbel, com a utilização da **maior altura de chuva ocorrida em cada ano** durante todo o período.



Máximas Mensais

=====

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máxima
1941	63	30	165	43	10	0	32	25	6	38,1	71,1	58,9	165
1942	58,4	83,8	33,5	15	10,4	3	1,8	0	46,2	57,7	61	58,7	83,8
1944	28,7	89	57,7	30,7	15,2	0	0	0	0	58,9	44,4	55,3	89
1945	130	35,6	32,8	64,5	4,1	18,5	0	0	15	54,6	58,9	98,5	130
1946	21,1	34,8	45,7	16,5	2	5,3	5,3	0	28	40,4	70,4	35,6	70,4
1947	53,1	27,4	27,4	1	0,8	0	12,2	10,2	12,7	20,3	43,2	76,2	76,2
1948	40,6	40,6	96,5	12,2	0	22,9	0	0	10	35,6	55,9	165,1	165,1
1949	71,1	58,4	12,7	27,9	12,7	22,9	0	0	0	22,9	30,5	40,6	71,1
1950	55,9	38,1	35,6	22,9	0	1	1,8	0	86,4	53,3	55,9	68,8	86,4
1952	53,3	71,9	66,3	14,5	1,8	3,3	4,6	2	14,5	48,5	90,2	48,3	90,2
1953	44,5	65,5	45,7	39,4	8,9	8,1	0	1,1	19,8	48,3	44,5	39,4	65,5
1954	42,9	46,7	55,9	21,6	17,5	4,8	0	0	0	21,3	76,5	36,8	76,5
1955	150,4	23,6	42,7	19,8	35,5	0	0	0	0	44,2	30	27,9	150,4
1956	33,5	59,9	38,1	5,1	13,7	12,7	7,1	12,4	17,3	26,7	68,6	63,5	68,6
1957	34,3	58,4	32	29,2	24,9	0	1,5	2,3	22,4	7,1	55,9	66	66
1958	47	92,5	30	31,8	14,2	0	32	4,3	34	29,2	30,5	45,7	92,5
1959	32	44,5	82,6	21,3	0	0	0	0,8	7,4	58,4	64,8	50,8	82,6
1961	118,4	80,8	85,9	50,8	7,1	7,6	3,3	0	0	46,7	81,3	44,5	118,4
1962	95	89,9	49,8	7,4	34	31,5	4,6	10,7	26,4	0	35,3	28	95
1963	18,2	45,9	35,3	35,3	15,6	7,8	0	0	0	4,9	11,2	35,3	45,9
1964	46,3	32,3	38,2	25	8,2	11,6	8,2	15,6	8,2	8,2	21,3	22,6	46,3
1966	35,3	46,3	62,4	32,3	7,6	6,3	0	0	0	0	27,3	9,5	62,4
1969	72,6	41,2	63,2	3,6	11,4	15,6	0	0	0	0	12,7	27,5	72,6

CÁLCULO DAS VAZÕES

CÁLCULO DAS VAZÕES

- **Tempo de Recorrência**
- **Mapa de Bacias**
- **Tempo de Concentração**
- **Coefficiente de Deflúvio**
- **Métodos de Dimensionamento**

“O melhor método de cálculo é aquele que você conhece.”

Prof. Dr.Kokei Uehara

**“O melhor método de cálculo é aquele que
você conhece.”**

Prof. Dr.Kokei Uehara

Tempo de Recorrência

Tempo de Recorrência (período de recorrência, tempo de retorno) – é o intervalo médio de anos em que **pode ocorrer** ou ser **superado** uma única vez um dado evento.

Tempo de Recorrência

A escolha e justificativa de um determinado Tempo de Recorrência, para uma determinada obra, prende-se a uma análise de economia e da segurança da obra (**análise de risco**)

Quanto **maior for o T_r** , maiores serão os valores das vazões calculadas e, conseqüentemente mais **segura** e cara será a obra.

Tempo de Recorrência

A escolha e justificativa de um determinado Tempo de Recorrência, para uma determinada obra, prende-se a uma análise de economia e da segurança da obra (**análise de risco**)

Quanto **maior for o T_r** , maiores serão os valores das vazões calculadas e, conseqüentemente mais **segura e cara** será a obra.

Tempo de Recorrência adotados por órgãos rodoviários

DNIT

- **Drenagem superficial: 10 anos**
- **Drenagem profunda: 01 ano**
- **Drenagem grota, bueiros tubulares:
25 anos como orifício**
- **Drenagem grota, bueiros celulares:
25 anos como canal e 50 anos como orifício**
- **Pontilhão: 50 anos**
- **Ponte: 100 anos**

DER – Minas Gerais

Rodovias com maior Volume de tráfego

- Drenagem superficial: 10 anos
- Drenagem profunda: 01 ano
- Drenagem grota, bueiros tubulares:
25 anos como orifício
- Drenagem grota, bueiros celulares:
25 anos como canal e 50 anos como orifício
- Pontes: 50 e 100 anos

DER – Minas Gerais

Rodovias com baixo Volume de tráfego

- Drenagem superficial: 10 anos
- Drenagem profunda: 01 ano
- Drenagem grota, bueiros tubulares:
15 anos como orifício
- Drenagem grota, bueiros celulares:
15 anos como canal e **25 anos** como orifício
- Pontes: 50 e 100 anos

TABELA DE RISCO

Período de retorno T_R em anos	Probabilidade de que o evento será igualado ou excedido pelo menos uma vez em um período em anos de :							
	5	10	15	20	25	50	75	100
5	0,672	0,892	0,964	0,988	0,996	-	-	-
10	0,410	0,651	0,794	0,878	0,928	0,955	-	-
15	0,292	0,498	0,646	0,748	0,822	0,968	0,994	0,999
20	0,226	0,402	0,537	0,642	0,723	0,923	0,979	0,995
25	0,185	0,336	0,458	0,558	0,640	0,870	0,954	0,983
50	0,096	0,183	0,262	0,332	0,396	0,636	0,781	0,868
75	0,063	0,122	0,178	0,230	0,278	0,480	0,635	0,730
100	0,049	0,096	0,140	0,181	0,222	0,395	0,549	0,634
200	0,025	0,049	0,073	0,095	0,118	0,222	0,314	0,394
500	0,009	0,020	0,030	0,039	0,049	0,095	0,140	0,181

Período de retorno T_R em anos	Probabilidade de que o evento será igualado ou excedido pelo menos uma vez em um período em anos de :							
	5	10	15	20	25	50	75	100
5	0,672	0,892	0,964	0,988	0,996	-	-	-
10	0,410	0,651	0,794	0,878	0,928	0,955	-	-
15	0,292	0,498	0,646	0,748	0,822	0,968	0,994	0,999
20	0,226	0,402	0,537	0,642	0,723	0,923	0,979	0,995
25	0,185	0,336	0,458	0,558	0,640	0,870	0,954	0,983
50	0,096	0,183	0,262	0,332	0,396	0,636	0,781	0,868
75	0,063	0,122	0,178	0,230	0,278	0,480	0,635	0,730
100	0,049	0,096	0,140	0,181	0,222	0,395	0,549	0,634
200	0,025	0,049	0,073	0,095	0,118	0,222	0,314	0,394
500	0,009	0,020	0,030	0,039	0,049	0,095	0,140	0,181

Período de retorno T_R em anos	Probabilidade de que o evento será igualado ou excedido pelo menos uma vez em um período em anos de :							
	5	10	15	20	25	50	75	100
5	0,672	0,892	0,964	0,988	0,996	-	-	-
10	0,410	0,651	0,794	0,878	0,928	0,955	-	-
15	0,292	0,498	0,646	0,748	0,822	0,968	0,994	0,999
20	0,226	0,402	0,537	0,642	0,723	0,923	0,979	0,995
25	0,185	0,336	0,458	0,558	0,640	0,870	0,954	0,983
50	0,096	0,183	0,262	0,332	0,396	0,636	0,781	0,868
75	0,063	0,122	0,178	0,230	0,278	0,480	0,635	0,730
100	0,049	0,096	0,140	0,181	0,222	0,395	0,549	0,634
200	0,025	0,049	0,073	0,095	0,118	0,222	0,314	0,394
500	0,009	0,020	0,030	0,039	0,049	0,095	0,140	0,181

Período de retorno T_R em anos	Probabilidade de que o evento será igualado ou excedido pelo menos uma vez em um período em anos de :							
	5	10	15	20	25	50	75	100
5	0,672	0,892	0,964	0,988	0,996	-	-	-
10	0,410	0,651	0,794	0,878	0,928	0,955	-	-
15	0,292	0,498	0,646	0,748	0,822	0,968	0,994	0,999
20	0,226	0,402	0,537	0,642	0,723	0,923	0,979	0,995
25	0,185	0,336	0,458	0,558	0,640	0,870	0,954	0,983
50	0,096	0,183	0,262	0,332	0,396	0,636	0,781	0,868
75	0,063	0,122	0,178	0,230	0,278	0,480	0,635	0,730
100	0,049	0,096	0,140	0,181	0,222	0,395	0,549	0,634
200	0,025	0,049	0,073	0,095	0,118	0,222	0,314	0,394
500	0,009	0,020	0,030	0,039	0,049	0,095	0,140	0,181

Período de retorno T_R em anos	Probabilidade de que o evento será igualado ou excedido pelo menos uma vez em um período em anos de :							
	5	10	15	20	25	50	75	100
5	0,672	0,892	0,964	0,988	0,996	-	-	-
10	0,410	0,651	0,794	0,878	0,928	0,955	-	-
15	0,292	0,498	0,646	0,748	0,822	0,968	0,994	0,999
20	0,226	0,402	0,537	0,642	0,723	0,923	0,979	0,995
25	0,185	0,336	0,458	0,558	0,640	0,870	0,954	0,983
50	0,096	0,183	0,262	0,332	0,396	0,636	0,781	0,868
75	0,063	0,122	0,178	0,230	0,278	0,480	0,635	0,730
100	0,049	0,096	0,140	0,181	0,222	0,395	0,549	0,634
200	0,025	0,049	0,073	0,095	0,118	0,222	0,314	0,394
500	0,009	0,020	0,030	0,039	0,049	0,095	0,140	0,181

Período de retorno T_R em anos	Probabilidade de que o evento será igualado ou excedido pelo menos uma vez em um período em anos de :							
	5	10	15	20	25	50	75	100
5	0,672	0,892	0,964	0,988	0,996	-	-	-
10	0,410	0,651	0,794	0,878	0,928	0,955	-	-
15	0,292	0,498	0,646	0,748	0,822	0,968	0,994	0,999
20	0,226	0,402	0,537	0,642	0,723	0,923	0,979	0,995
25	0,185	0,336	0,458	0,558	0,640	0,870	0,954	0,983
50	0,096	0,183	0,262	0,332	0,396	0,636	0,781	0,868
75	0,063	0,122	0,178	0,230	0,278	0,480	0,635	0,730
100	0,049	0,096	0,140	0,181	0,222	0,395	0,549	0,634
200	0,025	0,049	0,073	0,095	0,118	0,222	0,314	0,394
500	0,009	0,020	0,030	0,039	0,049	0,095	0,140	0,181



Conclusão:

Tempo de Recorrência > 1000 anos

Qual a solução deverá ser adotada?

