Câmara Municipal de Pato Branco
PROTOCOLO GERAL 1513/2022
Data: 20/06/2022 - Horário: 17:27
Legislativo - ORP 194/2022

Ofício nº 239/AL

Pato Branco, 20 de junho de 2022.

Prezado Vereador,

Viemos através deste encaminhar ofício 20/2022 SEO em resposta ao requerimento 470/2022 encaminhado ao Executivo Municipal através do ofício 231/2022- DL

Ademais, aproveitamos o ensejo para renovar nossos votos de estima e apreço.

Atenciosamente,

Francieli Catusso Tamagno
Assessora de Assuntos Legislativos

Ofício nº 020/2022 SEO

A Secretaria de Gabinete

Prefeitura Municipal de Pato Branco

Venho por meio deste em resposta ao requerimento n° 470/2022, da Câmara Municipal de Pato Branco, no qual solicita projetos e demais documentos que fazem parte da obra da bacia de contenção do Bairro Bonato.

Em resposta a solicitação, segue em anexo arquivos contendo os projetos. Alguns dias atrás, recebemos a visita de representantes do Ministério Público que fizeram visita in loco e em conversa informal avisaram que estariam encaminhando algumas recomendações, até o momento não recebemos novo contato e estamos aguardando para dar continuidade ao projeto.

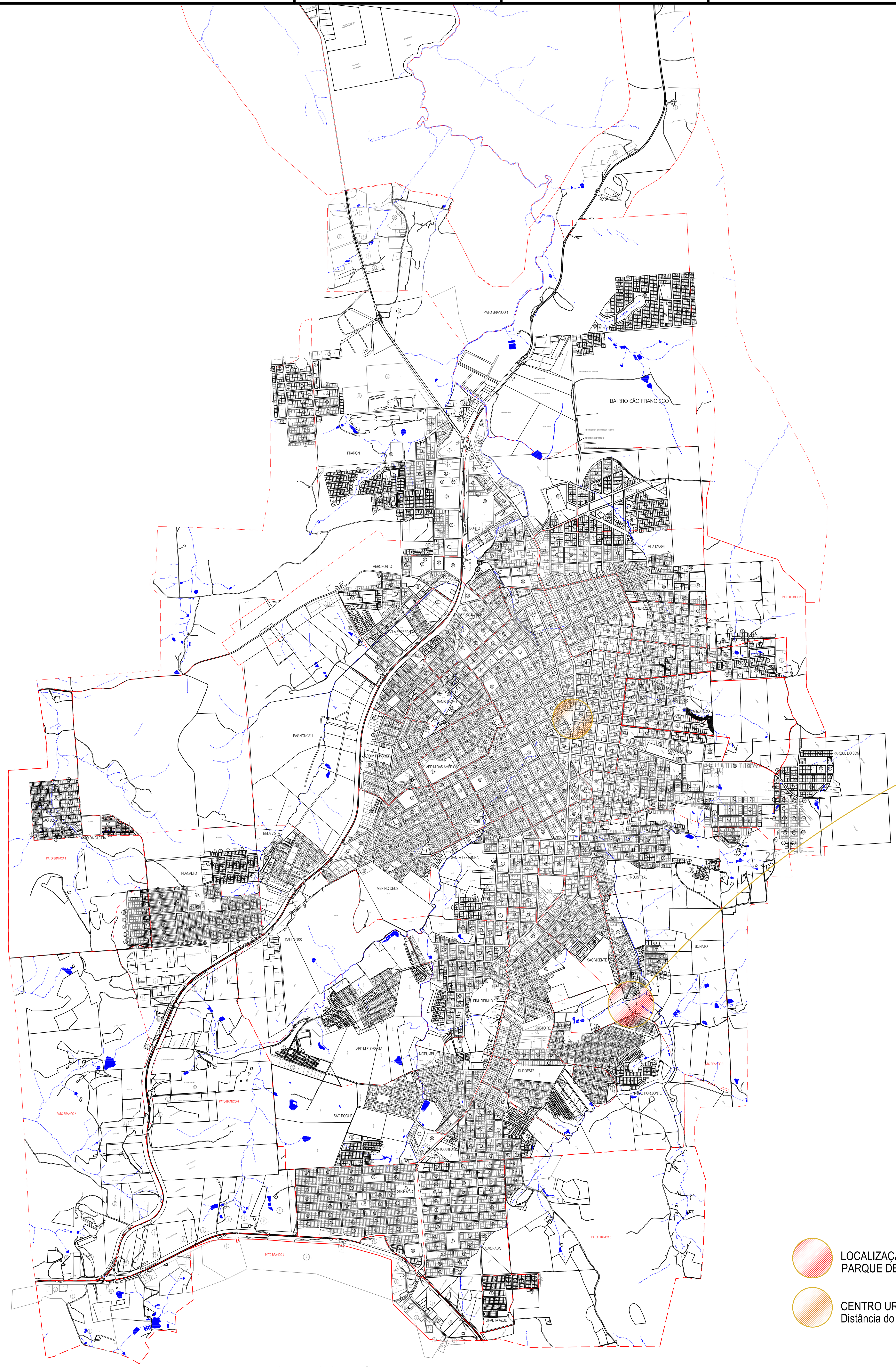
Informamos que a terraplanagem está concluída, estamos verificando os projetos antigos e dependendo das recomendações do Ministério Público, estes serão readequados os projetos para atender as observações, após esta etapa concluiremos os projetos e daremos prosseguimento a execução.

Pato Branco-PR, 20 de junho de 2022.

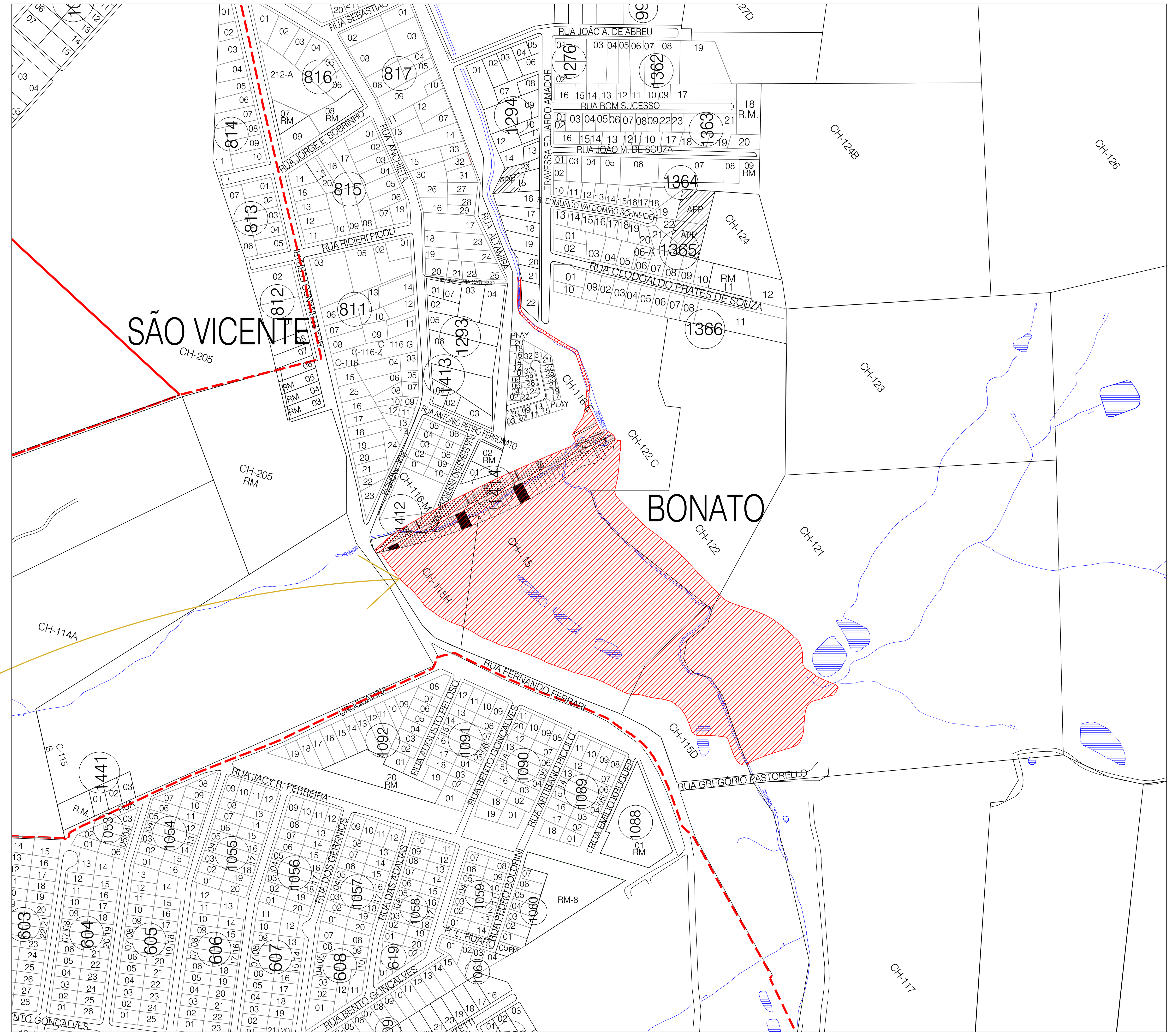
DANIEL PARCIANELLO :03632093954

Assinado de forma digital por DANIEL PARCIANELLO:03632093954
Dados: 2022.06.20 16:54:44 -03'00'

Daniel Parcianello
Secretario de Engenharia e Obras
Port. 401/2022



MAPA URBANO
ESCALA 1:15000



PLANTA DE LOCALIZAÇÃO
ESCALA 1:2000

LOCALIZAÇÃO DO PARQUE DE CONTENÇÃO DE ENCHENTES

CENTRO URBANO
Distância do Centro Até o Parque: 1,8km

MUNICÍPIO DE PATO BRANCO
Secretaria de Engenharia, Obras e Serviços Públicos
Rua Caramuru, 271 - Centro
Fone/Fax (46) 3223-2509
engenharia@patobranco.pr.gov.br

PROJETO: PROJETO DE DRENAGEM E MOVIMENTAÇÃO DE TERRA

PRANCHA: 01/09

CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO

REFERÊNCIA: CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIO DE AMORTECIMENTO DE CHEIAS DO BAIRRO BONATTO E CANALIZAÇÃO DO RIO LIGEIRO

ESCALA: INDICADA — DATA: MAI/2014

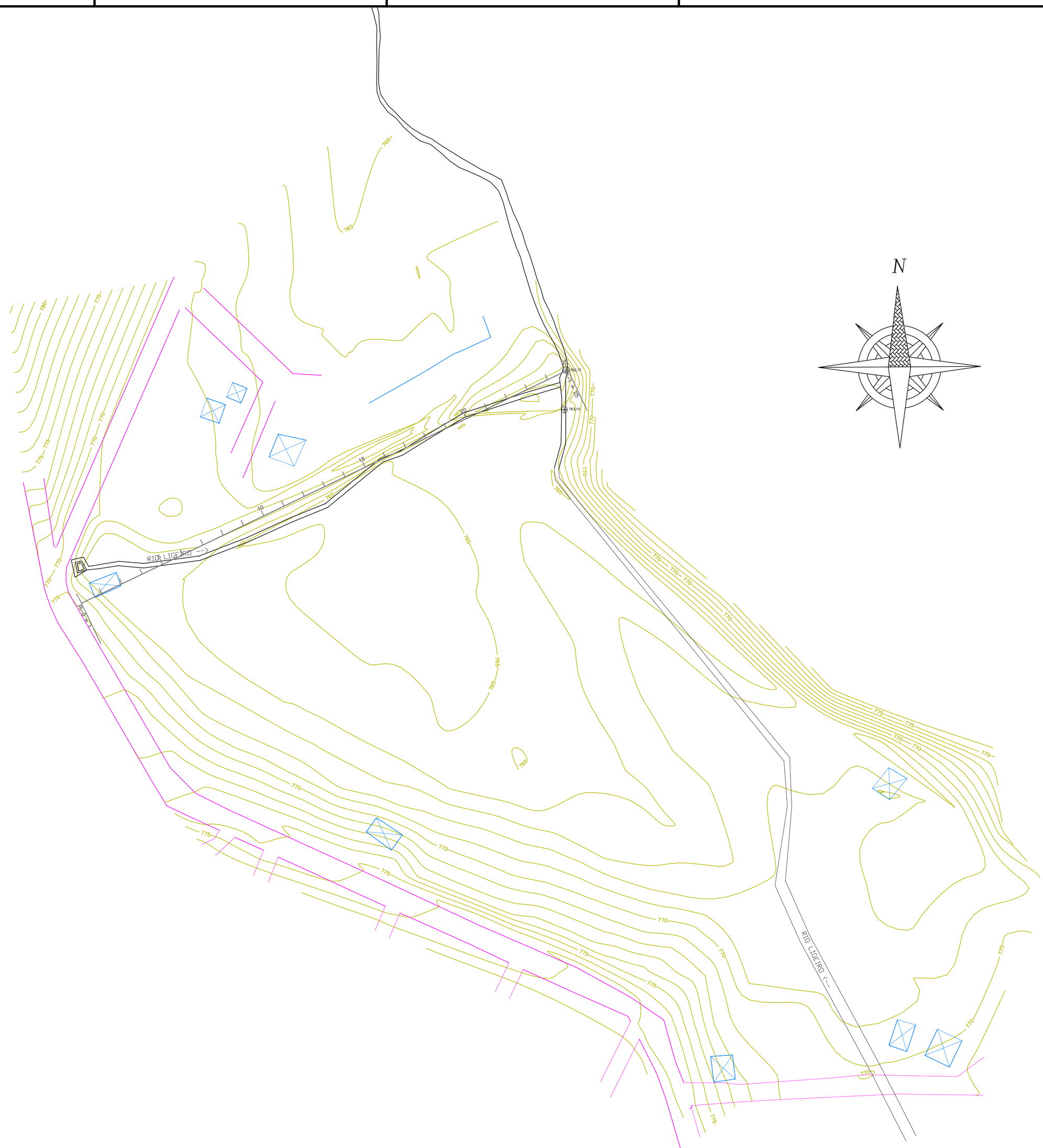
ESPECIFICAÇÃO: MAPA URBANO, PLANTA DE LOCALIZAÇÃO

DESENHO: JORGE

AUTORES DO PROJETO:

Alana Paula Mulhmann — ASS. — ENGENHEIRA CREA-PR 124.497/D

Jorge Eduardo Chio queta — ASS. — ENGENHEIRO CREA-PR 125.426/D



CONVENÇÕES	
Benfeitorias	
Curvas	
Meio-Fio	
área alagada	
área de folga	
Canalização Rio Ligeiro	
Desvio Rio Ligeiro para a contrução dos vertedouros	
Desvio braço Rio Ligeiro	

Área Alagada: 5,20 ha - cota 770,0
Área Alagada + folga: 5,47 ha - cota 770,5

PLANTA BAIXA TERRENO NATURAL

ESCALA 1:1000

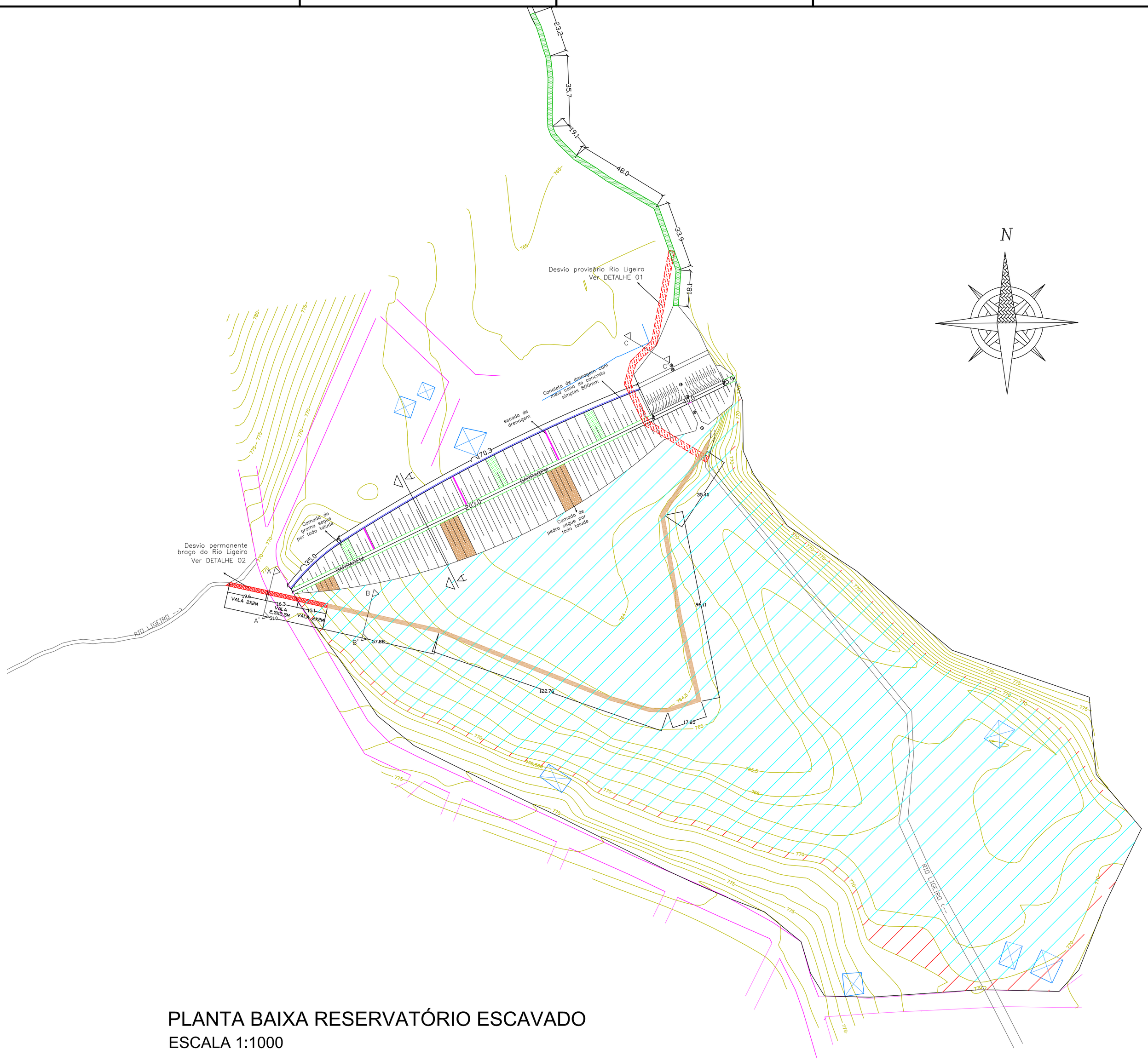
MUNICÍPIO DE PATO BRANCO
Secretaria de Engenharia, Obras e Serviços Públicos
Rua Caramuru, 271 - Centro
Fone/Fax (46) 3223-2509
engenharia@patobranco.pr.gov.br