Probabilidade



CHUVA EM BELO HORIZONTE
02-02-2009









Temporal de ontem fez o ribeirão Arrudas transbordar e causar destruição; uma mulher morreu

Tempo de Recorrência calculado = 58 anos



Temporal de ontem fez o ribeirão Arrudas transbordar e causar destruição; uma mulher morreu

Canal dimensionado para um $Tr = 100$ anos



Mais enchentes. Cidades da Zona da Mata continuam a enfrentar estragos provocados pelas chuvas; em Marinhaçu, onde chove desde domingo, rio subiu mais de 7 metros.

Janeiro de 2009

2- CÁLCULO DAS VAZÕES

- **Tempo de Recorrência**
- *Mapa de Bacias*
- **Tempo de Concentração**
- **Coeficiente de Deflúvio**
- **Métodos de Dimensionamento**

Bacias Hidrográficas ou Bacias de Contribuição

“Bacia Hidrográfica ou de Contribuição de uma seção de um curso d’água é a área geográfica coletora de água de chuva que, escoando pela superfície do solo atinge a seção considerada” – José Augusto Martins



Estudo das Características

- **Área**
- **Individualização da bacia contribuinte**
- **Delimitação da área através das cartas topográficas do IBGE ou outras**
- **Comprimento do talvegue**
- **Declividade efetiva**

Elaboração do Mapa de Bacias

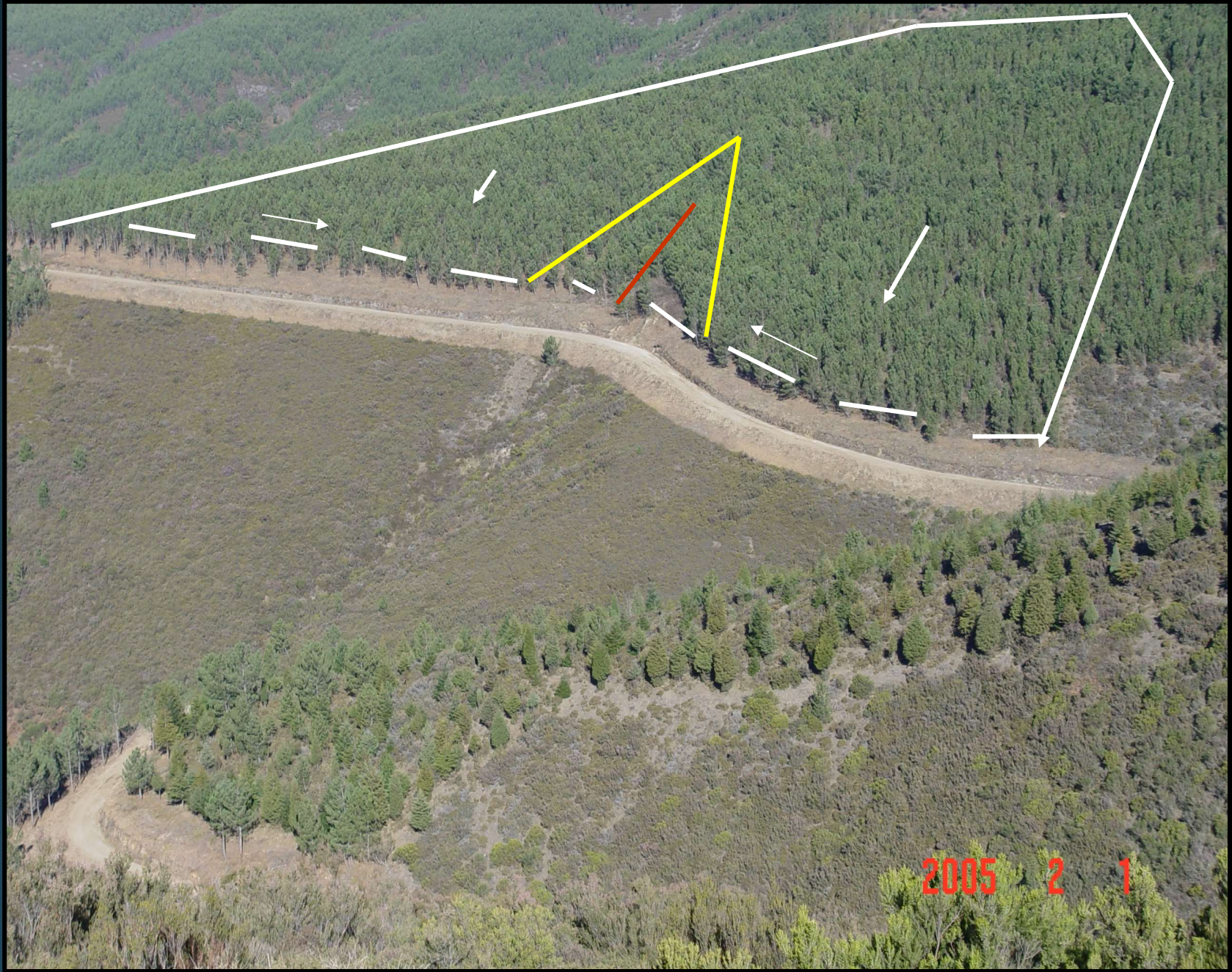
O Mapa de Bacias é desenvolvido com as cartas do IBGE disponíveis no site:

www.ibge.gov.br

Mapa de Bacias











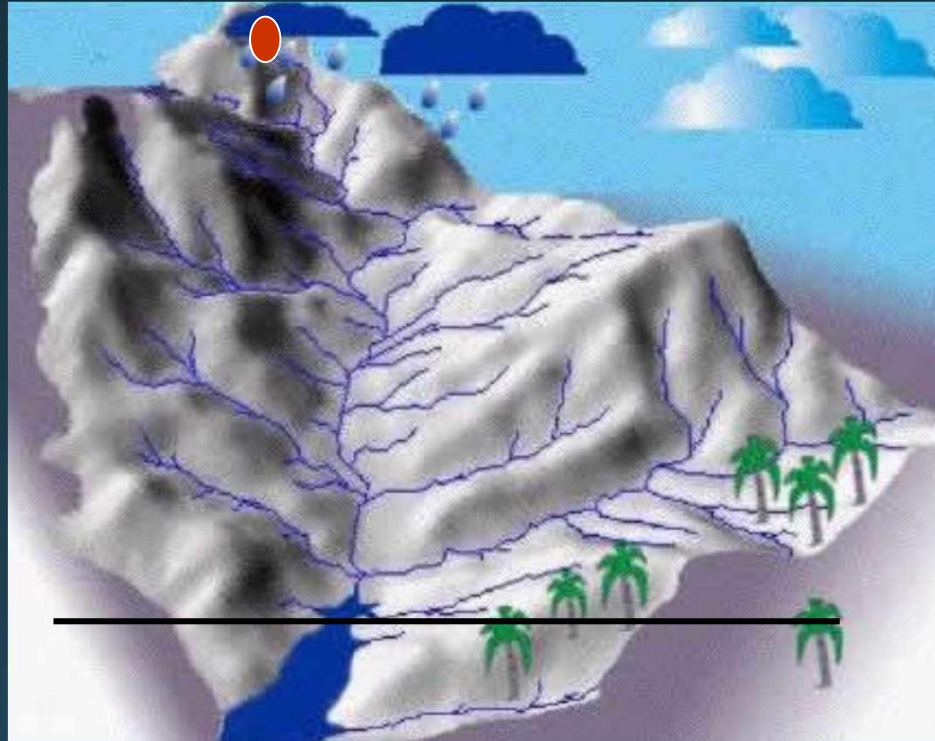




Tempo de Concentração

Tempo de Concentração $A < 4\text{km}^2$

É o tempo que o escoamento leva para percorrer do início do talvegue até o ponto de transposição.



Tempo de Concentração $A < 4\text{km}^2$

É o tempo que o escoamento leva para percorrer do início do talvegue até o ponto de transposição.

Tempo de Concentração $A < 4\text{km}^2$

É o tempo que o escoamento leva para percorrer do início do talvegue até o ponto de transposição.

Isto não é verdade

Tempo de Concentração $A < 4\text{km}^2$

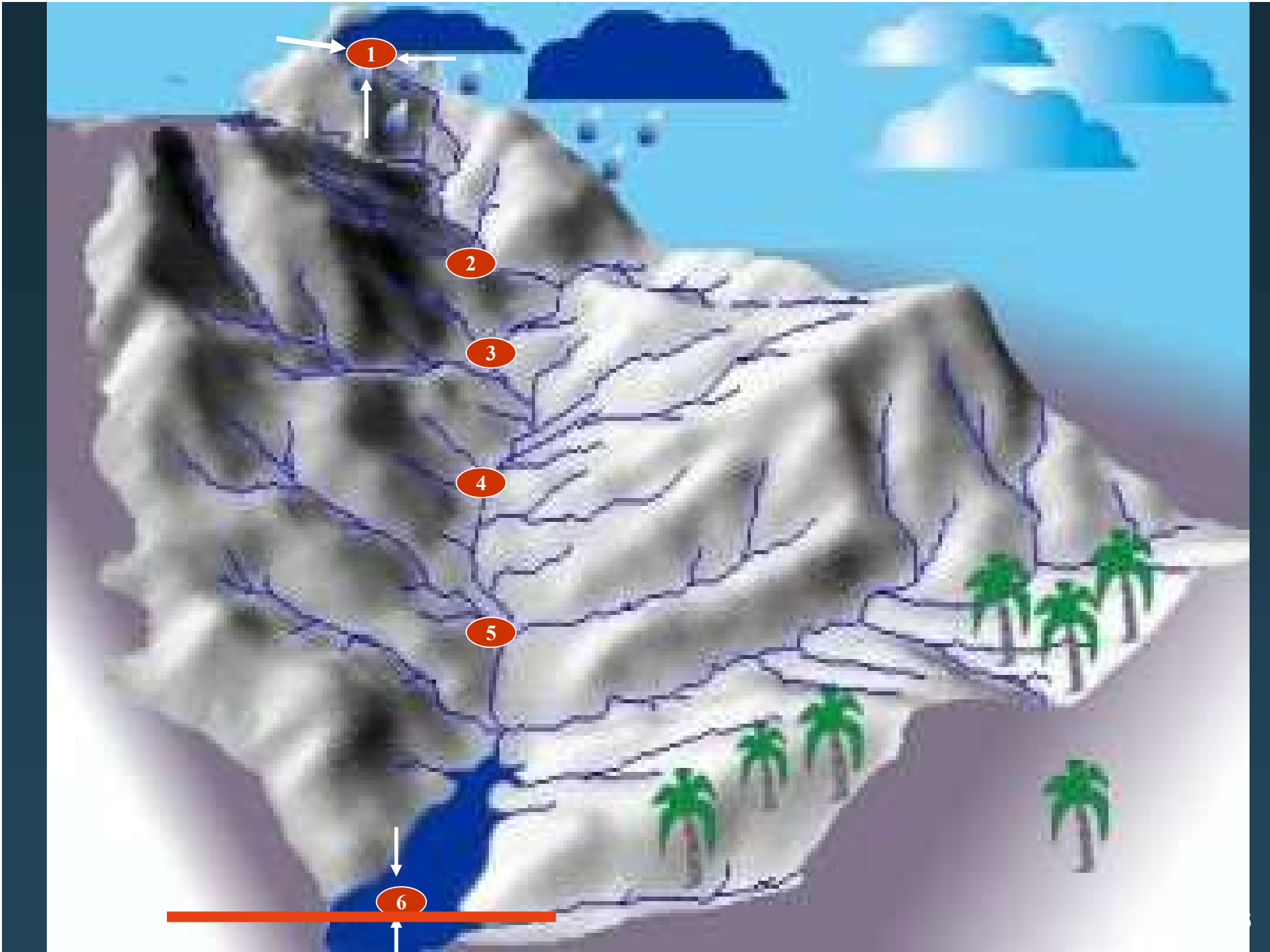
É o tempo que o escoamento leva para percorrer do início do talvegue até o ponto de transposição.

Isto não é verdade

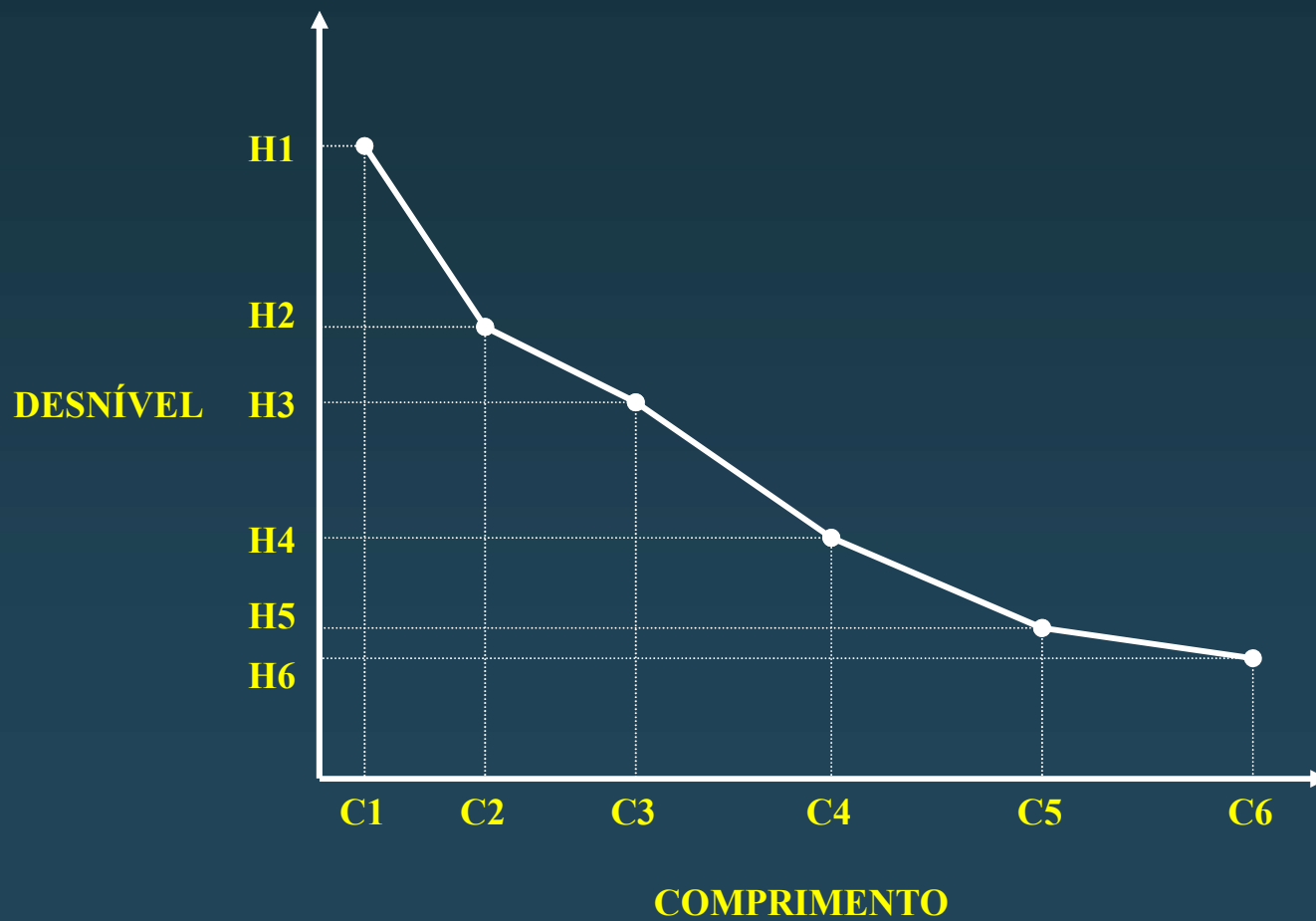
Por que não é uma verdade?

Tempo de Concentração $A < 4\text{km}^2$

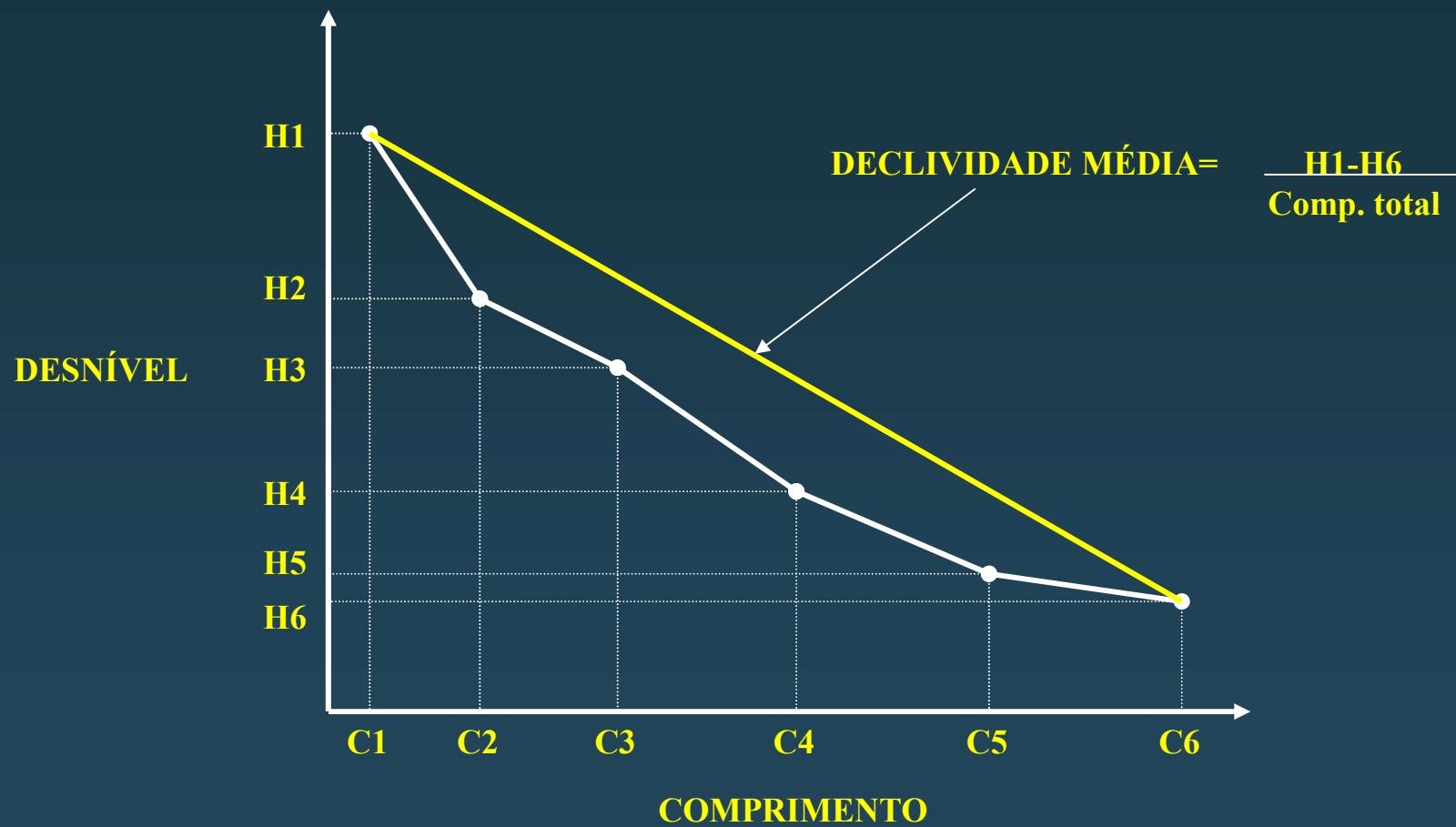
É o intervalo de tempo entre o início da precipitação e o instante em que toda a bacia contribui para a vazão na seção estudada.