PROJETO: PROJETO DE DRENAGEM E MOVIMENTAÇÃO DE TERRA
FRANCHA: 02/09
CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO
REFERÊNCIA: CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIO DE AMORTECIMENTO DE CHEIAS DO BAIRRO BONATTO E CANALIZAÇÃO DO RIO LIGEIRO
ESCALA: INDICADA
DATA: MAI/2014
ESPECIFICAÇÃO: PLANTA BAIXA TERRENO NATURAL
DESENHO: JORGE

AUTORES DO PROJETO

Alana Paula Mulhmann ASS ENGENHEIRA CREA-PR 124.497/D

Jorge Eduardo Chio queta ASS ENGENHEIRO CREA-PR 125.426/D



N

LEGENDA
1 CANAL DE APROXIMAÇÃO
2 CANAL DO VERTEDOR
3 VERTEDOR
4 RAPIDO
5 BACIA DE DISSIPAÇÃO
6 TRANSIÇÃO

CONVENÇÕES	
Benfeitorias	
Curvas	
Meio-Fio	
área alagada	
área de folga	
Canalização Rio Ligeiro	
Desvio Rio Ligeiro para a construção dos verted. (ensecadeiras)	
Desvio braço Rio Ligeiro (galeria fechada)	
Desvio braço Rio Ligeiro (galeria aberta)	

Área Alagada: 5,20 ha - cota 770,0
Área Alagada + folga: 5,47 ha - cota 770,5

PLANTA BAIXA RESERVATÓRIO ESCAVADO

ESCALA 1:1000

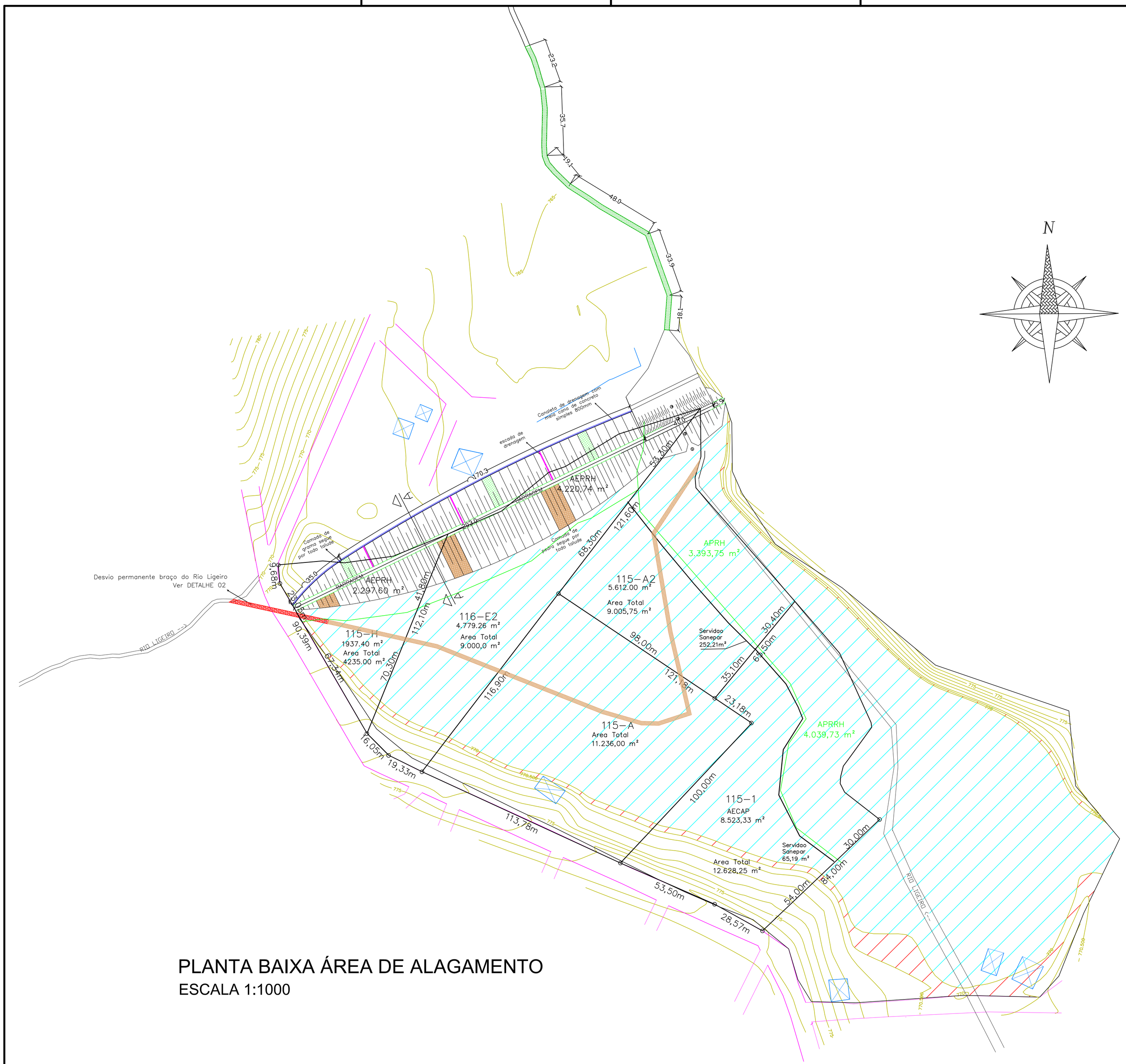
MUNICIPIO DE PATO BRANCO
Secretaria de Engenharia, Obras e Serviços Públicos
Rua Caramuru, 271 - Centro
Fone/Fax (46) 3223-2509
engenharia@patobranco.pr.gov.br

PROJETO: PROJETO DE DRENAGEM E MOVIMENTAÇÃO DE TERRA
PRANCHA: 03/09
CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO
REFERÊNCIA: CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIO DE AMORTECIMENTO DE CHEIAS DO BAIRRO BONATTO E CANALIZAÇÃO DO RIO LIGEIRO
ESCALA: INDICADA
DATA: MAI/2014
ESPECIFICAÇÃO: PLANTA BAIXA TERRENO NATURAL
DESENHO: JORGE

AUTORES DO PROJETO

Alana Paula Mulhmann — ASS — ENGENHEIRA CREA-PR 124.497/D

Jorge Eduardo Chio queta — ASS — ENGENHEIRO CREA-PR 125.426/D



LEGENDA
1 CANAL DE APROXIMAÇÃO
2 CANAL DO VERTEDOR
3 VERTEDOR
4 RAPIDO
5 BACIA DE DISSIPAÇÃO
6 TRANSIÇÃO

CONVENÇÕES	
Benfeitorias	
Curvas	
Meio-Fio	
área alagada	
área de folga	
Canalização Rio Ligeiro	
Desvio Rio Ligeiro para a construção dos verted. (ensecadeiras)	
Desvio braço Rio Ligeiro (galeria fechada)	
Desvio braço Rio Ligeiro (galeria aberta)	

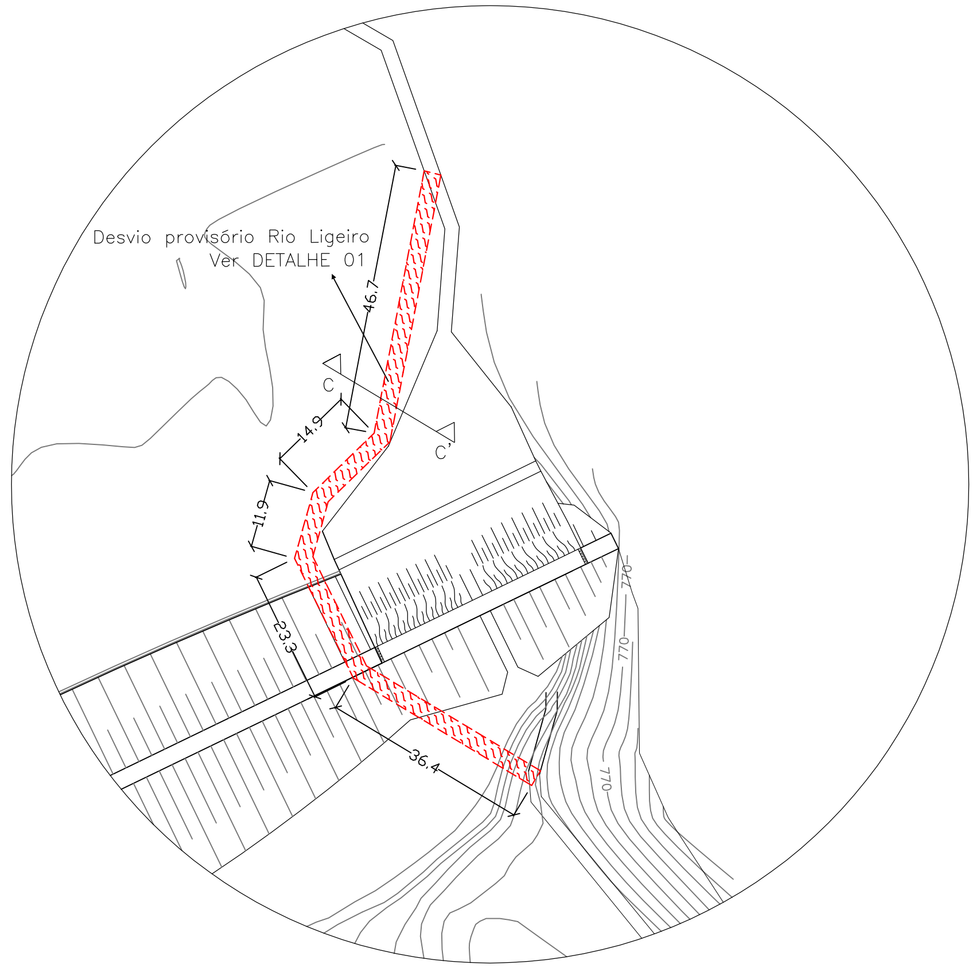
Área Alagada: 5,20 ha - cota 770,0
Área Alagada + folga: 5,47 ha - cota 770,5

PLANTA BAIXA ÁREA DE ALAGAMENTO

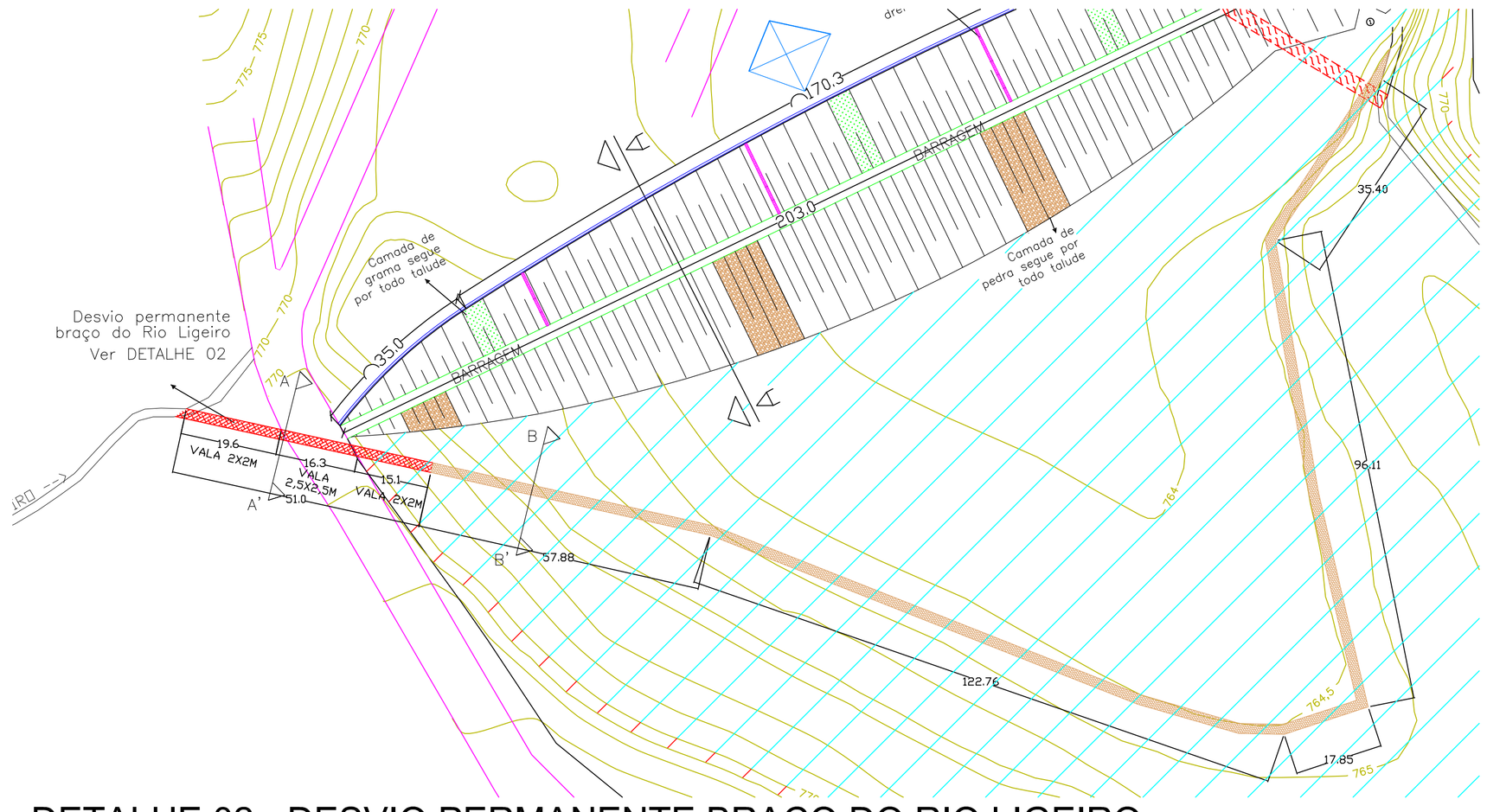
ESCALA 1:1000

MUNICIPIO DE PATO BRANCO
Secretaria de Engenharia, Obras e Serviços Públicos
Rua Caramuru, 271 - Centro
Fone/Fax (46) 3223-2509
engenharia@patobranco.pr.gov.br

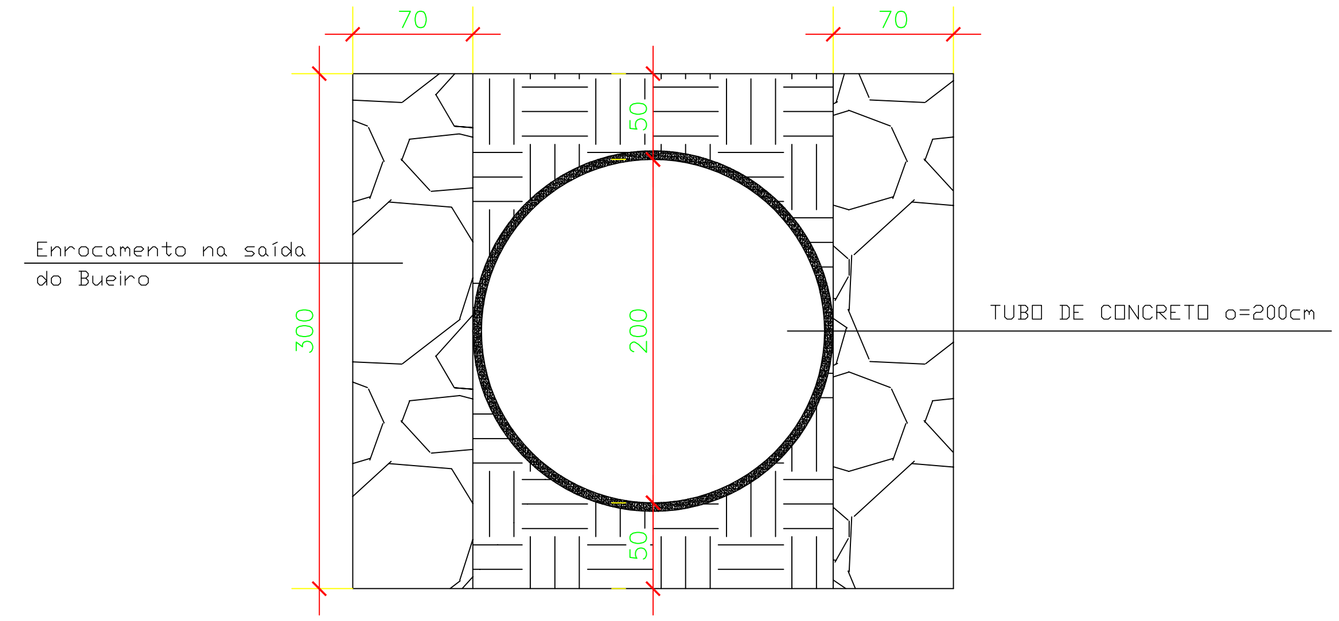
PROJETO: PROJETO DE DRENAGEM E MOVIMENTAÇÃO DE TERRA
PRANCHA: 04/09
CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO
REFERÊNCIA: CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIO DE AMORTECIMENTO DE CHEIAS DO BAIRRO BONATTO E CANALIZAÇÃO DO RIO LIGEIRO
ESCALA: INDICADA
DATA: MAI/2014
ESPECIFICAÇÃO: PLANTA BAIXA ÁREA DE ALAGAMENTO
DESENHO: JORGE
AUTORES DO PROJETO:
Alana Paula Mulhmann — ASS — ENGENHEIRA CREA-PR 124.497/D
Jorge Eduardo Chio queta — ASS — ENGENHEIRO CREA-PR 125.426/D



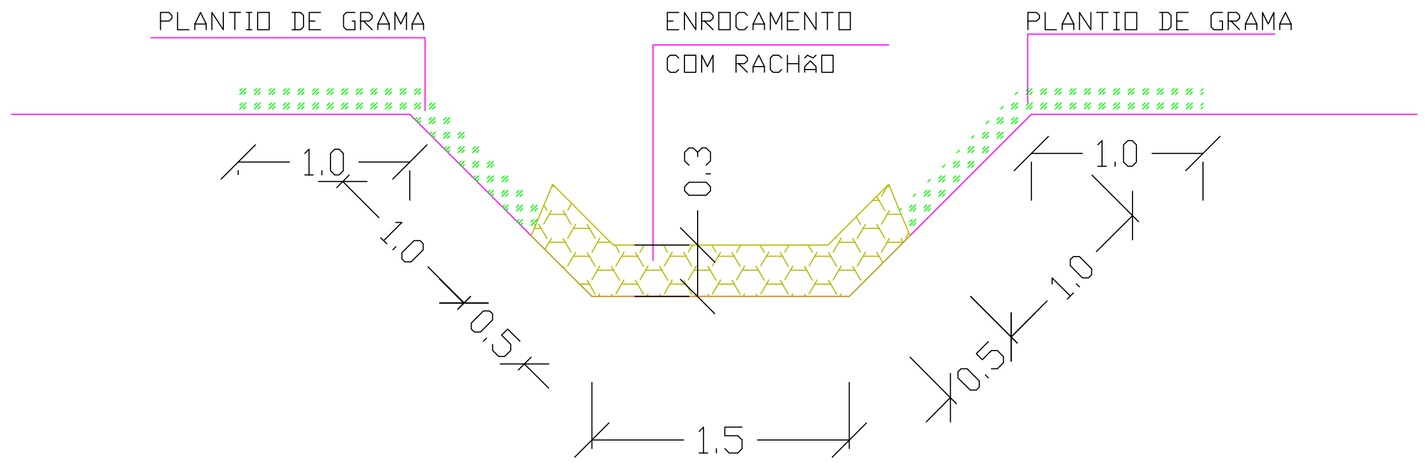
DETALHE 01 - DESVIO PROVISÓRIO DO RIO LIGEIRO
PARA CONSTRUÇÃO DOS VERTEDOUROS
ESCALA 1:750



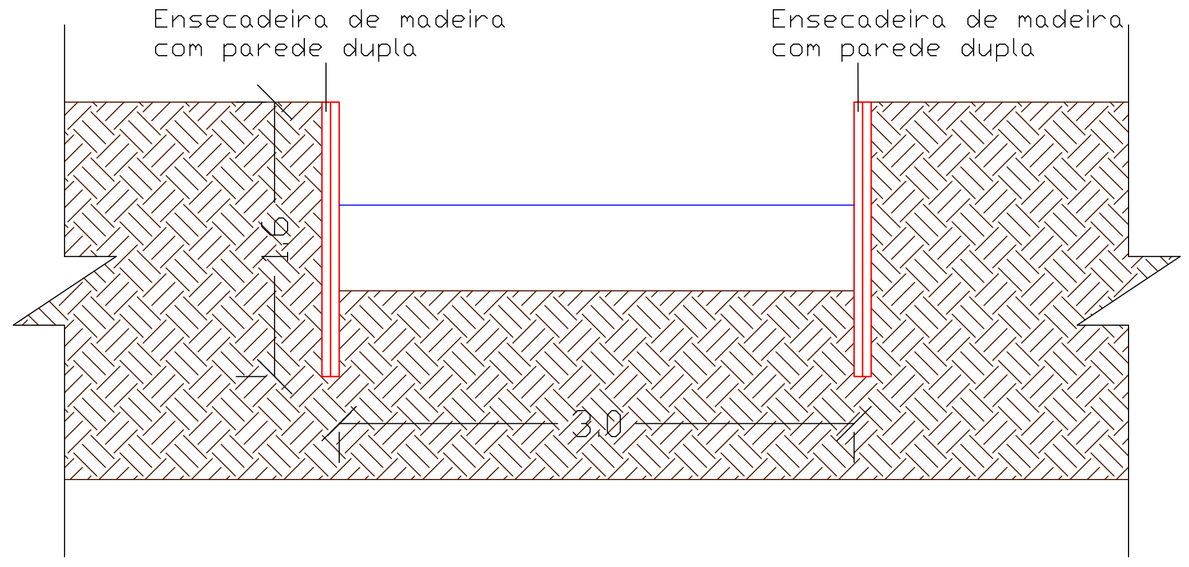
DETALHE 02 - DESVIO PERMANENTE BRAÇO DO RIO LIGEIRO
ESCALA 1:750



CORTE AA' - SEÇÃO FECHADA DESVIO PERMANENTE DO BRAÇO DO RIO LIGEIRO
ESCALA 1:25



CORTE BB' - SEÇÃO ABERTA DESVIO PERMANENTE
BRAÇO DO RIO LIGEIRO
ESCALA 1:25

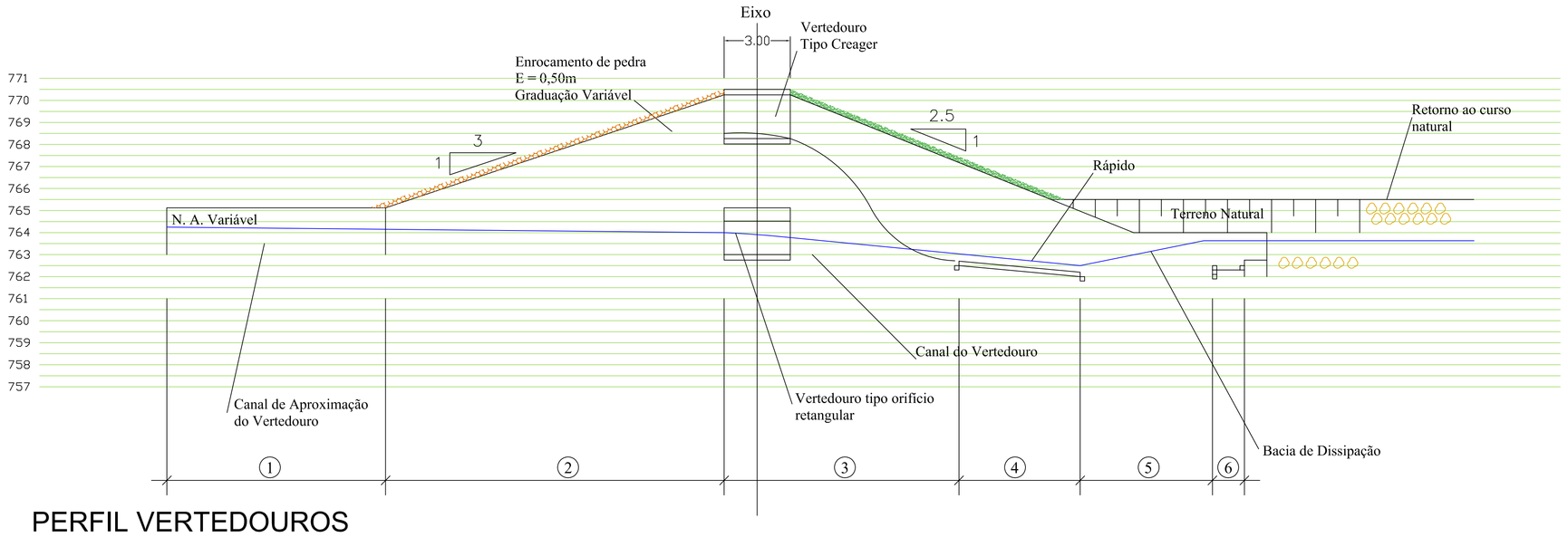


CORTE CC' - ENSECADEIRAS PARA DESVIO DO RIO LIGEIRO
ESCALA 1:25

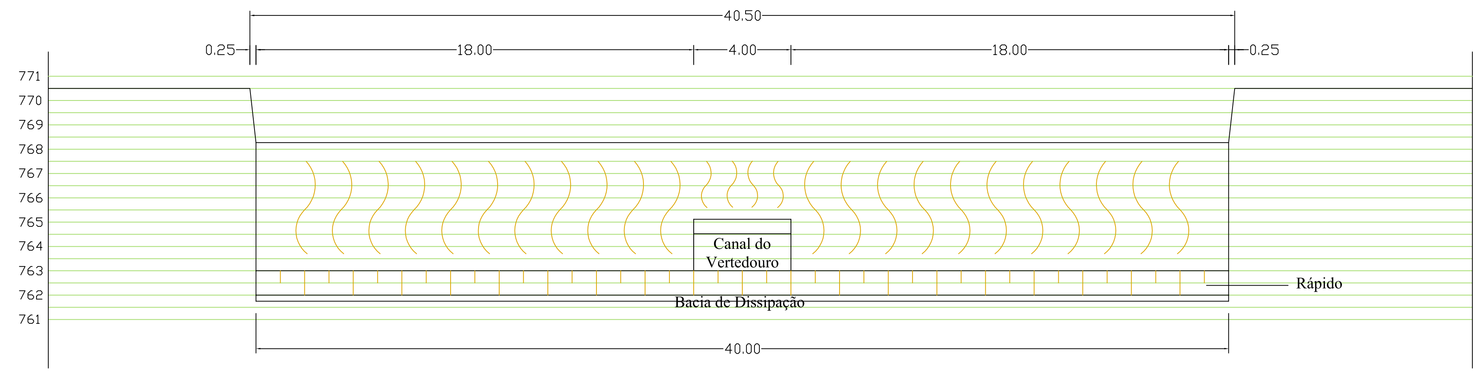
MUNICÍPIO DE PATO BRANCO
Secretaria de Engenharia, Obras e Serviços Públicos
Rua Caramuru, 271 - Centro
Fone/Fax (46) 3223-2509
engenharia@patobranco.pr.gov.br

PROJETO: PROJETO DE DRENAGEM E MOVIMENTAÇÃO DE TERRA
FRANCHA: 05/09
CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO
REFERÊNCIA: CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIO DE AMORTECIMENTO DE CHEIAS DO BAIRRO BONATTO E CANALIZAÇÃO DO RIO LIGEIRO
ESCALA: INDICADA
DATA: MAI/2014
ESPECIFICAÇÃO: DETALHE 01, DETALHE 02, CORTE BB
DESENHO: JORGE

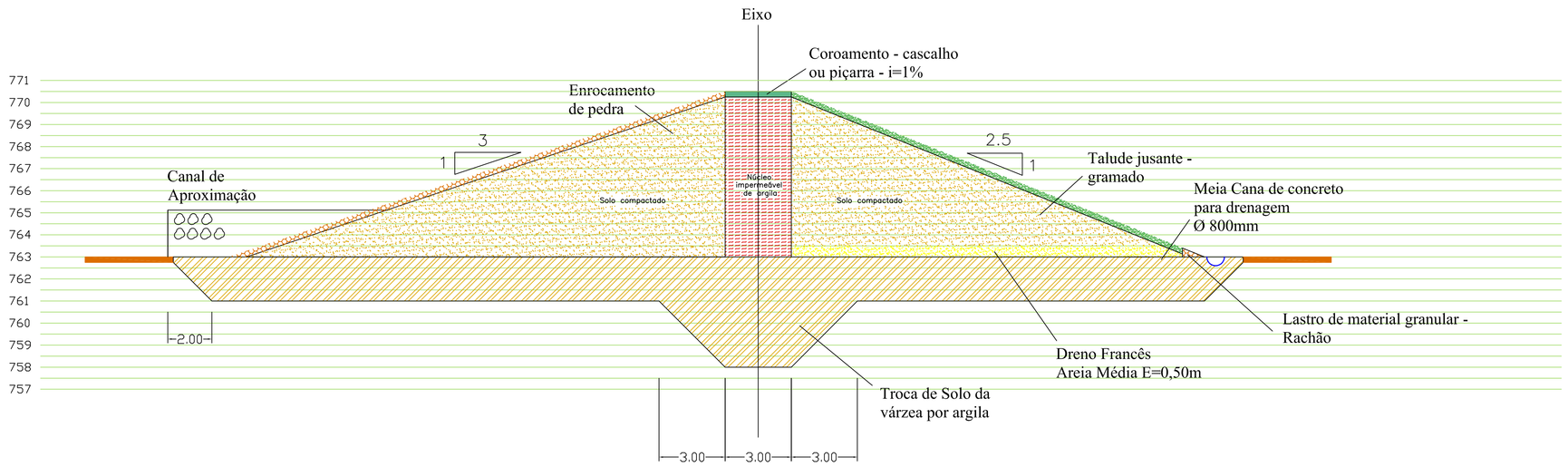
AUTORES DO PROJETO
Alana Paula Mulhmann — ASS — ENGENHEIRA CREA-PR 124.497/D
Jorge Eduardo Chio queta — ASS — ENGENHEIRO CREA-PR 125.426/D



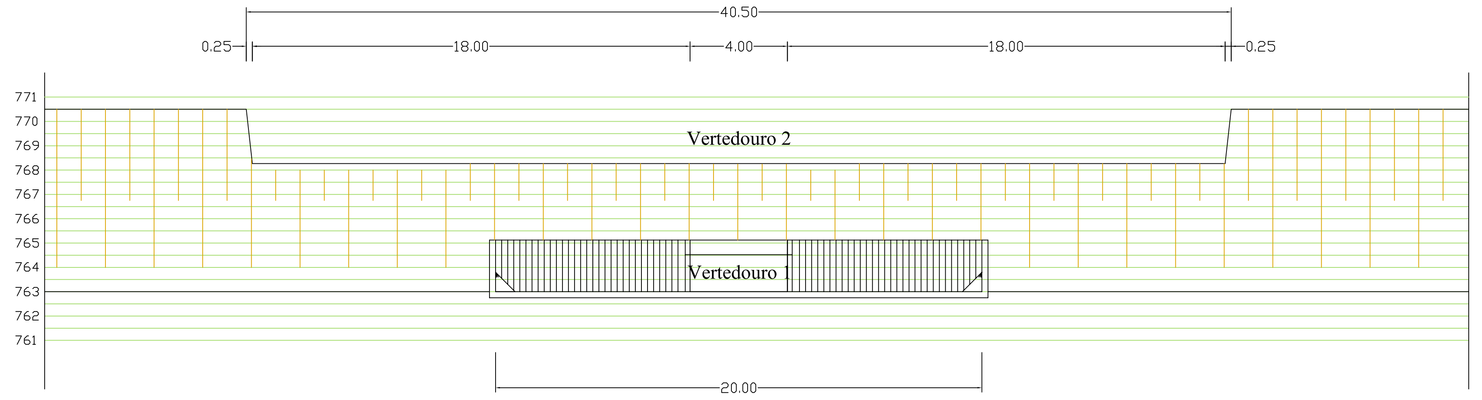
PERFIL VERTEDOUROS
ESCALA 1:125



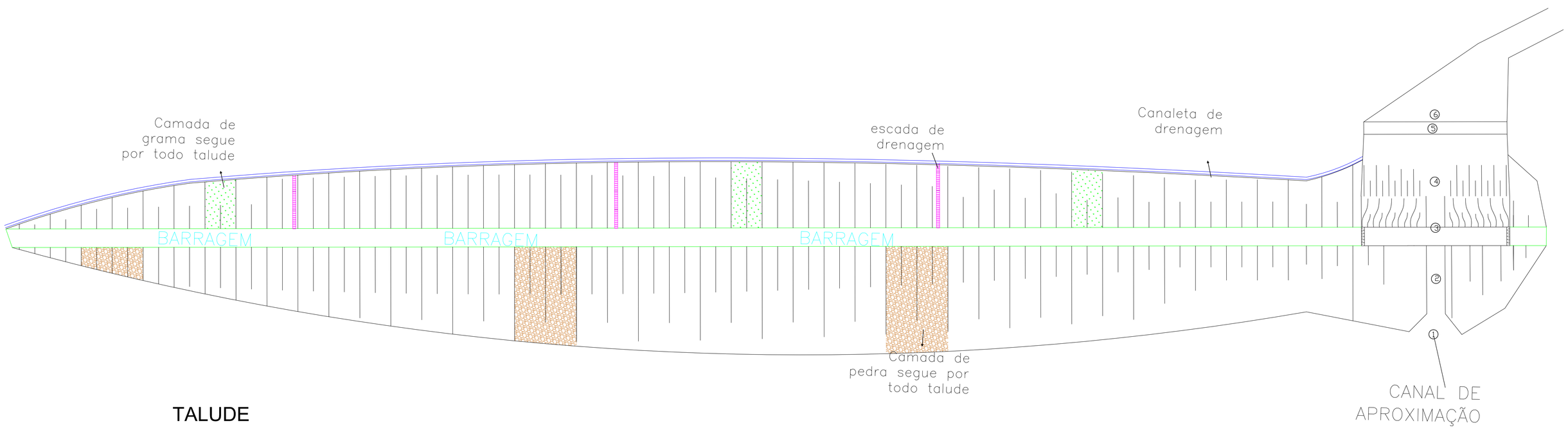
CANAL DO VERTEDOURO
ESCALA 1:125



CORTE AA - PERFIL TALUDE
ESCALA 1:125



CANAL DE APROXIMAÇÃO
ESCALA 1:125



TALUDE
SEM ESCALA

	TRECHO	ESPECIFICAÇÃO	FORMA DA SEÇÃO	b (m)	L (m)	i (m/m)	REVESTIMENTO
1	Canal de Aproximação		Trapezoidal	variável	10,0	0,0	terra
2	Canal do Vertedouro		Retangular	4,0	15,4	0,0	concreto
3	Canal do Vertedouro		Retangular	4,0	10,6	0,0	concreto
4	Rápido	4.1 Vertedouro 1	Retangular	4,0	5,5	0,2	concreto
		4.2 Vertedouro 2	Retangular	40,0	5,5	0,2	concreto
5	Bacia de Dissipação		Retangular	40,0	6,0	0,0	concreto
6	Transição		Retangular para Trapezoidal	40,00 até a largura do rio	-	-	concreto