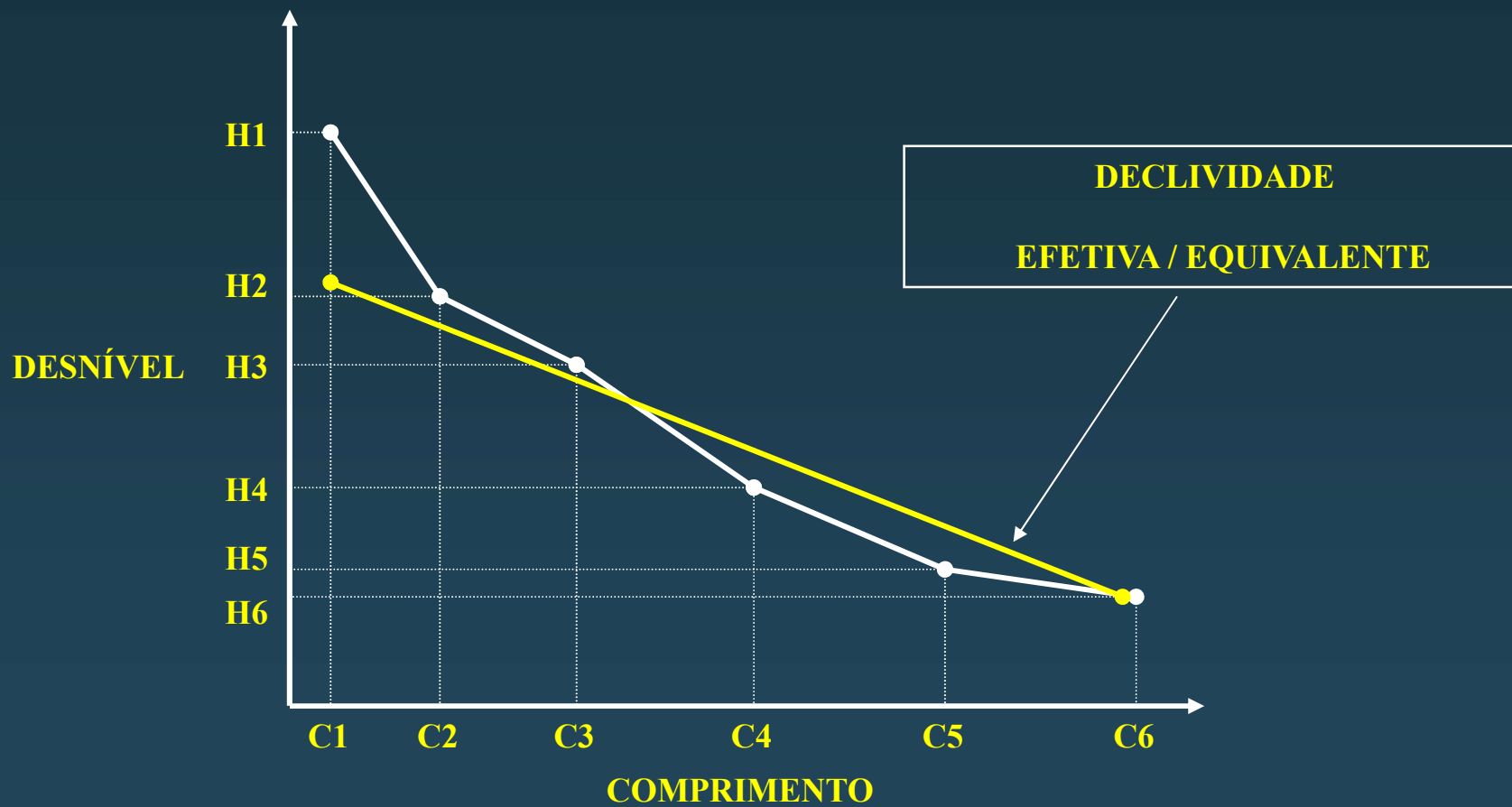
DECLIVIDADE DO TALVEGUE



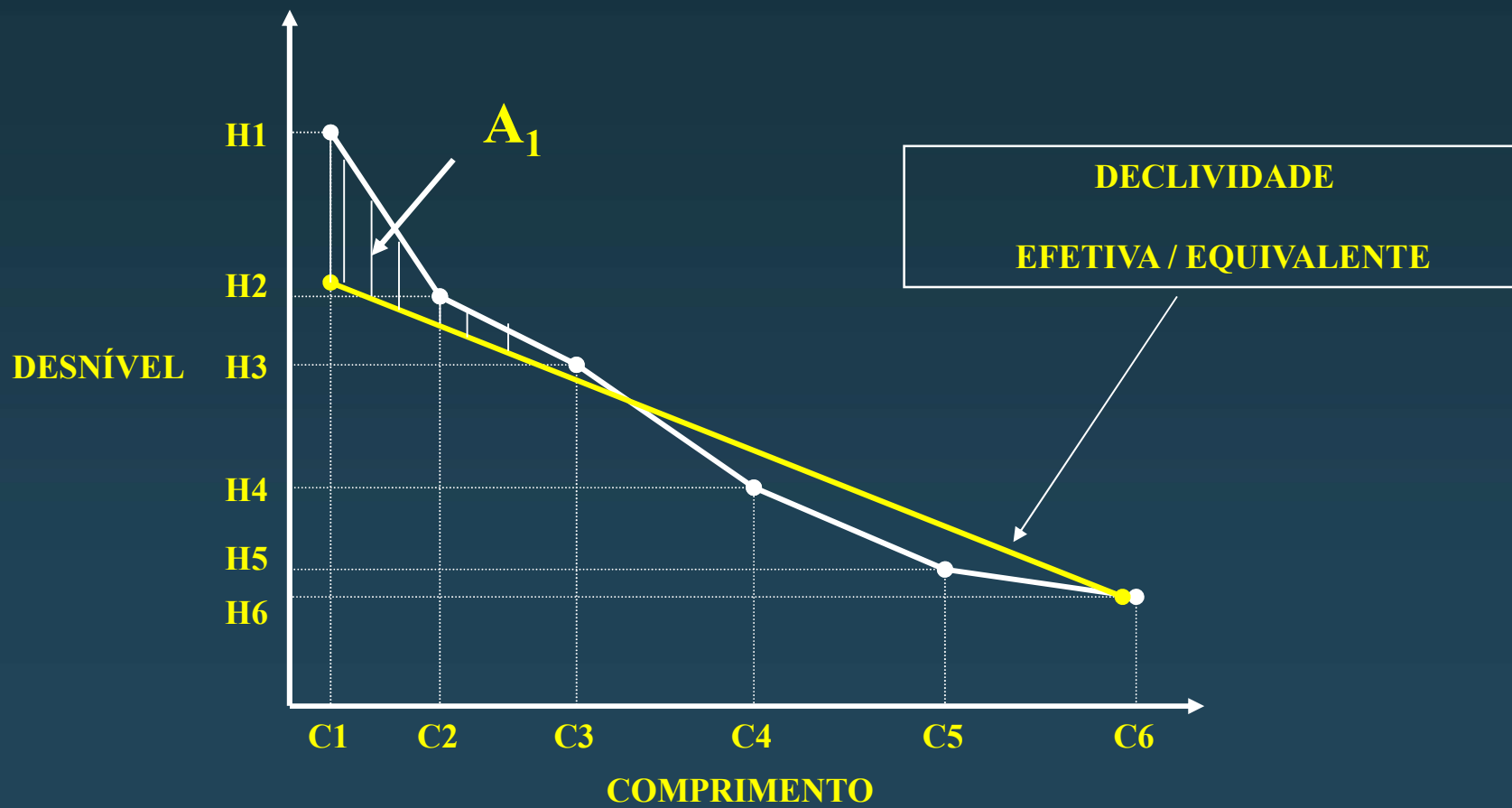
DECLIVIDADE DO TALVEGUE



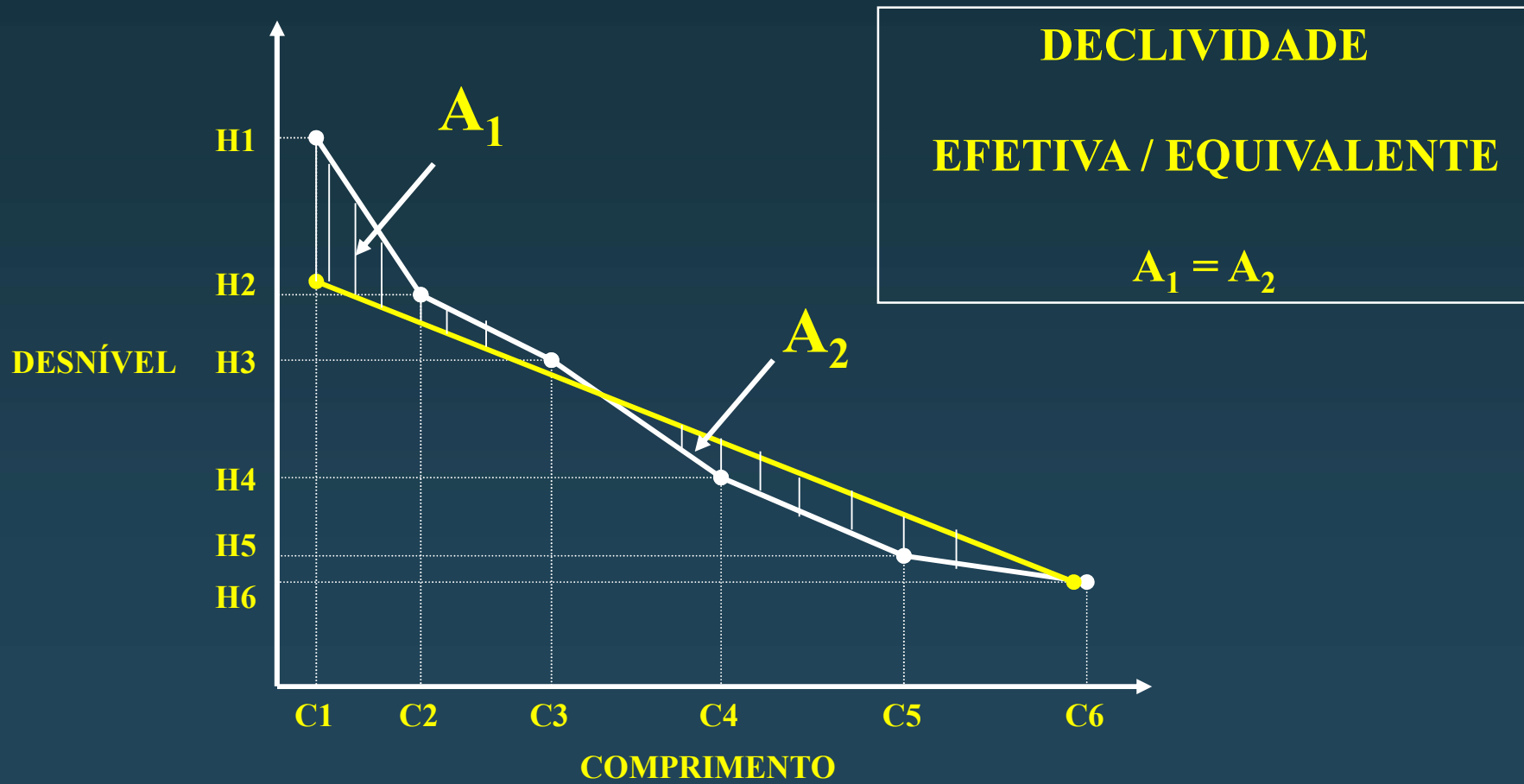
DECLIVIDADE DO TALVEGUE



DECLIVIDADE DO TALVEGUE



DECLIVIDADE DO TALVEGUE



Declividade efetiva

$$i = \left[\frac{L}{\frac{L_1}{\sqrt{i_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{i_2}} + \frac{L_3}{\sqrt{i_3}} + \dots + \frac{L_n}{\sqrt{i_n}}} \right]^2$$

L = Comprimento total do talvegue em Km;

$L_1, L_2 \dots L_n$ = Comprimentos Parciais do Talvegue em Km;

$i_1, i_2 \dots i_n$ = Declividades Parciais em m/m.

Tempo de Concentração $A < 4\text{km}^2$

1- Área $< 4\text{Km}^2$ – R. Peltier / J.L. Bonnenfant

O tempo de concentração é calculado pela expressão:

$$T_c = T_1 + T_2 \quad (\text{pág. 45 a pag 50})$$

onde:

T_1 = tempo de escoamento em minutos, tabelados em função da cobertura vegetal e declividade do talvegue.

(Quadro n.º 2- **pág 44**).

$$T_2 = 1 / \beta_2 \times T'_2$$

Tempo de Concentração $A < 4 \text{ km}^2$

$1/\beta_2 = (\text{Quadro n.}^\circ 2 - \text{pág 44})$

$$\alpha = \frac{L}{\sqrt{A}} \quad (\text{pág 43})$$

$T'_2 = (\text{Quadros n.}^\circ\text{s 3, 4, 5, 6, 7 e 8}) (\text{pág 45 a 50})$

Onde:

$L =$ comprimento do talvegue em hm.

$A =$ área da bacia em ha.

Tempo de Concentração $A < 4 \text{ km}^2$

TEMPOS DE ACUMULAÇÃO E COEFICIENTE DE CORREÇÃO DA COBERTURA VEGETAL							
NATUREZA DA COBERTURA VEGETAL	CORREÇÃO DA COBERTURA VEGETAL	VALORES DE T_1 (min)					
		DECLIVIDADE DO TALVEGUE i (m/m)					
	$1 / \beta_2$	0,025	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
Plataformas de Estradas, Terrenos com Vegetação Rala sem Vegetação ou Rochosos. (Montanhosa c/ rocha)	1,0	7	5	3	2	2	2
Vegetação Normal, Gramas, (região montanhosa)	1,33	16	13	8	6	5	5
Vegetação Densa e Cerrados (região plana)	1,67	20	16	10	8	7	6
Floresta Densa (região plana c/ alagadiço)	2,5	20	20	18	10	9	8

Tempo de Concentração $A < 4 \text{ km}^2$

T'₂ - QUADRO - N.º 3. (Pág. 45)

i = 0,025 m/m													
α	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	3.0	4.0
A(ha)													
1	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	6	9	13
2	4	5	5	5	6	6	7	7	8	8	8	13	17
5	6	6	7	7	8	8	9	10	10	11	11	17	23
10	7	8	8	9	10	11	11	12	13	13	14	21	32
20	11	12	14	15	16	17	18	19	20	22	23	34	45
30	13	14	15	17	18	19	20	22	23	24	25	28	51
40	15	16	17	18	20	21	23	24	25	27	28	42	55
50	17	19	20	22	24	25	27	29	31	32	34	51	58
60	24	26	29	31	34	35	38	41	43	45	48	72	96
70	30	33	36	39	42	45	48	50	53	55	59	89	119
80	33	36	39	41	46	49	52	55	59	62	65	98	130
90	35	39	42	46	50	53	57	60	64	67	74	106	141
100	38	42	45	50	53	57	61	65	69	73	76	115	153
150	48	53	58	62	67	72	77	82	87	91	96	144	192
200	57	62	67	74	79	85	91	96	102	107	113	170	225
250	69	75	83	90	97	104	111	118	125	132	139	206	227
300	81	89	97	105	113	121	129	137	147	153	160	242	322
400	109	120	131	142	153	168	174	185	196	207	221	327	435

Tempo de Concentração $A > 4\text{km}^2$

2- Área $> 4\text{Km}^2$ – Kirpich (pág. 51)

$$T_c = \left[\frac{0,294 \cdot L}{\sqrt{i}} \right]^{0,77}$$

onde:

T_c = Tempo de concentração, em h ;

L = Extensão do talvegue principal, em km ;

i = Declividade efetiva do talvegue em %.

Tempo de Concentração $A > 4\text{km}^2$

$$i = \left[\frac{L}{\frac{L_1}{\sqrt{i_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{i_2}} + \frac{L_3}{\sqrt{i_3}} + \dots + \frac{L_n}{\sqrt{i_n}}} \right]^2$$

(pág. 51)

L = Comprimento total do talvegue em Km;

$L_1, L_2 \dots L_n$ = Comprimentos Parciais do Talvegue em Km;

$i_1, i_2 \dots i_n$ = Declividades Parciais em m/m.

Coeficiente de Deflúvio

Coeficiente de deflúvio ou coeficiente de escoamento superficial ou ainda coeficiente de “run-off”, é a relação entre o volume escoado superficialmente e o volume precipitado.

$$C = 0,30$$

Coeficiente de Deflúvio

Coeficiente de deflúvio a ser adotado em função da área da bacia:

1 - Área < 4Km² – R. Peltier / J.L. Bonnenfant (pág. 52)

VALORES DO COEFICIENTE DE RUN-OFF “C”								
NATUREZA DA COBERTURA	0 < A < 10 ha				10 ha < A < 400 ha			
	<5%	5%-10%	10%-30%	>30%	<5%	5%-10%	10%-30%	>30%
Plataformas e Pavimentos de estradas	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Terrenos Desnudos ou Erodidos	0,55	0,65	0,70	0,75	0,55	0,60	0,65	0,70
Culturas Correntes e Pequenos bosques- (montanhosa rocha)	0,50	0,55	0,60	0,65	0,42	0,55	0,60	0,65
Matas e Cerrados (montanhosa)	0,45	0,50	0,55	0,60	0,30	0,36	0,42	0,50
Floresta Comum (plana)	0,30	0,40	0,50	0,60	0,18	0,20	0,25	0,30
Floresta Densa (Plana c/ alagadiço)	0,20	0,25	0,30	0,40	0,15	0,18	0,22	0,25

Coeficiente de Deflúvio

2 - $4\text{Km}^2 < \text{Área} < 10\text{Km}^2$ - Burkli-Ziegler (pág.53)

	C
Áreas densamente construídas	0.70 – 0.75
Zonas residenciais comuns(região montanhosa c/ rocha)	0.55 – 0.65
Zonas urbanas (região montanhosa)	0.30 – 0.45
Campos de cultura (região plana)	0.20 – 0.30
Parques, jardins (plana c/ alagadiço)	0.15 – 0.25

Coeficiente de Deflúvio

3- Área > 10Km² - “U.S.A. Soil Conservation Service”

DNIT e DERs

Pela análise pedológica, determina-se o tipo do Solo Hidrológico:

Tipo A, B ,C ou D .

O número de deflúvio **CN** é determinado após a definição do tipo de solo, sua utilização e as condições de superfície, conforme tabela abaixo.