MUNICÍPIO DE PATO BRANCO
Secretaria de Engenharia, Obras e Serviços Públicos
Rua Caramuru, 271 - Centro
Fone/Fax (46) 3223-2509
engenharia@patobranco.pr.gov.br

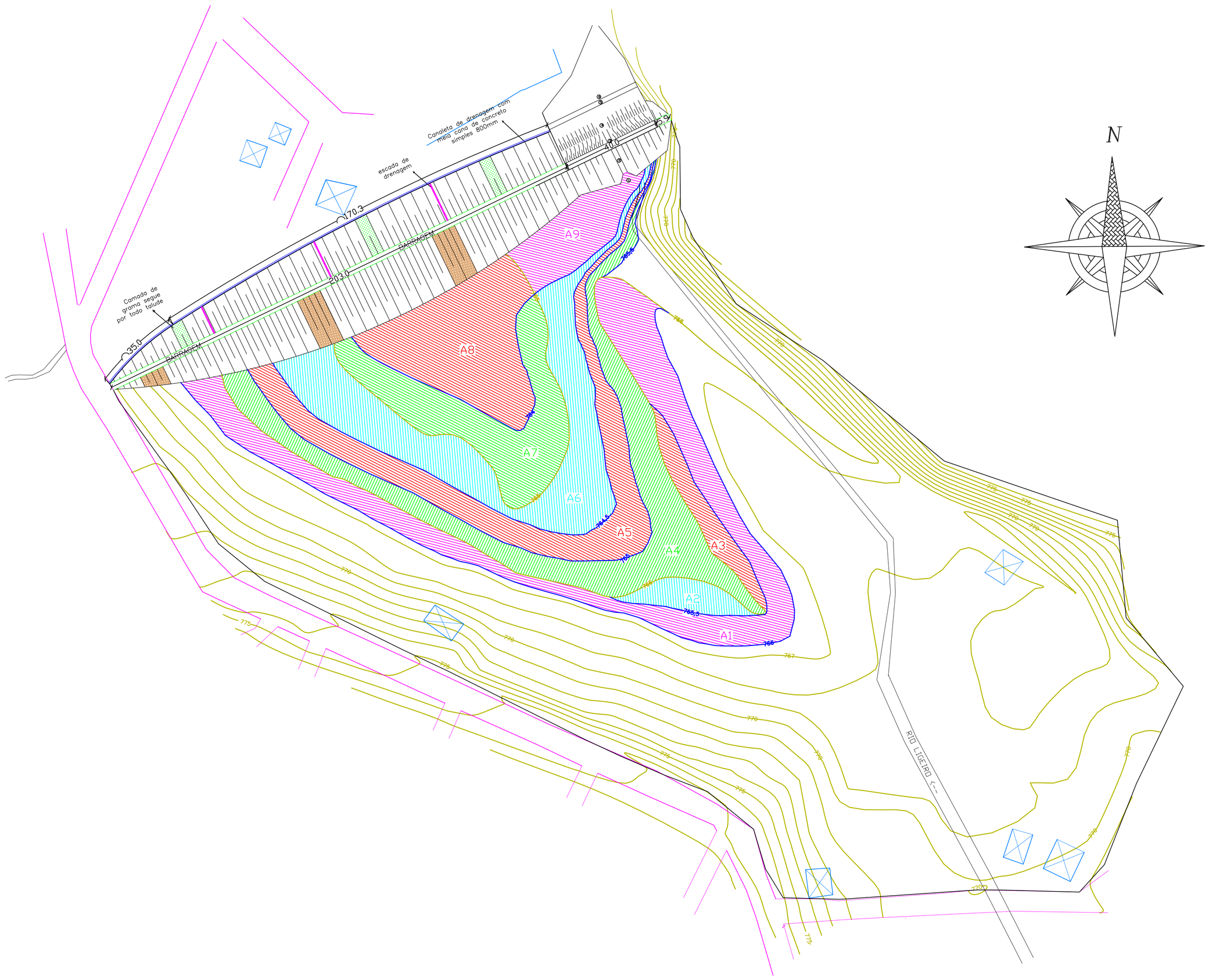
PROJETO DE DRENAGEM E MOVIMENTAÇÃO DE TERRA — PRANCHA 06/09

CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO

REFERÊNCIA: CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIO DE AMORTECIMENTO DE CHEIAS DO BAIRRO BONATTO E CANALIZAÇÃO DO RIO LIGEIRO — ESCALA: INDICADA — DATA: 10/04/2014

ESPECIFICAÇÃO: PERFIL VERTEDOUROS, CANAL DO VERTEDOURO, CORTE AA - PERFIL DO TALUDE, CANAL DE APROXIMAÇÃO, TALUDE — DESENHO: JORGE

AUTORES DO PROJETO:
Alana Paula Muhmann — ASS. — ENGENHEIRA CREA/PR 124.497/D
Jorge Eduardo Chiogueta — ASS. — ENGENHEIRO CREA/PR 125.436/D



CONVENÇÕES	
Curvas de Nível Terreno Natural	
Curvas de Nível Terreno Alterado	

VOLUMES DE ESCAVAÇÃO			
ÁREAS		ALTURA ESCAVADA	VOLUMES
A1	4118,67 m2	1,0	4118,67 m3
A2	667,15 m2	1,5	1000,73 m3
A3	279,24 m2	1,5	418,86 m3
A4	3737,01 m2	0,5	1868,51 m3
A5	2829,16 m2	1,0	2829,16 m3
A6	3796,24 m2	1,5	5694,36 m3
A7	2448,18 m2	0,5	1224,09 m3
A8	2669,47 m2	1,0	2669,47 m3
A9	1078,08 m2	2,0	2156,16 m3
VOLUME TOTAL DE ESCAVAÇÃO			21980,00 m3
ÁREA TOTAL DE ESCAVAÇÃO			21623,20 m2

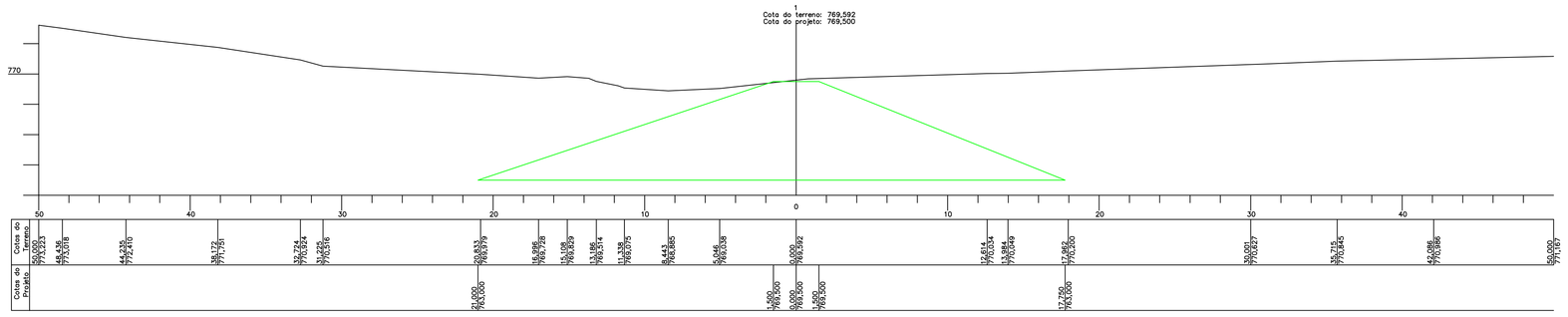
PLANTA DE ESCAVAÇÃO DA BACIA

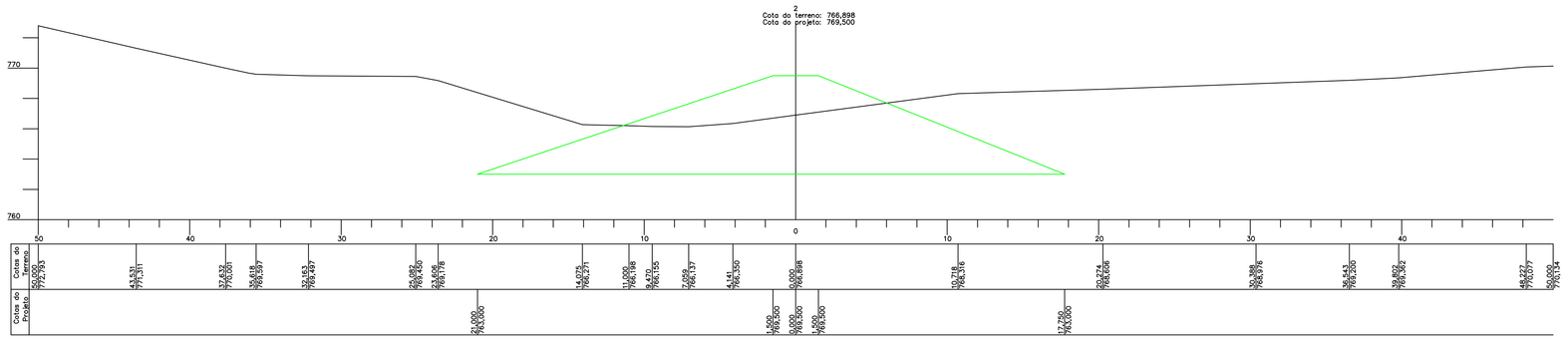
ESCALA 1:1000

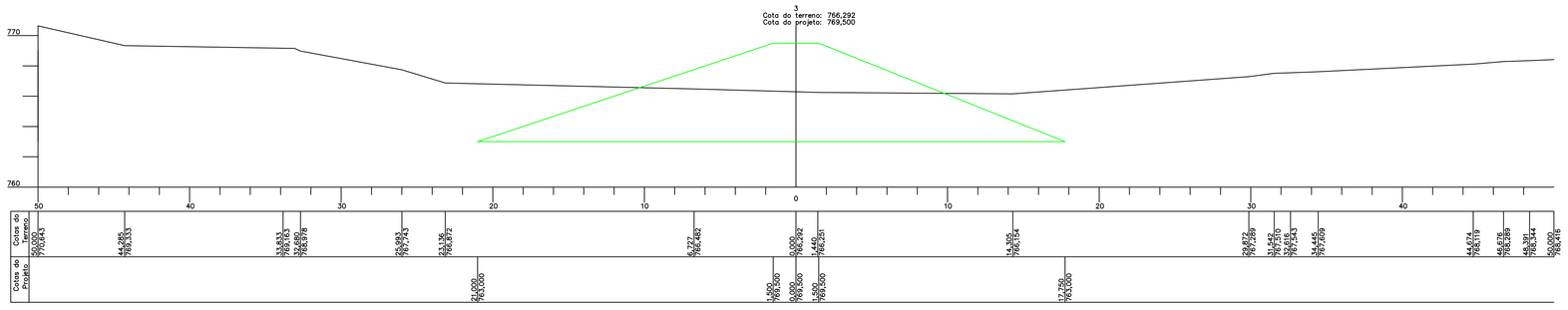
MUNICÍPIO DE PATO BRANCO
Secretaria de Engenharia, Obras e Serviços Públicos
Rua Caramuru, 271 - Centro
Fone/Fax (46) 3223-2509
engenharia@patobranco.pr.gov.br

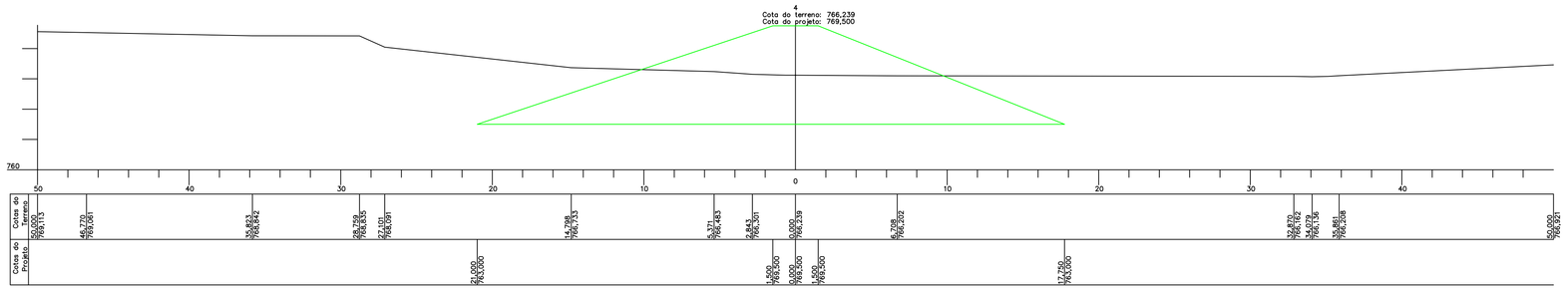
PROJETO: PROJETO DE DRENAGEM E MOVIMENTAÇÃO DE TERRA
PRANCHA: 07/09
CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO
REFERÊNCIA: CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIO DE AMORTECIMENTO DE CHEIAS DO BAIRRO BONATTO E CANALIZAÇÃO DO RIO LIGEIRO
ESCALA: INDICADA
DATA: MAI/2014
ESPECIFICAÇÃO: PLANTA DE ESCAVAÇÃO DA BACIA
DESENHO: JORGE
AUTORES DO PROJETO:

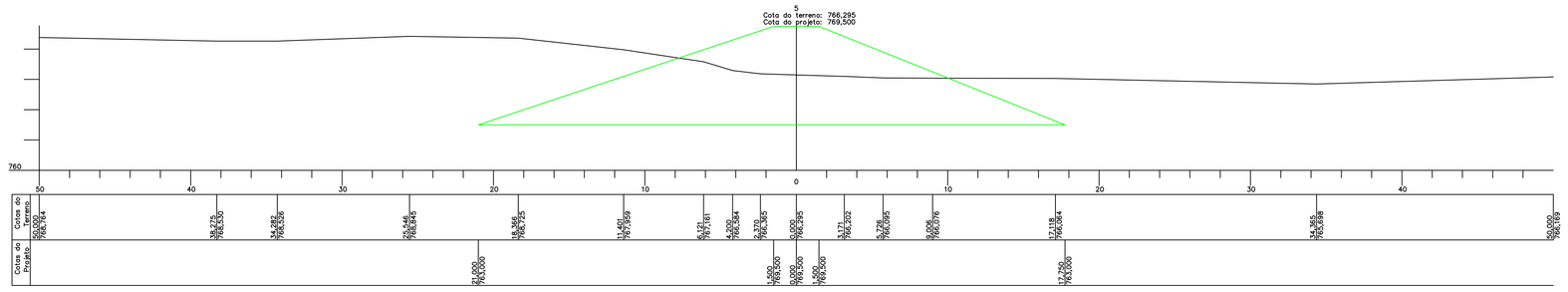
Alana Paula Mulhmann ASS. ENGENHEIRA CREA-PR 124.497/D
Jorge Eduardo Chio queta ASS. ENGENHEIRO CREA-PR 125.426/D