Coeficiente de Deflúvio

DEFINIÇÃO DO SOLO HIDROLÓGICO – (pág. 54)

TIPO DE SOLO	CARACTERÍSTICAS
Tipo A	Baixo potencial de escoamento superficial e, portanto, alto coeficiente de permeabilidade, mesmo quando totalmente encharcado. Camadas profundas com pouca argila ou silte e mais areia e pedregulho limpo, com textura de boa drenagem. Coeficiente de permeabilidade aproximadamente igual a 10^{-1} .
Tipo B	Coeficiente de infiltração moderado quando totalmente encharcado. Inclui solos arenosos em camadas menos profundas que os do Tipo A, condições de drenagens médias, textura moderadamente fina e granular. Coeficiente de permeabilidade entre 10^{-1} a 10^{-3} .
Tipo C	Baixo coeficiente de infiltração quando totalmente encharcado, composto por camadas com grande percentagem de argila e silte. Coeficiente de permeabilidade variando entre 10^{-1} a 10^{-5} .
Tipo D	Alto potencial de escoamento superficial e, conseqüentemente, baixo coeficiente de infiltração quando encharcado. É constituído por camadas de argila próximas à superfície e por solos superficiais sobre horizontes impermeáveis (rochosos). Coeficiente de permeabilidade compreendido entre 10^{-5} a 10^{-7} .

Coeficiente de Deflúvio

Número de deflúvio – CN (pág. 55)

UTILIZAÇÃO DA TERRA	CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE	TIPOS DE SOLO			
		A	B	C	D
Terrenos Cultivados	Sulcos retilíneos	77	86	91	94
	Fileiras retas	70	80	87	90
Plantações Regulares	Em curvas de nível	67	77	83	87
	Terraceado em nível	64	73	79	82
	Fileiras retas	64	76	84	88
Cereais	Em curvas de nível	62	74	82	85
	Terraceado em nível	60	71	79	82
	Fileiras retas	62	75	83	87
Legumes ou Campos Cultivados	Em curvas de nível	60	72	81	84
	Terraceado em nível	57	70	78	89
	Pobres	68	79	86	89
	Normais	49	69	79	84
Pastagens	Boas	39	61	74	80
	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	88
	Normais, em curvas de nível	25	59	75	83
Campos Permanentes	Boas, em curvas de nível	6	35	70	79
	Normais	30	58	71	78
	Esparsas, de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normais	25	55	70	77
Chácaras	Densas, de alta transpiração	25	55	70	77
	Normais	59	74	82	86
Estradas de terra	Más	72	82	87	89
	De superfície duro	74	84	90	92

TABELA DE CN (Jabôr) – pág 56

$$CN = FCN_1 \times FCN_2 \times FCN_3$$

FCN 1 - A < 40 km²

I (%)	FCN ₁
≤ 0,5	68
1,0	70
1,5	72
2,0	74
3,0	76
4,0	78
5,0	80
6,0	82
7,0	84
8,0	86
9,0	88
≥ 10,0	90

FCN₂

REGIÃO MONTANHOSA c/ Rocha = 1,1
 REGIÃO MONTANHOSA = 1,0
 REGIÃO ONDULADA = 0,9
 REGIÃO PLAN A = 0,8

Precipitação mm	FCN ₃
≥ 177,8	0,6
177,8	0,7
152,4	0,8
127,0	0,9
101,6	1,0
76,2	1,1
50,8	1,2
25,4	1,3
≤ 25,4	1,4

FCN 1 - A > 40 km²

I (%)	FCN ₁
≤ 0,125	56
0,25	58
0,5	60
1,0	65
1,5	70
2,0	80
3,0	85
4,0	90
5,0	95
≥ 6,0	100

Cálculo das Vazões das Bacias Hidrográficas

1 - Método Racional - Área < 4 Km²

$$Q = 0,0028 \times A \times C \times I$$

$$Q = \text{m}^3/\text{s}$$

$$A = \text{ha}$$

$$I = \text{mm} / \text{h}$$

C = coeficiente de deflúvio do R. Peltier / J.L.
Bonnenfant

Cálculo das Vazões das Bacias Hidrográficas

2 - Método Racional com coeficiente de retardo

$$4\text{Km}^2 < \text{Área} < 10\text{Km}^2$$

$$Q = 0.2778 \times A \times C \times I \times \emptyset$$

$$Q = \text{m}^3 / \text{s}$$

$$A = \text{Km}^2$$

$$I = \text{mm} / \text{h}$$

C = coeficiente de deflúvio de Burkli - Ziegler

\emptyset = coeficiente de retardo



Eixo da rodovia

$\text{Área} = 1,5 \text{ km}^2$
 $L = 0,9 \text{ km}$
 $i = 2,5 \%$

$Q_1 = ?$



Eixo da rodovia

Área = 1,5 km²

L = 0,9 km

i = 2,5 %

$Q_1 = ?$



Eixo da rodovia

Área = 1,5 km²

L = 0,9 km

i = 2,5 %

$Q_1 = ?$

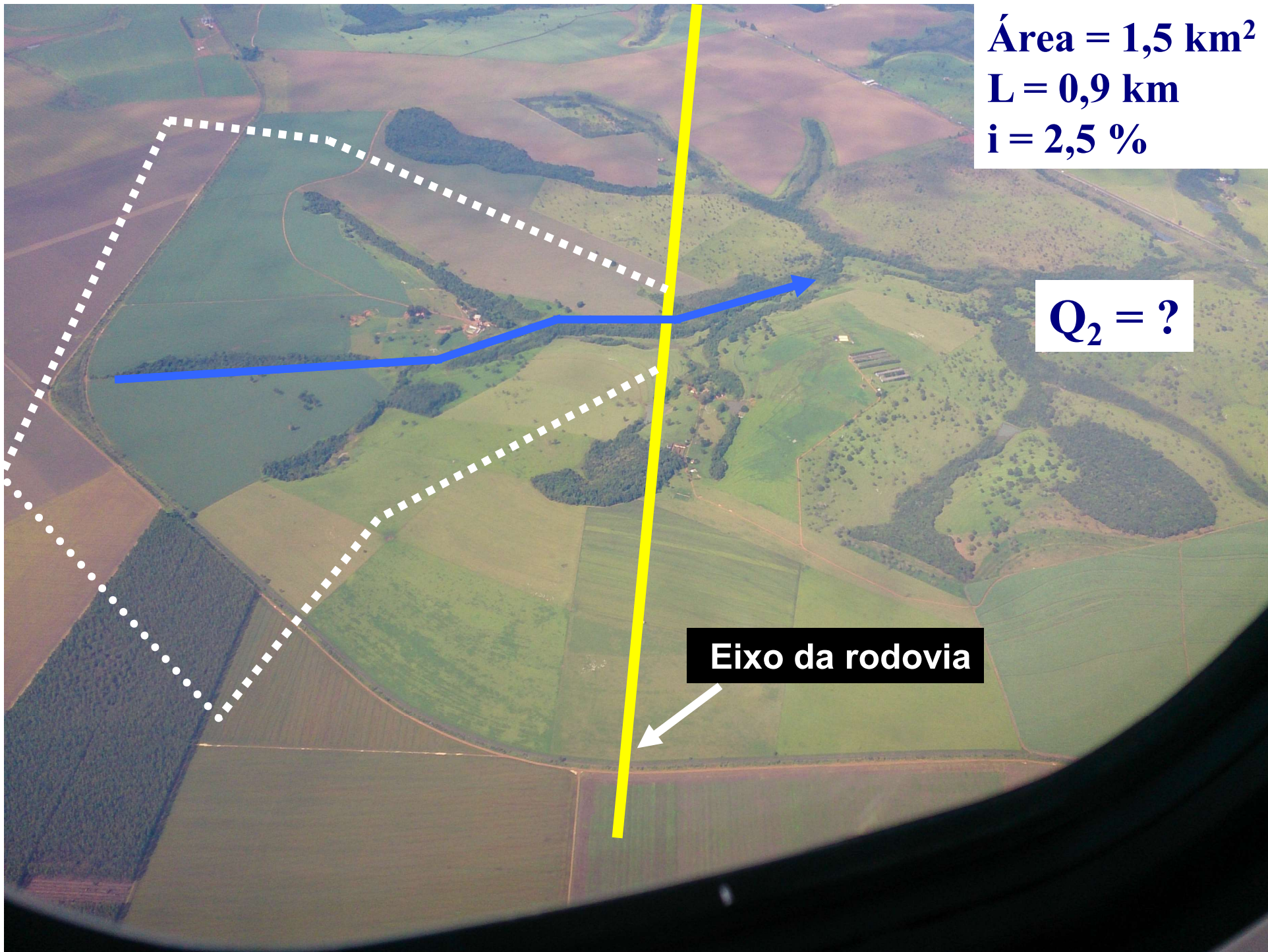


Eixo da rodovia

Área = 1,5 km²
L = 0,9 km
i = 2,5 %

Q₂ = ?

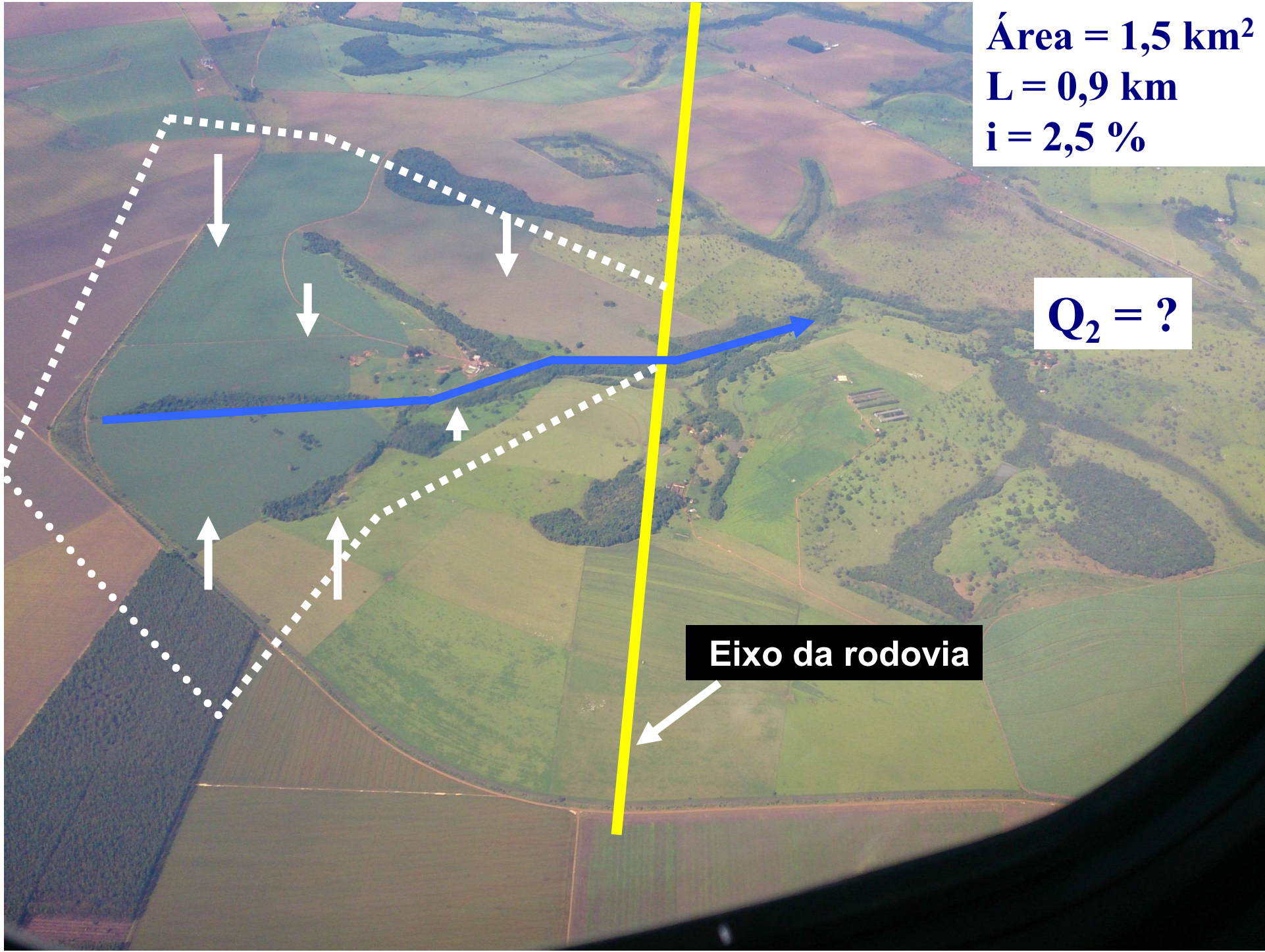
Eixo da rodovia



Área = 1,5 km²
L = 0,9 km
i = 2,5 %

Q₂ = ?

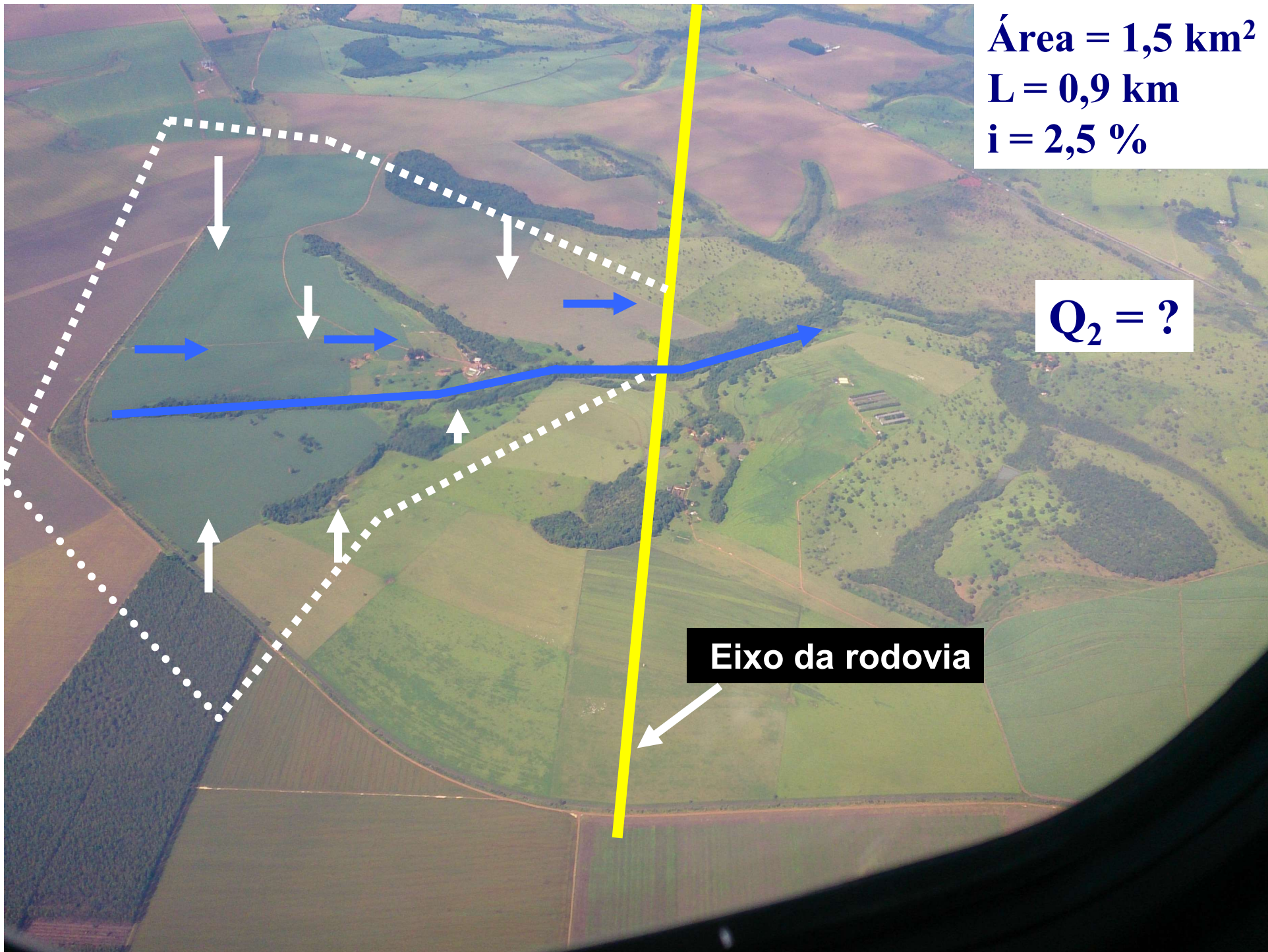
Eixo da rodovia



Área = 1,5 km²
L = 0,9 km
i = 2,5 %

$Q_2 = ?$

Eixo da rodovia



1



A Vazão 1 é igual a Vazão 2 ?



2



8 10:16 PM

Bueiro existente: BSTC 0,80

8 10:16 PM



Bueiro existente: BSTC 0,80

Projeto (escritório): BDTC 1,00

8 10:16 PM



Bueiro existente: BSTC 0,80

Projeto (escritório): BDTC 1,00

Projeto (campo): BSTC 0,80

8 10:16 PM





Bueiro existente: BSTC 0,80



Bueiro existente: BSTC 0,80

Projeto (escritório): BSTC 1,00







Bueiro existente: BSTC 0,80

Projeto (escritório): BSTC 1,00

Projeto (campo): BSTC 1,20

Cálculo das Vazões das Bacias Hidrográficas

2 - Método Racional com Coeficiente de Retardo

$$4\text{Km}^2 < \text{Área} < 10\text{Km}^2$$

A expressão para o coeficiente de retardo é:

$$\phi = \frac{1}{(100 A)^{1/n}} \text{ para } A \text{ em Km}^2$$

$n = 4$, pequenas declividades inferiores a 0.5 % (Burkli – Ziegler)

$n = 5$, médias declividades entre 0.5 e 1 % (MC MATH)

$n = 6$, fortes declividades, superiores a 1 % (BRIX)



Bueiro existente: BDTC 1,00



Bueiro existente: BDTC 1,00

Projeto (escritório): BSCC 2,5 x 2,5





A photograph of a rural landscape. In the foreground, there is a dirt road and a fence line with wooden posts. A pond is visible in the middle ground, surrounded by green grass and some reeds. The background features rolling hills with sparse vegetation and a cloudy sky.

Bueiro existente: BDTC 1,00

Projeto (escritório): BSCC 2,5 x 2,5

Projeto (campo): BDTC 1,00

Cálculo das Vazões das Bacias Hidrográficas

3 - Hidrograma Triangular Sintético “U.S.A. Soil Conservation Service”- Área > 10Km²

$$Q_p = \frac{K \cdot A \cdot qm}{T_p}$$

Onde:

Q = Vazão de pico em m³/s;

K = Constante empírica de 0,20836;

A = Área de drenagem em km²;

T_p = Tempo de pico do hidrograma.

Cálculo das Vazões das Bacias Hidrográficas

3 - Hidrograma Triangular Sintético “U.S.A. Soil Conservation Service”- Área > 10Km²

$$T_p = \frac{D}{2} + 0,6T_c \quad \text{sendo:}$$

$D = 2 \sqrt{T_c}$ - Duração do excesso de chuva de curta duração medido para as Bacias grandes e pequenas igual a aproximadamente;

T_c = tempo de concentração de Kirpich.