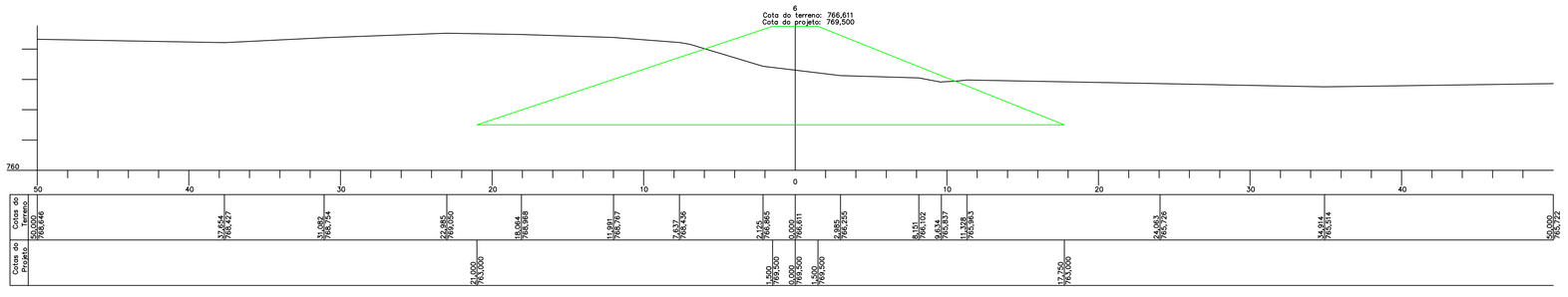


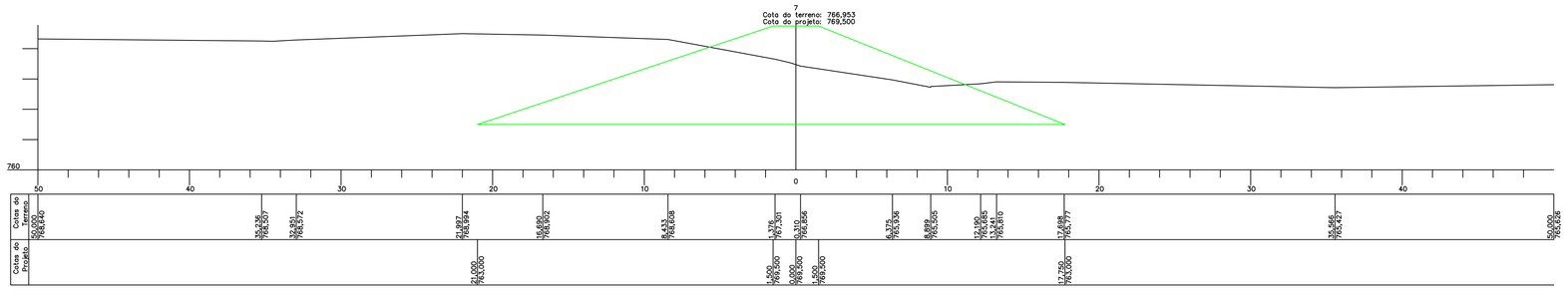


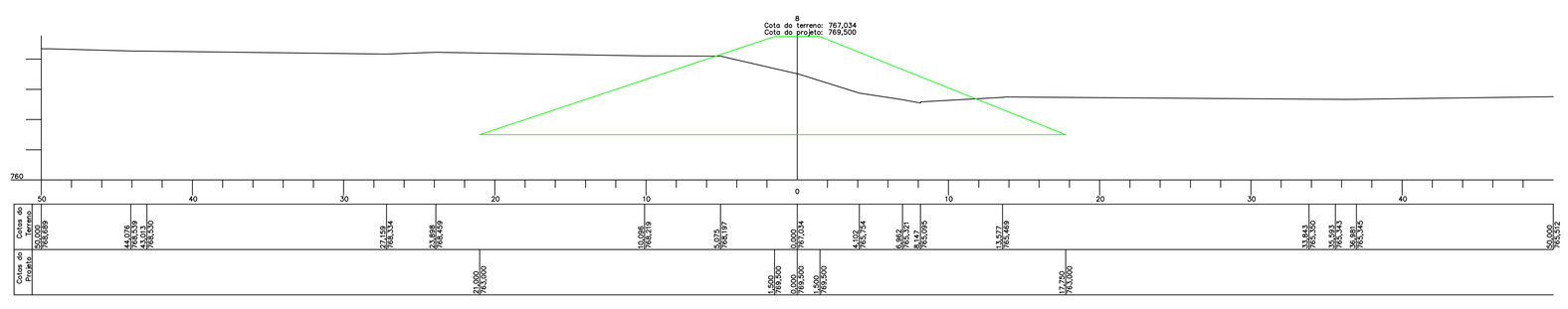


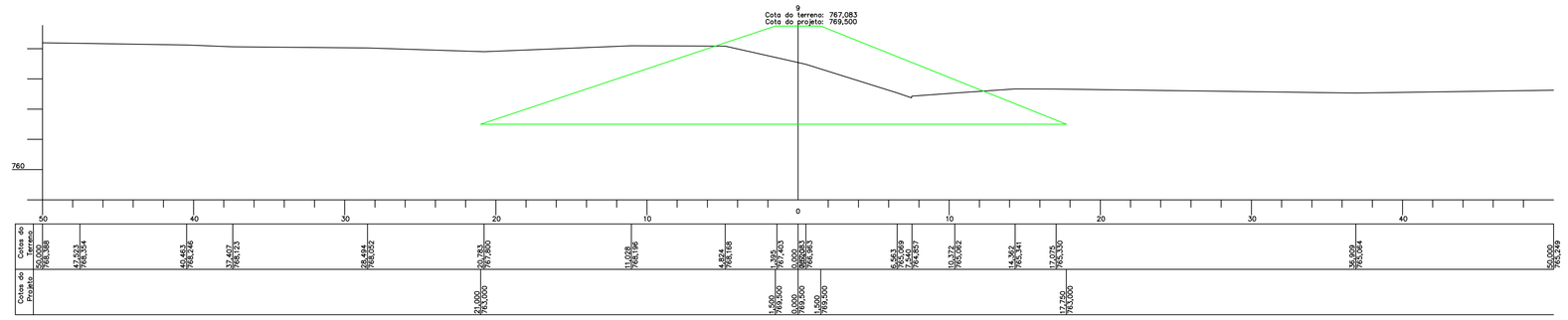


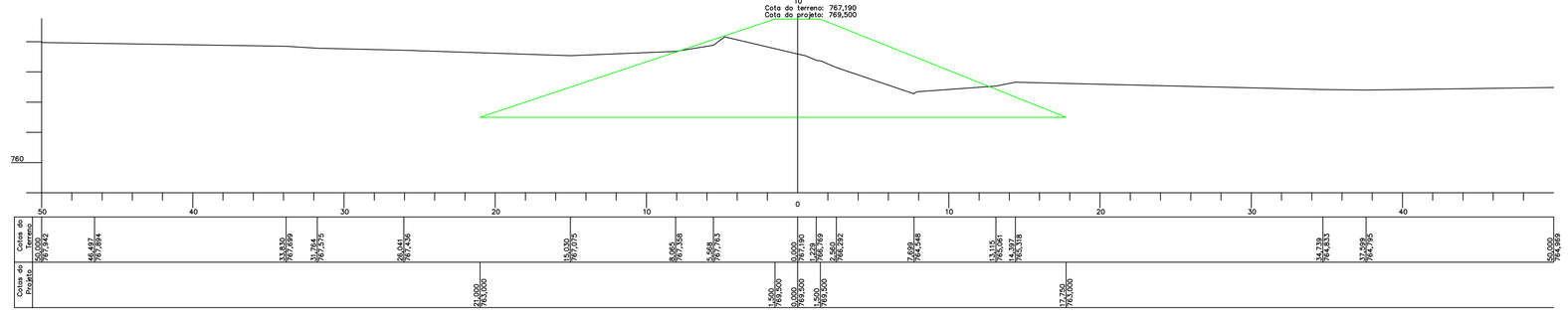


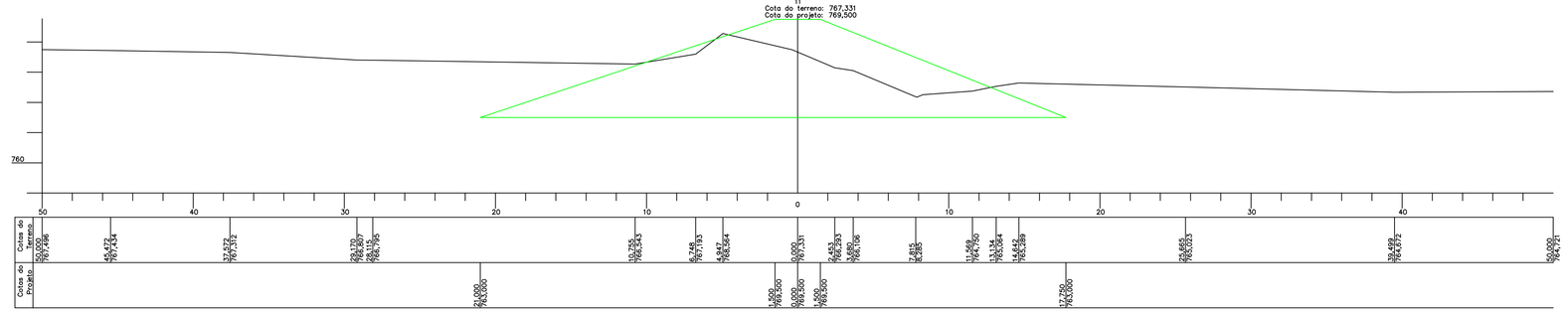


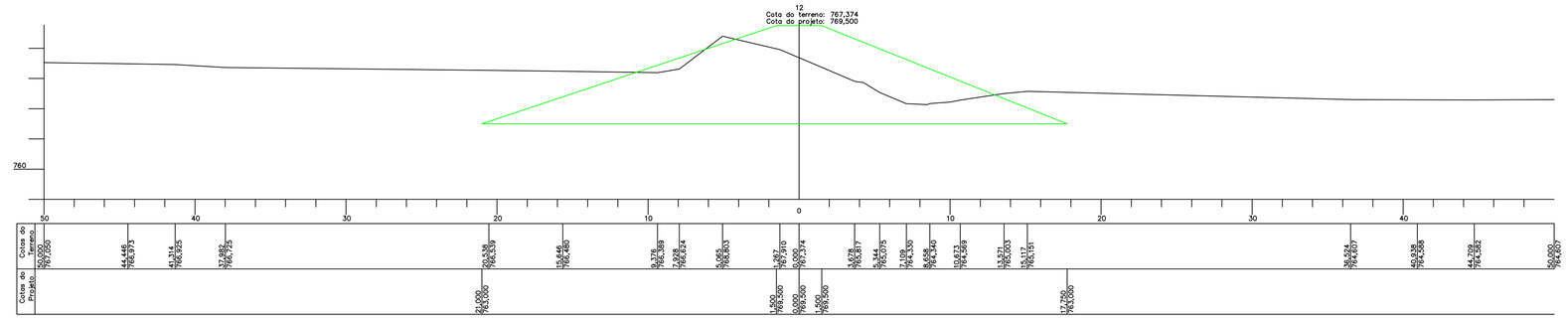


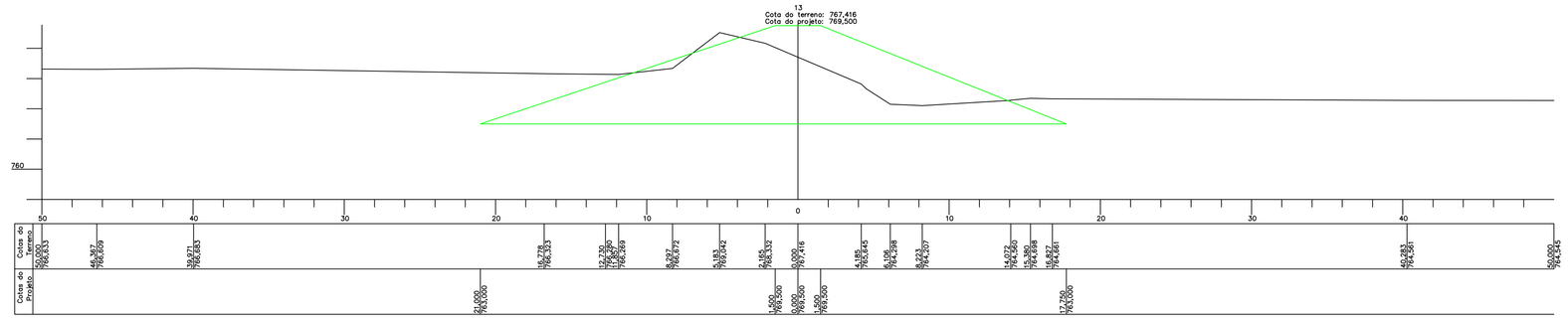












LEGENDA:

——— Perfil natural do terreno

——— Perfil do projeto

MUNICÍPIO DE PATO BRANCO
Secretaria de Engenharia, Obras e Serviços Públicos
Rua Caramuru, 271 - Centro
Fone/Fax (46) 3223-2509
engenharia@patobranco.pr.gov.br

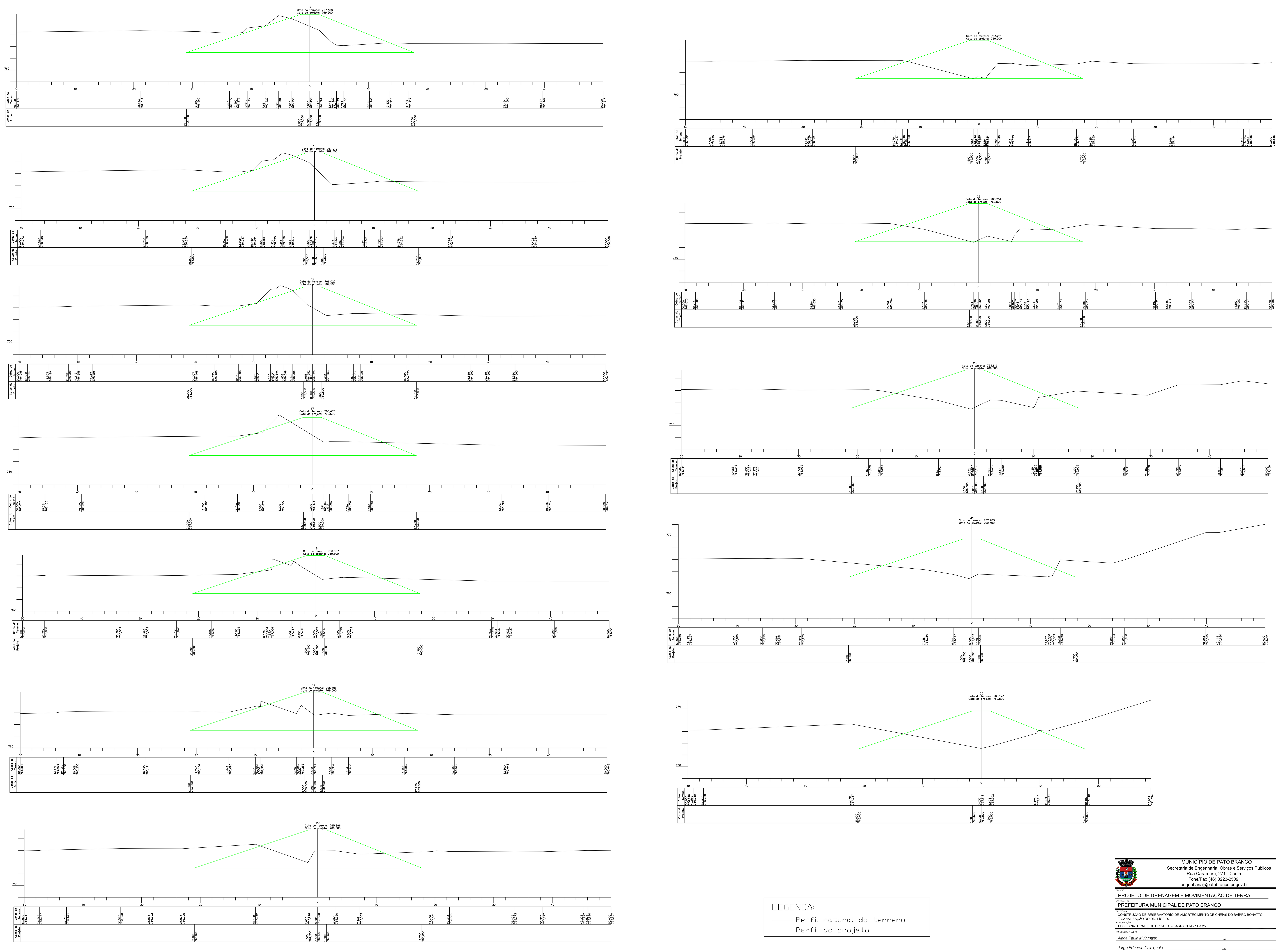
PROJETO DE DRENAGEM E MOVIMENTAÇÃO DE TERRA — PRANCHA: 08/09

CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO

REFERÊNCIA: CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIO DE AMORTECIMENTO DE CHEIAS DO BAIRRO BONATTO E CANALIZAÇÃO DO RIO LIGEIRO — ESCALA: 1:1000 — DATA: NOV/2014

CONTEÚDO: PERFIS NATURAL E DE PROJETO - BARRAGEM - 01 a 13 — FORMATO: A1/A2

AUTORES DO PROJETO:
Alana Paula Mulhmann — ENGENHEIRA CREA/PR 126.870
Jorge Eduardo Chio queta — ENGENHEIRO CREA/PR 125.600



MUNICÍPIO DE PATO BRANCO
Secretaria de Engenharia, Obras e Serviços Públicos
Rua Caramuru, 271 - Centro
Fone/Fax (46) 3223-2509
engenharia@patobranco.pr.gov.br

PROJETO
PROJETO DE DRENAGEM E MOVIMENTAÇÃO DE TERRA

PRANCHA
09/09

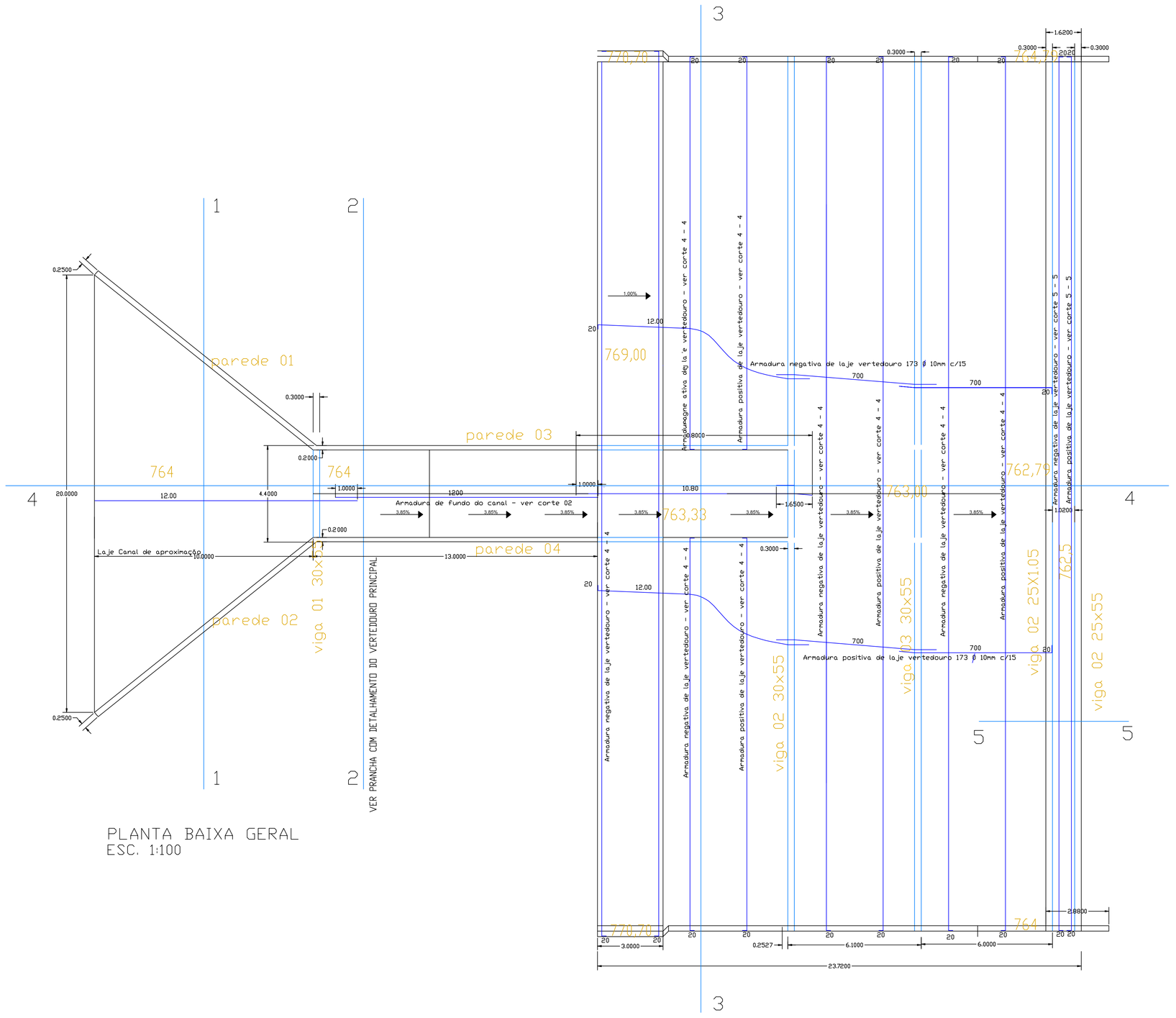
CONTRATANTE
PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO

REFERÊNCIA
CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIO DE AMORTECIMENTO DE CHEIAS DO BAIRRO BONATTO E CANALIZAÇÃO DO RIO LIGEIRO

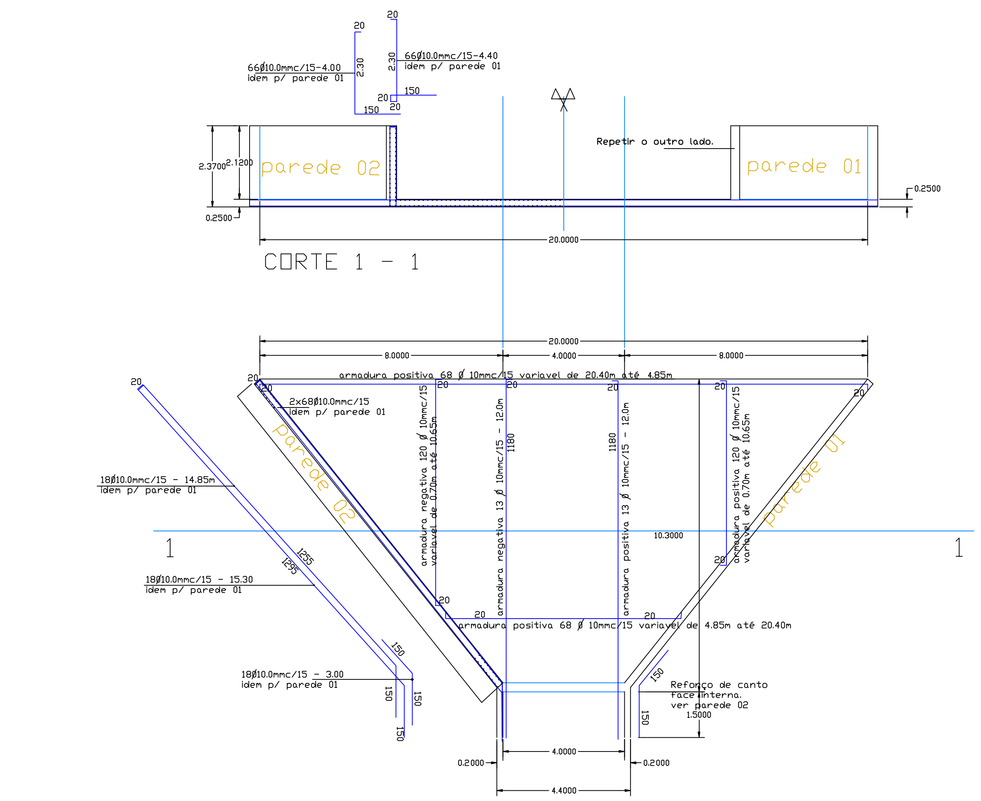
ESPECIFICAÇÃO
PESFIS NATURAL E DE PROJETO - BARRAGEM - 14 a 25

ESCALA 1:1000 | DATA NOV/2014 | DESENHO JORGE

AUTORES DO PROJETO
Alana Paula Mulhmann — ASS. — ENGENHEIRA CREA-PR 124.497/D
Jorge Eduardo Chio queta — ASS. — ENGENHEIRO CREA-PR 125.426/D



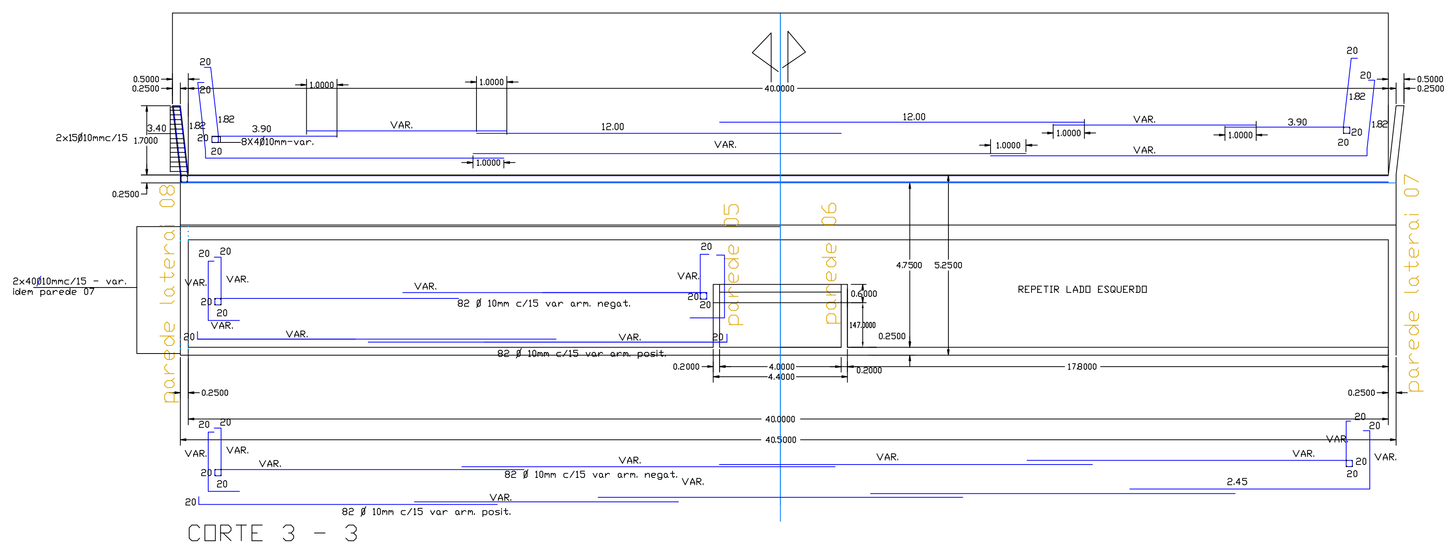
PLANTA BAIXA GERAL
ESC. 1:100



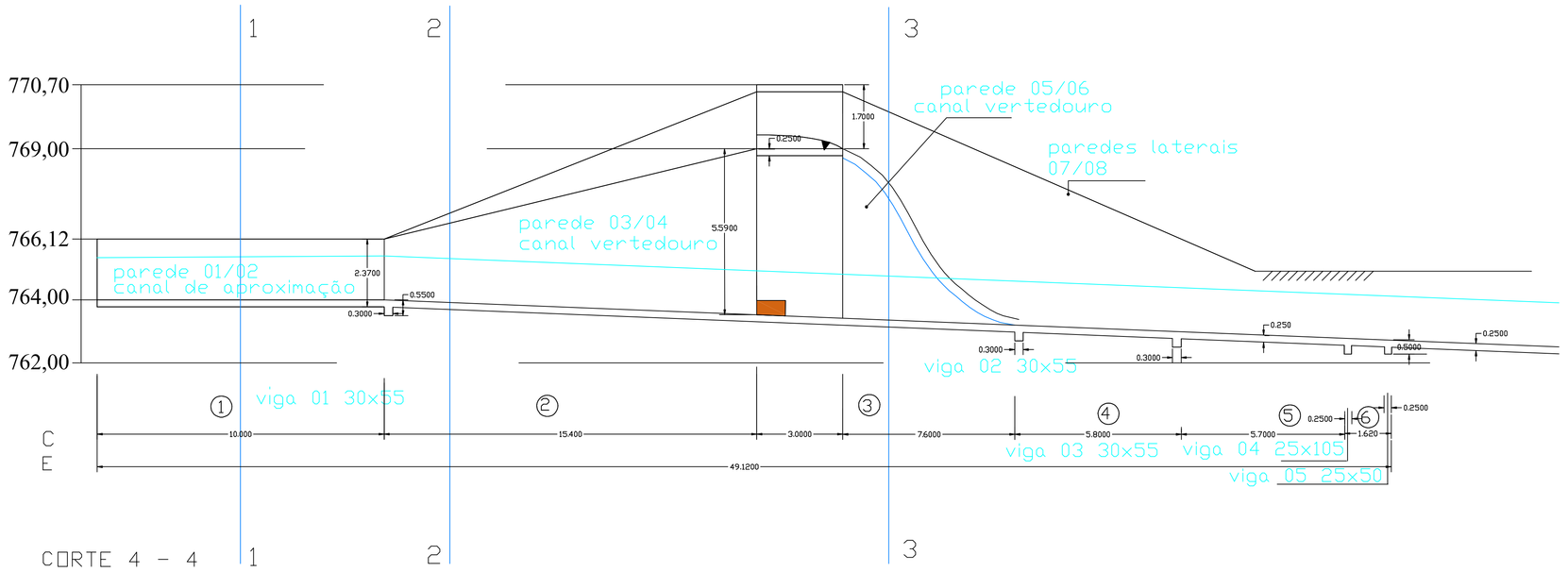
PLANTA BAIXA: Amadura de Laje e Paredes 01 e 02
ESC. 1:100

CONSUMO DE AÇO:

AÇO CA 60 A D = 5.00mm (M) 1.284,00	(Kg/m) 0,16	(Kg) 316,30
AÇO CA 50 A D = 10.0mm 23.420,00	0,62	21.145,10
AÇO CA 50 A D = 12.5mm 2.146,00	1,00	1.682,00
TOTAL ---------- arame recozido N.º 18 - 350,00Kg.		23.143,40
FORMAS		
MADEIRAS 1.081,00m2		
CONCRETO Fck 25 Mpa 202,95m3		

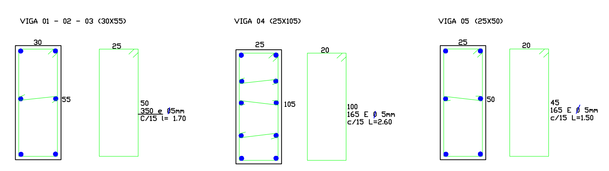


CORTE 3 - 3
ESC. 1:75

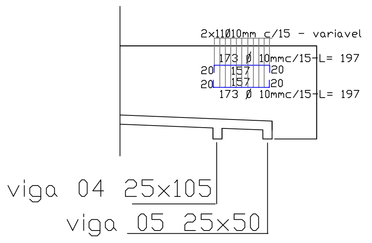


CORTE 4 - 4
SC. 1:100

viga 01 - 30x55 - 6 Ø 12.5mm corridos E Ø 5mm c/15 L=1.70
viga 02 - 30x55 - 6 Ø 12.5mm corridos E Ø 5mm c/15 L=1.70
viga 03 - 30x55 - 6 Ø 12.5mm corridos E Ø 5mm c/15 L=1.70
viga 04 - 25x105 - 10 Ø 12.5mm corridos E Ø 5mm c/15 L=2.60
viga 05 - 25x50 - 6 Ø 12.5mm corridos c/15 E Ø 5mm c/15 L=1.50