Cálculo das Vazões das Bacias Hidrográficas

3 - Hidrograma Triangular Sintético “U.S.A. Soil Conservation Service”- Área > 10Km²

Logo a descarga de pico da Bacia será:(pág 48)

$$Q_p = \frac{0,20836 \cdot A \cdot q_m}{0,6T_c + \sqrt{T_c}}$$

O valor de q_m pode ser tirado da Equação do “Soil Conservation Service”.

$$q_m = \frac{(P - 5,08 \times S)^2}{P + 20,32 \times S}$$

←
Precipitação Efetiva

Parcela da chuva que gera o escoamento superficial

Cálculo das Vazões das Bacias Hidrográficas

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Onde:

P = Altura acumulada de precipitação, a contar do início da chuva, em mm;

CN = Curva correspondente ao complexo solo/vegetação.



Estudos Hidrológicos

Projeto de Implantação e Pavimentação

Estudos Hidrológicos

Projeto de Restauração/ Reabilitação ?

Projeto de Duplicação?



**“ SE TENS QUE LIDAR COM ÁGUA,
CONSULTA PRIMEIRO A EXPERIÊNCIA
DEPOIS A RAZÃO”**

LEONARDO DA VINCE





Marcos Augusto Jabor

E-mail: mjabôr@terra.com.br

www.marcosjabor.com.br

Instagram: [@marcos_jabor](https://www.instagram.com/marcos_jabor)



Planilha de Cálculo de Vazão

$$A < 4 \text{ km}^2$$

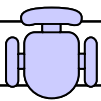
Método Racional

Bacia		Superfície	Alongamento	$\alpha = L / \sqrt{A}$	Declividade	Run-off	Tempo de concentração	t1	t2	$t2 = 1/\beta_2 \times t1^2$	$Tc = t1 + t2$	
		Área										\sqrt{A}
n°	ESTACA	H a	-	Hm	-	m / m	-	min.	min.	min.	min.	
Região Montanhosa												
1		120		12,0		0,025						
2		16		3,2		0,15						
3		5		2,3		0,10						
Região Plana												
4		8		1,7		0,25						
5		250		23,0		0,03						
MÉTODO RACIONAL A < 4,0 Km²												
página/apostila					43	52	44	45 a 50				
1/β₂ = 1,33(Região montanhosa)					1/β₂ = 1,67(Região Plana)							
Região Montanhosa: Ouro Preto - MG					Região Plana: Campos - Rj			1/β₂ = 1,67				

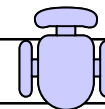
Bacia		Superfície		Alongamento		Declividade	Run-off	Tempo de concentração			
		Área		\sqrt{A}				L	$\alpha = L / \sqrt{A}$		
n°	ESTACA	H a	-	Hm	-	m / m	-	min.	min.	min.	min.
Região Montanhosa											
1		120		12,0		0,025					
2		16		3,2		0,15					
3		5		2,3		0,10					
Região Plana											
4		8		1,7		0,25					
5		250		23,0		0,03					
MÉTODO RACIONAL A < 4,0 Km²											
página/apostila						43	52	44	45 a 50		
1/β₂ = 1,33(Região montanhosa)						1/β₂ = 1,67(Região Plana)					
Região Montanhosa: Ouro Preto - MG						Região Plana: Campos - Rj			1/β₂ = 1,67		

Bacia		Superfície	\sqrt{A}	Alongamento	$\alpha = L / \sqrt{A}$	Declividade	Run-off	Tempo de concentração	t1	t2	$t2 = 1/\beta_2 \cdot t1^2$	$Tc = t1 + t2$
		Área		L		I	C					
n°	ESTACA	H a	-	Hm	-	m / m	-	min.	min.	min.	min.	
Região Montanhosa												
1		120	11,0	12,0		0,025						
2		16		3,2		0,15						
3		5		2,3		0,10						
Região Plana												
4		8		1,7		0,25						
5		250		23,0		0,03						
MÉTODO RACIONAL A < 4,0 Km²												
1/β₂ = 1,33(Região montanhosa)						1/β₂ = 1,67(Região Plana)						

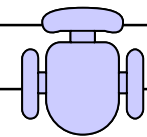
Bacia		Superfície		Alongamento		Declividade	Run-off	Tempo de concentração			
n°	ESTACA	Área	\sqrt{A}	L	$\alpha = \frac{L}{\sqrt{A}}$	I	C	t1	t2	$t2 = \frac{1}{\beta_2} \times t1^2$	$Tc = t1 + t2$
		H a	-	Hm	-	m / m	-	min.	min.	min.	min.
Região Montanhosa											
1		120	11,0	12,0	1,1	0,025					
2		16		3,2		0,15					
3		5		2,3		0,10					
Região Plana											
4		8		1,7		0,25					
5		250		23,0		0,03					
											MÉTODO RACIONAL A < 4,0 Km ²



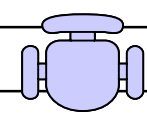
Bacia		Superfície	Alongamento		Declividade	Run-off	Tempo de concentração				
		Área	\sqrt{A}	L	$\alpha = L / \sqrt{A}$	I	C	t1	t'2	$t_2 = 1 / \beta_2 \times t_1^2$	$T_c = t_1 + t_2$
nº	ESTACA	Ha	-	Hm	-	m / m	-	min.	min.	min.	min.
Região Montanhosa											
1		120	11,0	12,0	1,1	0,025	0,30				
2		16		3,2		0,15					
3		5		2,3		0,10					
Região Plana											
4		8		1,7		0,25					
5		250		23,0		0,03					

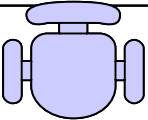


Bacia		Superfície		Alongamento		Declividade	Run-off	Tempo de concentração			
		Área	\sqrt{A}	L	$\alpha = L / \sqrt{A}$	I	C	t1	t2	$t2 = 1/\beta_2 \times t1^2$	$Tc = t1 + t2$
n°	ESTACA	Ha	-	Hm	-	m / m	-	min.	min.	min.	min.
Região Montanhosa											
1		120	11,0	12,0	1,1	0,025	0,30	16			
2		16		3,2		0,15					
3		5		2,3		0,10					
Região Plana											
4		8		1,7		0,25					
5		250		23,0		0,03					



Bacia		Superfície		Alongamento		Declividade	Run-off	Tempo de concentração			
		Área	\sqrt{A}	L	$\alpha = \frac{L}{\sqrt{A}}$	I	C	t1	t'2	$t_2 = 1/\beta_2 \times t'2$	$T_c = t_1 + t_2$
n°	ESTACA	H a	-	Hm	-	m / m	-	min.	min.	min.	min.
Região Montanhosa											
1		120	11,0	12,0	1,1	0,025	0,30	16	46,4	61,7	78
2		16		3,2		0,15					
3		5		2,3		0,10					
Região Plana											
4		8		1,7		0,25					
5		250		23,0		0,03					



Intensidade	Descarga	Dimensões da Obra	
I	Q	Projetada	
mm / h	m3 / seg.	tubo ou caixa	HW/D
45,57	4,6		
$Q = 0,0028 \times A \times C \times I$			

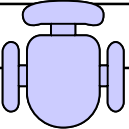
Intensidade	Descarga	Dimensões da Obra	
I	Q	Projetada	
mm / h	m ³ / seg.	tubo ou caixa	HW/D
45,57	4,6		
$Q = 0,0028 \times A \times C \times I$			

Planilha de Cálculo de Vazão

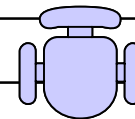
$$4 \text{ km}^2 < A < 10 \text{ km}^2$$

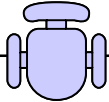
Método Racional c/ Coeficiente de Retardo

BACIA		ÁREA	COMP.TALVEGUE		RUN-OFF	Φ	TC	
Tr	ESTACA	A Km ²	L Km	I m / m	C -		min.	h
			Região Montanhosa					
25		5,0	6,0	0,032				
50		5,0	6,0	0,032				
25		8,5	4,0	0,025				
50								
			Região Plana					
25		6,5	4,8	0,028				
50								
25		7,1	6,95	0,013				
50								
					Pág. 53	Pág. 58		Pág. 51
			MÉTODO RACIONAL COM COEFICIENTE DE					


BACIA		ÁREA	COMP.TALVEGUE		RUN-OFF	Φ	TC		
Tr	ESTACA	A	L	I	C		min.	h	
		Km ²	Km	m / m	-				
			Região Montanhosa						
25		5,0	6,0	0,032	0,45				
50		5,0	6,0	0,032	0,45				
25		8,5	4,0	0,025					
50									
			Região Plana						
25		6,5	4,8	0,028					
50									
25		7,1	6,95	0,013					
50									
					Pág. 53				
			MÉTODO RACIONAL COM COEFICIENTE DE						

BACIA		ÁREA	COMP.TALVEGUE		RUN-OFF	Φ	TC		
		A	L	I	C		min.	h	
Tr	ESTACA	Km ²	Km	m / m	-				
			Região Montanhosa						
25		5,0	6,0	0,032	0,45	0,35			
50		5,0	6,0	0,032	0,45	0,35			
25		8,5	4,0	0,025					
50									
			Região Plana						
25		6,5	4,8	0,028					
50									
25		7,1	6,95	0,013					
50									
					Pág. 53	Pág. 58			
			MÉTODO RACIONAL COM COEFICIENTE DE						



BACIA		ÁREA	COMP.TALVEGUE		RUN-OFF	Φ			
		A	L	I	C		TC		
Tr	ESTACA	Km ²	Km	m / m	-		min.	h	
			Região Montanhosa						
25		5,0	6,0	0,032	0,45	0,35		0,99	
50		5,0	6,0	0,032	0,45	0,35		0,99	
25		8,5	4,0	0,025					
50									
			Região Plana						
25		6,5	4,8	0,028					
50									
25		7,1	6,95	0,013					
50									
					Pág. 53	Pág. 58		Pág. 51	
			MÉTODO						

INTENSIDADE	DESCARGA	DIMENSÕES DA OBRA	
I	Q		HW / D
mm / h	m ³ /s		
54,64	12,1		
60,96	13,5		
$Q = 0.2778 \times A \times C \times I \times \Phi$		Região Plana:Campos-Rj	
Região Montanhosa: Ouro Preto - MG			



**Método é uma
sequência de
procedimentos
necessários para
atingir uma
meta.**