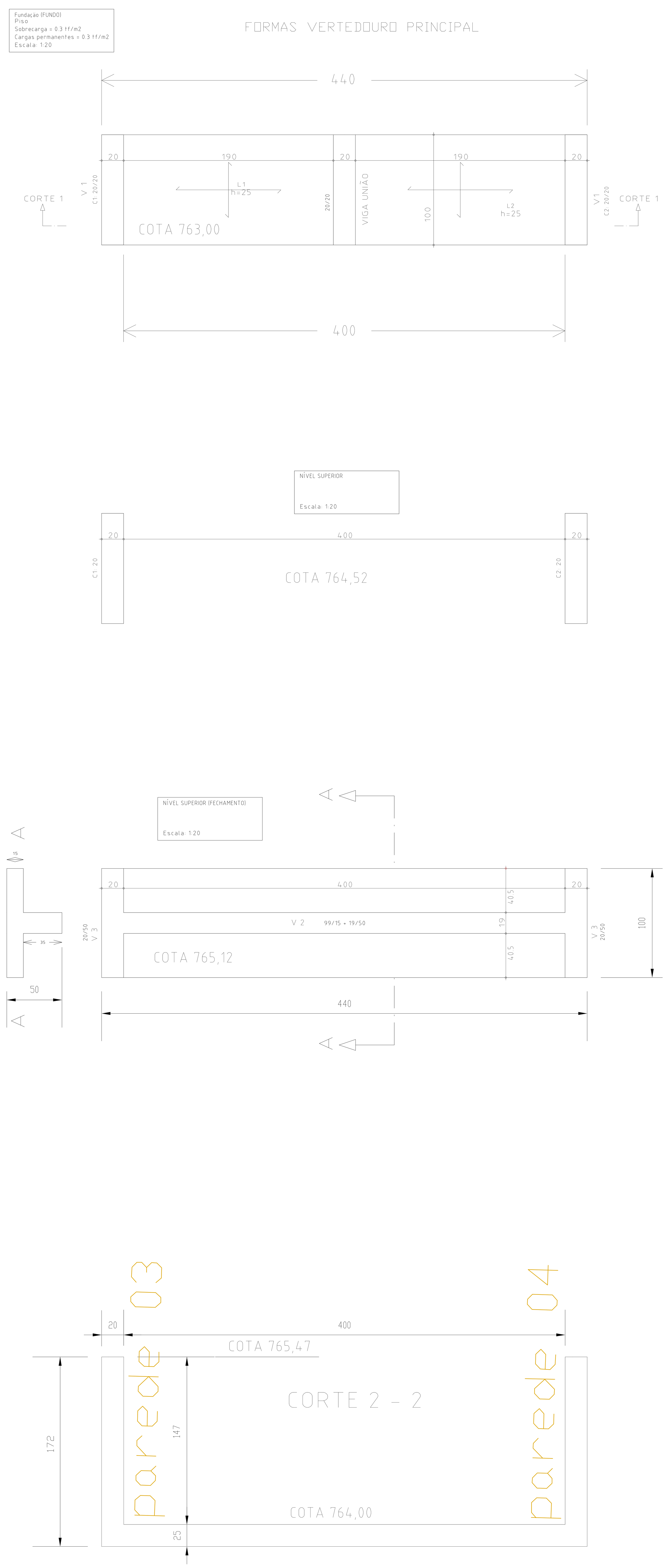
ARMADURA DE VIGAS
ESC. 1:20

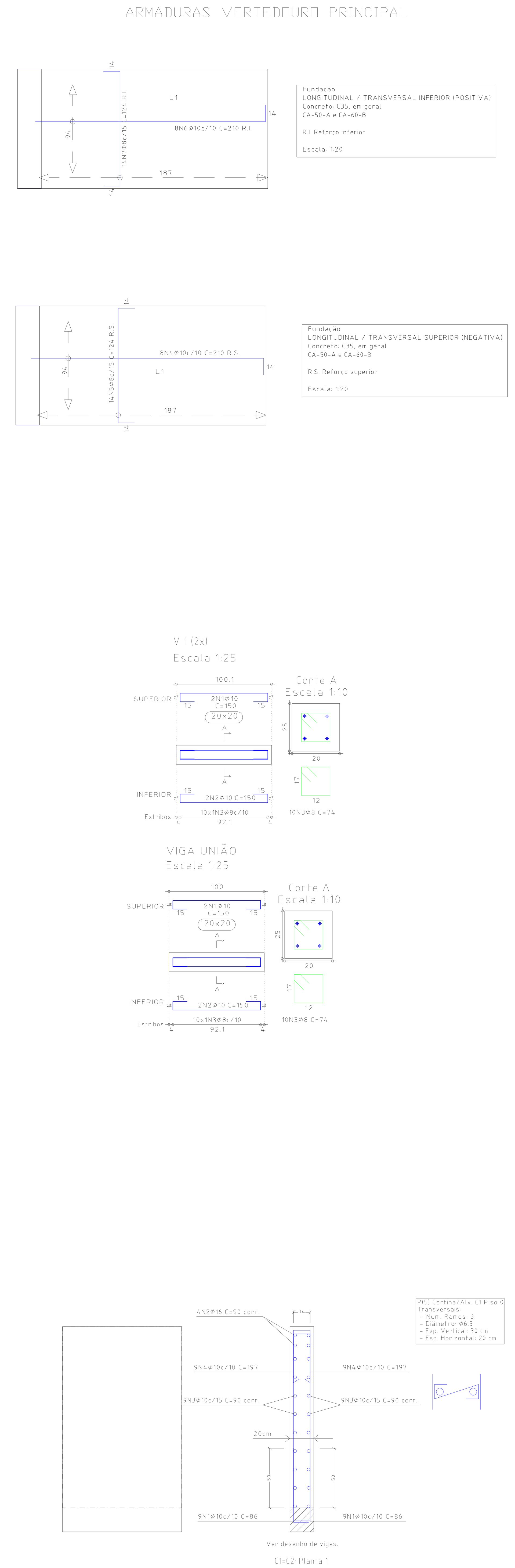


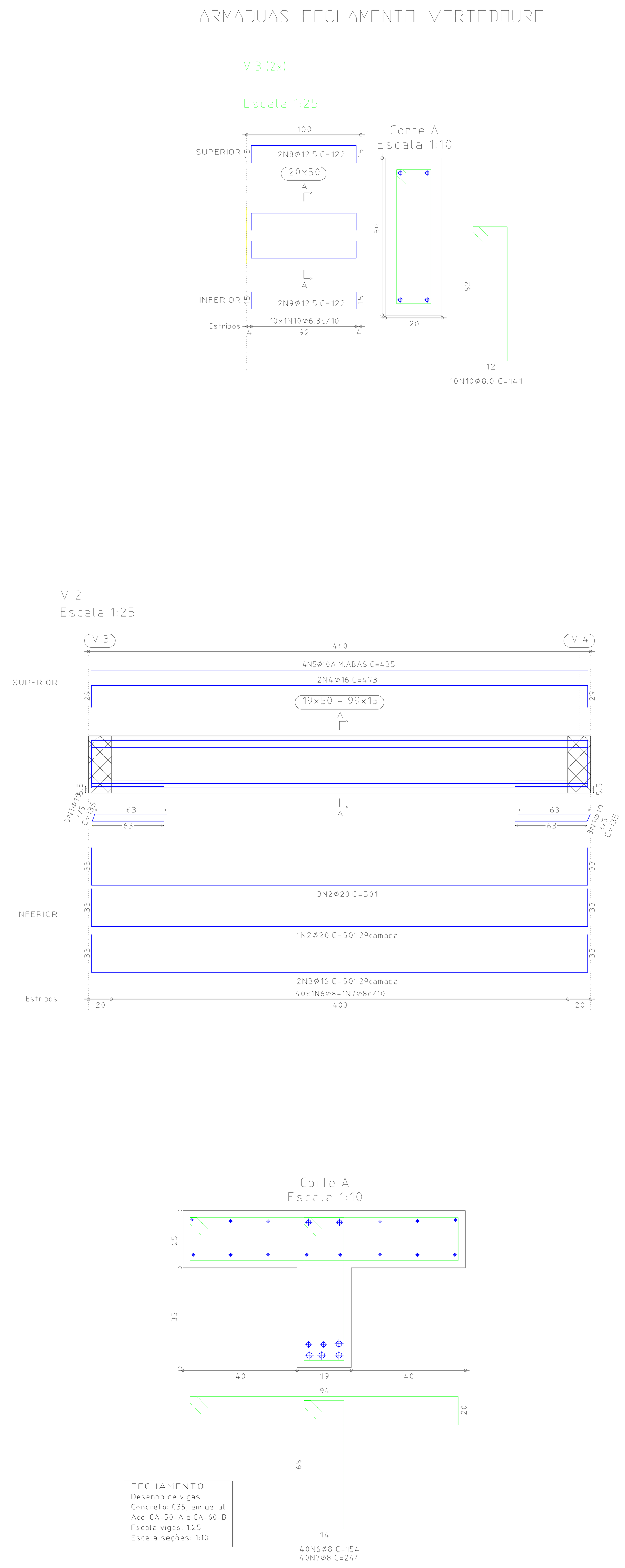
CORTE 5 - 5
ESC. 1:50

MUNICÍPIO DE PATO BRANCO
Secretaria de Engenharia, Obras e Serviços Públicos
Rua Caramuru, 271 - Centro
Fone/Fax (46) 3223-2509
engenharia@patobranco.pr.gov.br

PROJETO: PROJETO ESTRUTURAL VERTEDOURO — PRANCHA: 01/02
CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO
INTERVENÇÃO: CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIO DE AMORTECIMENTO DE CHEIAS DO BAIRRO BONATTO E CANALIZAÇÃO DO RIO LIGEIRO — ESCALA: INDICADA — DATA: NOV/2016
CONTEÚDO: PLANTA BAIXA,CORTE 1 - 1, CORTE 3 - 3, CORTE 4 - 4, CORTE 5 - 5, ARMADURA DE VIGAS — FOLHA: A1/A2
AUTORES DO PROJETO:
Vilson Lodi — ENGENHEIRO CREA-PR 94.220/D







MATERIAIS PARA 1.0 METRO DE VERTEDOURO

Elemento	Pos.	Diam.	Q.	Dob. (cm)	Reta (cm)	Dob. (cm)	Comp. (cm)	Total (cm)	CA-50-A (kg)	CA-60-B (kg)
C1=C2	1	Ø10	18	20	66		86	1548	9.7	
	2	Ø16	4		VAR.		VAR.	360	5.7	
	3	Ø10	18		VAR.		VAR.	1530	8.9	
	4	Ø10	18	50	147		197	3546	20.5	
	5	Ø6.3	45		20		20	900	2.2	
								Total+10%:	51.7	
								Ø6.3:	2.4	0.0
								Ø10:	43.0	0.0
								Ø16:	6.3	0.0
								Total:	51.7	0.0

Elemento	Pos.	Diam.	Q.	Dob. (cm)	Reta (cm)	Dob. (cm)	Comp. (cm)	Total (cm)	CA-50-A (kg)	CA-60-B (kg)
V 1 |2x|	1	Ø10	4	34	92	34	150	600	3.5	
	2	Ø10	4	34	92	34	150	600	3.5	
	3	Ø8	20				74	1480	5.8	
								Total+10%:	14.1	
LONGITUDINAL / TRANSVERSAL SUPERIOR (NEGATIVA)	4	Ø10	8	14	196		210	1680	10.6	
	5	Ø8	14	14	96	14	124	1736	6.8	
								Total+10%:	19.1	
LONGITUDINAL / TRANSVERSAL INFERIOR (POSITIVA)	6	Ø10	8	14	196		210	1680	10.6	
	7	Ø8	14	14	96	14	124	1736	6.8	
								Total+10%:	19.1	
								Ø8:	20.8	0.0
								Ø10:	30.8	0.0
								Total:	51.6	0.0

Elemento	Pos.	Diam.	Q.	Dob. (cm)	Reta (cm)	Dob. (cm)	Comp. (cm)	Total (cm)	CA-50-A (kg)	CA-60-B (kg)
VIGA UNIÃO	1	Ø10	2	24	92	24	140	280	1.8	
	2	Ø10	2	24	92	24	140	280	1.8	
	3	Ø8	10				64	640	2.5	
								Total+10%:	6.7	
								Ø8:	2.7	0.0
								Ø10:	4.0	0.0
								Total:	6.7	0.0

Elemento	Pos.	Diam.	Q.	Dob. (cm)	Reta (cm)	Dob. (cm)	Comp. (cm)	Total (cm)	CA-50-A (kg)	CA-60-B (kg)
V 2	1	Ø10	6	63	9	63	135	810	5.1	
	2	Ø20	4	33	435	33	501	2004	49.6	
	3	Ø16	2	33	435	33	501	1002	15.7	
	4	Ø16	2	19	435	19	473	946	14.9	
	5	Ø10	14		435		435	6090	35.3	
	6	Ø8	40				154	6160	24.0	
	7	Ø8	40				244	9760	38.1	
								Total+10%:	201.0	
V 3=V 4	8	Ø12.5	2	15	92	15	122	244	2.4	
	9	Ø12.5	2	15	92	15	122	244	2.4	
	10	Ø6.3	10				121	1210	3.0	
								Total+10%:	8.6	
								(x2):	17.2	
								Ø6.3:	6.6	0.0
								Ø8:	68.3	0.0
								Ø10:	44.4	0.0
								Ø12.5:	10.6	0.0
								Ø16:	33.6	0.0
								Ø20:	54.6	0.0
								Total:	218.1	0.0

MATERIAIS PARA 26 METROS DE VERTEDOURO

GALERIA:

VOLUME DE CONCRETO = 44,5 M3
ÁREA DE FORMAS = 329,1 M2
AÇO COM + 10% (KG)
Ø6.3 = 124,8
Ø8 = 618,8
Ø10 = 3135,6
Ø16 = 327,6
TOTAL = 4206,8

FECHAMENTO:

VOLUME DE CONCRETO = 39,5 M3
ÁREA DE FORMAS = 228,8 M2
AÇO COM + 10% (KG)
Ø6.3 = 171,6
Ø8 = 1775,9
Ø10 = 1154,4
Ø12.5 = 275,6
Ø16 = 873,6
Ø20 = 1419,6
TOTAL = 5670,7

GALERIA CLASSE 45

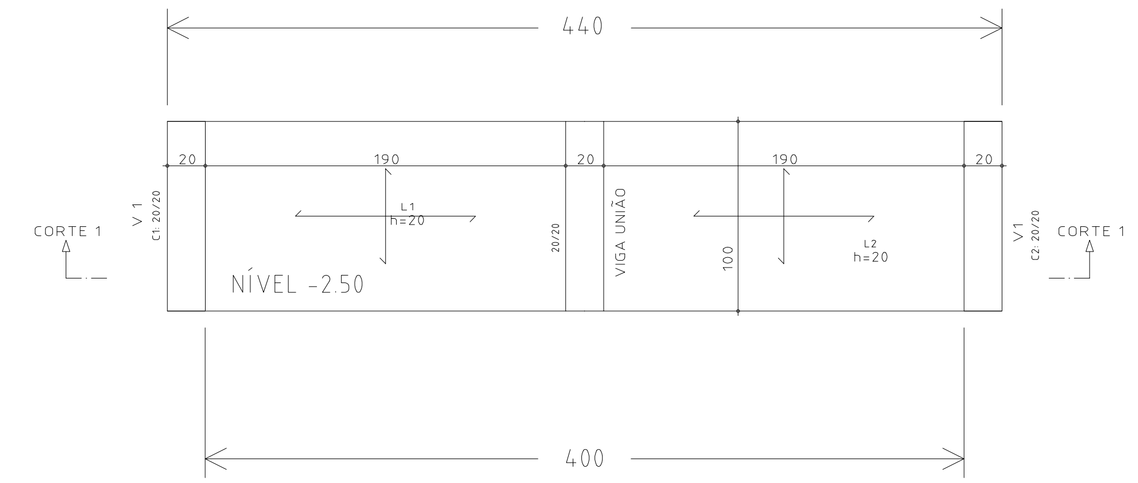
CONCRETO FCK = 35 MPA

MUNICÍPIO DE PATO BRANCO
Secretaria de Engenharia, Obras e Serviços Públicos
Rua Caramuru, 271 - Centro
Fone/Fax (46) 3223-2509
engenharia@patobranco.pr.gov.br

PROJETO: PROJETO ESTRUTURAL VERTEDOURO
PRANCHA: 02/02
CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO
REFERÊNCIA: CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIO DE AMORTECIMENTO DE CHEIAS DO BAIRRO BONATTO E CANALIZAÇÃO DO RIO LIGEIRO
ESPECIFICAÇÃO: DETALHAMENTO VERTEDOURO PRINCIPAL - CORTE, FORMAS E ARMADURAS
ESCALA: INDICADA
DATA: NOV/2014
DESENHO: JORGE
AUTORES DO PROJETO: Vilson Lodi
ASS.
ENGENHEIRO CREA-PR 84.223/D

Fundação (FUNDO)
Piso
Sobrecarga = 0.3 tf/m2
Cargas permanentes = 0.3 tf/m2
Escala: 1:20

FORMAS GALERIA E FECHAMENTO



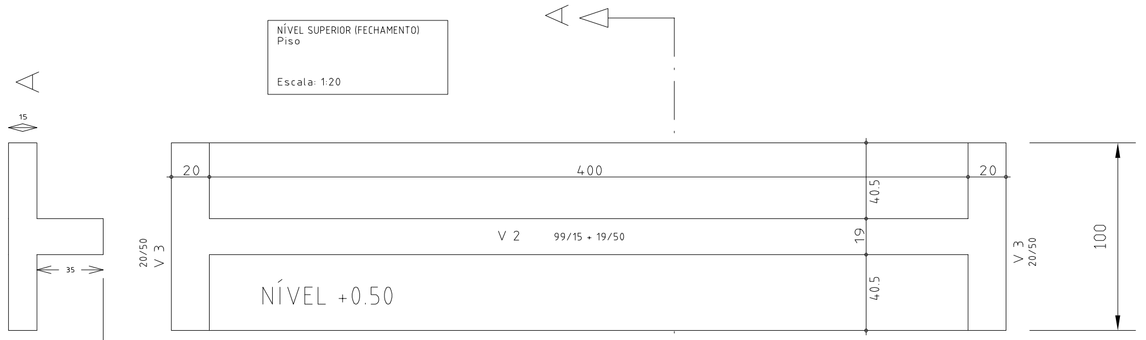
NÍVEL SUPERIOR (ABERTO)
Piso

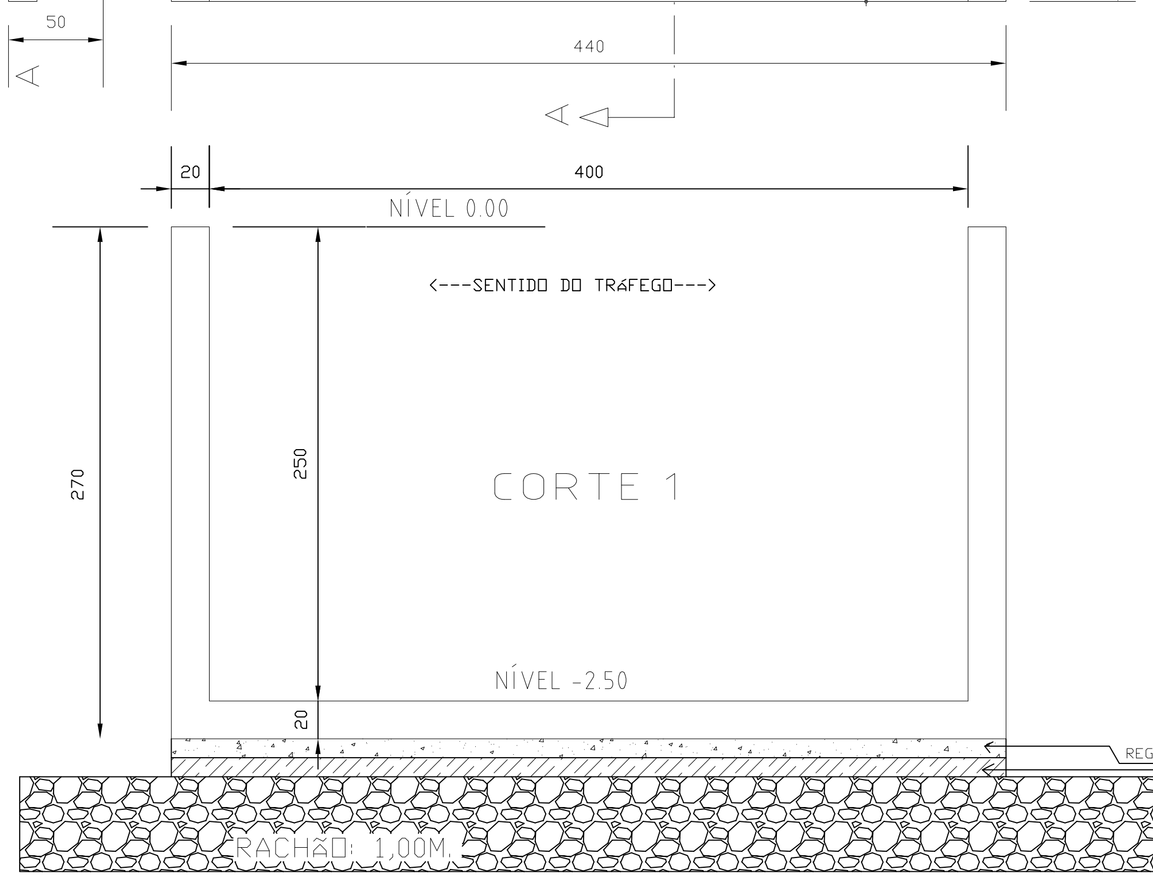
Escala: 1:20



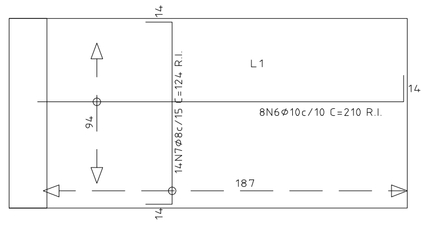
NÍVEL SUPERIOR (FECHAMENTO)
Piso

Escala: 1:20





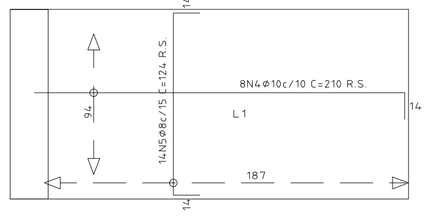
ARMADURAS GALERIA



Fundação
LONGITUDINAL / TRANSVERSAL INFERIOR (POSITIVA)
Concreto: C35, em geral
CA-50-A e CA-60-B

R.I. Reforço inferior

Escala: 1:20

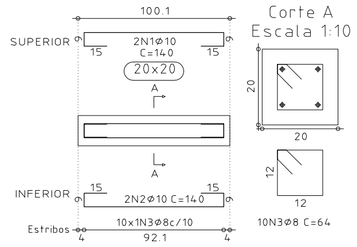


Fundação
LONGITUDINAL / TRANSVERSAL SUPERIOR (NEGATIVA)
Concreto: C35, em geral
CA-50-A e CA-60-B

R.S. Reforço superior

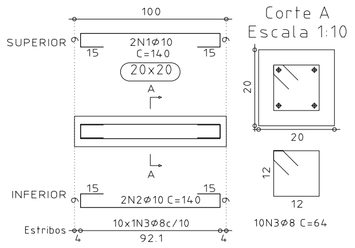
Escala: 1:20

V 1 (2x)
Escala 1:25

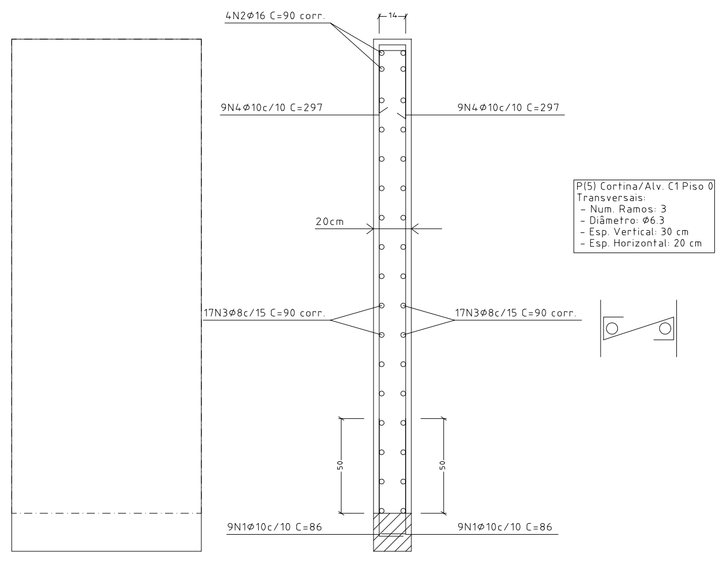


Corte A
Escala 1:10

VIGA UNIÃO
Escala 1:25



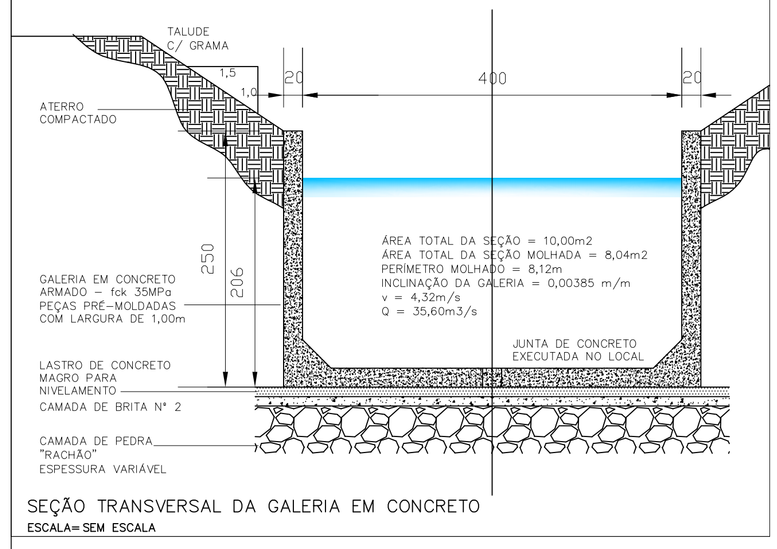
Corte A
Escala 1:10



P(5) Cortina/Alv. C1 Piso 0
Transversais
- Num. Ramos: 3
- Diâmetro: Ø6.3
- Esp. Vertical: 30 cm
- Esp. Horizontal: 20 cm

Ver desenho de vigas.

C1=C2: Planta 1



SEÇÃO TRANSVERSAL DA GALERIA EM CONCRETO
ESCALA= SEM ESCALA

Elemento	Pos.	Diam	Q	Dob (cm)	Reta (cm)	Dob. (cm)	Comp (cm)	Total (cm)	CA-50-A (kg)	CA-60-B (kg)
C1 = C2	1	Ø10	18	20	66		86	1548	9.7	
	2	Ø16	4		VAR		VAR	360	5.7	
	3	Ø8	34		VAR		VAR	3060	12.0	
	4	Ø10	18	50	247		297	5346	33.6	
	5	Ø6.3	45		20		20	900	2.2	
							Total+10%:		69.5	
								Ø6.3:	2.4	0.0
								Ø8:	13.2	0.0
								Ø10:	47.6	0.0
								Ø16:	6.3	0.0
								Total:	69.5	0.0

Elemento	Pos.	Diam	Q	Dob (cm)	Reta (cm)	Dob. (cm)	Comp (cm)	Total (cm)	CA-50-A (kg)	CA-60-B (kg)
V 1	1	Ø10	2	24	92	24	140	280	1.8	
	2	Ø10	2	24	92	24	140	280	1.8	
	3	Ø8	10				64	640	2.5	
							Total+10%:		6.7	
LONGITUDINAL / TRANSVERSAL SUPERIOR (NEGATIVA)	4	Ø10	8	14	196		210	1680	10.6	
	5	Ø8	14	14	96	14	124	1736	6.8	
							Total+10%:		19.1	
LONGITUDINAL / TRANSVERSAL INFERIOR (POSITIVA)	6	Ø10	8	14	196		210	1680	10.6	
	7	Ø8	14	14	96	14	124	1736	6.8	
							Total+10%:		19.1	
								Ø8:	17.5	0.0
								Ø10:	27.4	0.0
								Total:	44.9	0.0

Elemento	Pos.	Diam	Q	Dob (cm)	Reta (cm)	Dob. (cm)	Comp (cm)	Total (cm)	CA-50-A (kg)	CA-60-B (kg)
VIGA UNIÃO	1	Ø10	2	24	92	24	140	280	1.8	
	2	Ø10	2	24	92	24	140	280	1.8	
	3	Ø8	10				64	640	2.5	
							Total+10%:		6.7	
								Ø8:	2.7	0.0
								Ø10:	4.0	0.0
								Total:	6.7	0.0

MATERIAIS PARA 1.0 METRO DE GALERIA

GALERIA:

VOLUME DE CONCRETO = 1.88 M3
AÇO COM + 10% (KG)
Ø6.3 = 4.80
Ø8 = 64.10
Ø10 = 154.00
Ø16 = 12.60
TOTAL = 235.50

GALERIA CLASSE 45

CONCRETO FCK = 35 MPA

PROJETO ESTRUTURAL CANALIZAÇÃO DO RIO LIGUEIRO
PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO
FORMAS
CORTES
DETALHES DAS ARMADURAS
A01
ESCALA: INDICADA
DATA: 9/8/11
ENGENHEIRO CIVIL
CREA-PR 84.203/D

Plano Diretor de Controle de Cheias das bacias do Alto Ligeiro, Riacho Fundo e Ribeirão dos Penso, em Pato Branco

Contrato n.° 1.796/2010 – Convite n.° 10/2010

Relatório parcial 01/03

Elaboração:
Iguassu Consultoria Ambiental Ltda

Pato Branco, setembro de 2010

Informações gerais:

Institucionais e cadastrais:

Detentora: Prefeitura Municipal de Pato Branco
CNPJ: 76.995.448/0001-54
Rua Caramuru, 271
CEP85.501-060
Prefeito Municipal: Roberto Viganó

Elaboração: Iguassu Consultoria Ambiental Ltda
CNPJ: 09.477.631/0001-70
CREA/PR: 47.395
Rua Tocantins, 2084 - Centro
CEP 85.5010-010 – Pato Branco - PR
Fone (46) 9911-1107
iguassu_ambiental@terra.com.br
Representante legal e responsável técnico:
Ricardo Germano Kürten Ihlenfeld
CREA/PR 16.760-D

SUMÁRIO

Considerações Iniciais 01

I DINÂMICA DAS CHEIAS URBANAS E MEDIDAS DE CONTROLE 05
I.1 CAUSAS DAS CHEIAS URBANAS 05
I.1.1 Intensidade das chuvas 05
I.1.2 Ocupação e impermeabilização do solo 06
I.1.3 Efeitos da urbanização 08
I.1.4 Lixo, esgotos e sedimentos..... 10
I.1.5 Ocupação de áreas de risco 11
I.1.6 Sistemas de drenagem deficientes 11
I.2 CONSEQÜÊNCIAS 14
I.2.1 Risco à vida 14
I.2.2 Aumento da poluição hídrica 14
I.2.3 Danos e prejuízos materiais 16
I.2.4 Custos públicos 16
I.3 ESTUDOS NECESSÁRIOS 16
I.3.1 Estudos hidráulicos 17
I.3.2 Estudos hidrológicos 17
I.3.3 Socio-econômicos 17
I.4 SOLUÇÕES 18
I.4.1 Medidas de prevenção e controle das cheias 18
I.4.2 Medidas de controle e o crescimento urbano 20
I.4.3 Estratégias 21
I.4.4 Cenários 21
I.4.5 Aspectos Legais 22
I.4.5.1 Legislação Federal 23
I.4.5.2 Legislação Estadual 24
I.4.5.3 Legislação Municipal 26
I.5 COMPETÊNCIAS 26
I.5.1 Na esfera Federal 26
I.5.2 Na esfera Estadual 26
I.5.3 Na esfera Municipal 27
I.6 PLANOS VIGENTES 27

II FUNDAMENTOS 28
II.1 PRINCÍPIOS 28
II.2 OBJETIVOS 29
II.3 METAS 29
II.4 CENÁRIOS DE DESENVOLVIMENTO 29
II.5 ALTERNATIVAS DE CONTROLE PARA A REDE DE DRENAGEM PLUVIAL ... 30
II.5.1 Riscos de projeto 30
II.5.1.1 Probabilidade de eventos (TR) 30
II.5.1.2 Compromissos com a segurança 30
II.5.2 Possibilidades de medidas estruturais 31

II.6 ESTRATÉGIAS 31
II.6.1 De adequação e integração ao Plano Diretor 31
II.6.2 Controle ambiental 32

III DESENVOLVIMENTO 33
III.1 LEVANTAMENTOS DO MEIO FÍSICO E SÓCIO-ECONÔMICO 33
III.1.1 Localização do município 33
III.1.2 Aspectos socio-econômicos 34
III.1.2.1 População 34
III.1.2.2 Cenários da evolução populacional 35
III.1.2.3 Indicadores sociais populacional 41
III.1.3 Clima 44
III.1.4 Hidrografia e bacias hidrográficas 48
III.1.5 Perímetro Urbano e o Uso do solo urbano 51
III.1.6 Geologia 54
III.1.7 Geomorfologia 54
III.1.8 Solos 57
III.1.9 Cobertura vegetal 58
III.2 HIDROLOGIA 58
III.2.1 Meteorologia 58
III.2.2 Escolha do período de retorno (TR) 59
III.2.2.1 Magnitude de chuvas e probabilidade de ocorrência de cheias 60
III.2.2.2 Relação Chuva x Vazão x Tempo 66
III.2.3 Estimativa das vazões 70
III.2.3.1 Estimativa de vazões por transposição de vazões 70
III.2.3.2 Estimativa das vazões máximas (vazão de pico) pelo método SCS 72
III.2.3.3 O Plano Diretor e a infiltração das águas pluviais 77
III.2.3.4 Escolha dos pontos de controle 78
III.2.3.5 Vazões de pico e hidrogramas unitários estimadas 78

IV MEDIDAS PROPOSTAS 84
IV.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS INTERVENÇÕES ANTERIORES NA REDE DE DRENAGEM 84
IV.1.1 Galerias do rio Ligeiro 84
IV.1.2 Rede de águas pluviais 87
IV.2 ARRANJO PROPOSTO 88
- Medidas estruturais 88
- Medidas não estruturais 89

IV.2.1 As medidas estruturais de macrodrenagem 89
IV.2.1.1 Regularização através de bacias de armazenamento para TR=100 anos 90
(a) Características das bacias de regularização (barragens) 91
(b) Concepção (parâmetros de projeto) das bacias de regularização 93
(c) Dinâmica das bacias de regularização 95
(d) Eficiência das bacias na regularização 96
Conteúdo dos próximos relatórios 102
Considerações finais 103

Figuras, Gráficos, Hidrogramas, Tabelas e Tópicos especiais *Pág.*

Conceitos importantes sobre cheias 12
Classificação das cheias 13
Características das bacias de regularização de vazões 92

Figura Evolução do escoamento com a cobertura impermeável 09
Figura Leito Maior Leito Menor 12
Figura Limites do perímetro urbano de Pato Branco 53
Figura localização das estações meteorológicas 59
Figura Localização das bacias de regularização de vazões sugeridas 90
Figura Funcionamento das bacias de contenção/retenção 91

Gráfico da evolução populacional de Pato Branco 36
Gráficos dos cenários de crescimento populacional de Pato Branco 37
Gráfico da densidade populacional 38
Gráfico das chuvas intensas em Pato Branco 48
Gráficos da hipsometria dos cursos principais 51
Gráfico Intensidade de chuvas x Tempo de Recorrência em Pato Branco 61
Gráfico volumes de chuva (em mm) 61
Gráfico volumes de chuva (em m^3) 62
Gráfico das probabilidades dos eventos de chuva 64
Gráfico em relação ao tempo de recorrência de 100 anos 66
Gráfico das vazões máximas estimadas das três bacias principais 72
Gráfico dos valores de CN 75
Gráfico das cotas-volume-área-comprimento da barragem em P1 93
Gráfico das cotas-volume-área-comprimento da barragem em P3 93
Gráfico das cotas-volume-área-comprimento da barragem em P5 94
Gráfico volumes dos reservatórios de regularização 94
Gráfico do armazenamento na bacia de regularização em P1 (Bonato) 96
Gráfico do armazenamento na bacia de regularização em P3 (Grêmio) 98
Gráfico do armazenamento na bacia de regularização em P5 100

Hidrogramas e urbanização 07
Hidrogramas 66
Hidrograma de chuva x vazão (cheias) 67
Hidrograma de área urbanizada e não urbanizada 69
Hidrograma unitário SCS 73
Hidrogramas estimados das vazões nos 3 cenários para o Altíssimo Ligeiro ... 80
Hidrogramas estimados das vazões nos 3 cenários para o Córrego Fundo 81
Hidrogramas estimados das vazões nos 3 cenários para o Ribeirão dos Penso 82
Hidrogramas estimados das vazões nos 3 cenários para o Alto Ligeiro 83
Hidrogramas da bacia P2 regularizada e não regularizada 97
Hidrogramas da bacia P4 regularizada e não regularizada 98
Hidrogramas da bacia P7 regularizada e não regularizada 99
Hidrogramas da bacia P6 regularizada e não regularizada 100
Hidrogramas da bacia P8 regularizada e não regularizada 101

Pág.

Mapa das unidades hidrográficas do Paraná 33
Mapa de localização de Pato Branco 33
Mapa das bacias e pontos de controle 50
Mapa hipsométrico (elevações) das bacias na área urbana de Pato Branco ... 55
Mapa de relevo das bacias na área urbana de Pato Branco 56

Tabela dos tempos de pico, vazões, eficiência e volumes de armazenamento para os 3 cenários na bacia de regularização em P1 97
Tabela dos tempos de pico, vazões, eficiência e volumes de armazenamento para os 3 cenários na bacia de regularização em P3 99
Tabela Principais doenças veiculadas pelas águas 15
Tabela Medidas de controle das cheias e inundações 19
Tabela dos dados climáticos de Pato Branco 45
Tabela dos parâmetros físicos das bacias estudadas 49
Tabela das frações de ocupação urbana das bacias 52
Tabela dos cenários de impermeabilização 52
Tabela e gráfico da evolução da população urbana de Pato Branco 52
Tabela declividades de ocorrência dos solos 57
Tabela distribuição dos solos nas sub-bacias 57
Tabela parâmetros relativos aos solos das sub-bacias 58
Tabela tempos de recorrência e % das vazões para TR = 100 e 500 anos 65
Tabela tempos de recorrência recomendados para diferentes tipos de obra . 65
Tabela das vazões máximas por TR de cada ponto selecionado (por regionalização de vazões) ---------- 71
Tabela valores de CN para áreas rurais 76
Tabela valores de CN para áreas urbanizadas 76
Tabela das vazões de pico das bacias selecionadas 79
Tabela dos tempos de concentração, pico e base das bacias selecionadas 79
Tabela comparativa de alguns pontos entre estudo atual e anterior (1984) ... 85
Tabela dos parâmetros de projeto das 3 bacias de regularização 93
Tabela dos tempos, vazões e volumes dos reservatórios por cenário 95
Tabela dos tempos de pico, vazões eficiência para os 3 cenários na bacia de regularização na bacia P7 99
Tabela dos tempos de pico, vazões eficiência e volumes de armazenamento para os 3 cenários na bacia de regularização em P5 100
Tabela dos tempos de pico, vazões eficiência para os 3 cenários na bacia P8 . 101

Considerações Iniciais

Enchentes urbanas são resultados de processos de ocupação desordenada e indisciplinada no uso e ocupação do solo. Após a instalação das cidades e à medida que a densidade de ocupação aumenta, crescem, na mesma proporção, o custo econômico e social, tanto dos prejuízos quanto das medidas de controle.

A falta de planejamento urbano ou o seu descumprimento vem acarretando problemas sérios em muitas cidades brasileiras, especialmente a partir da década de 60, quando ocorreu um rápido processo de urbanização.

Com o aumento das concentrações urbanas, a qualidade ambiental se deteriora com a poluição dos recursos hídricos, mananciais ou não (rios, lagos, reservatórios e aqüíferos), inclusive com a disseminação de doenças de veiculação hídrica, elevação de temperatura, poluição atmosférica e sonora.

A crise da água já se instalou em muitas localidades urbanizadas no mundo. Entre os problemas relacionados aos recursos hídricos, como a poluição de mananciais devido à má disposição de resíduos sólidos e despejo de esgoto e efluentes industriais, estão os problemas relacionados à drenagem urbana.

Somam-se a estes impactos, os problemas decorrentes da implantação ou obsolescência da infra-estrutura urbana, tais como taludes de estradas e ruas, pontes e bueiros (que obstruem o escoamentos) ou deposição e obstrução de rios, canais e condutos com tubulações e depósito de lixo e sedimentos.

No âmbito da microdrenagem, os ocupantes dos lotes aumentam a vazão natural devido a impermeabilização do solo e a implantação de canais. Para mesmas magnitudes de chuvas, os canais naturais, localizados nos fundos de vale, tendem a aumentar cotas e vazões, o que significa a sobrecarga dos sistemas de drenagem (*vazões*) em mais de 7 vezes (Collischonn, 2008). Este problema persiste à medida que a prefeitura não tem planejamento urbano condizente com as condições naturais ou, se tem, não tem estrutura para fiscalizar a ocupação ou cede à pressão dos proprietários de lotes, autorizando ocupações em locais importantes no processo hídrico (fundos de vale, áreas íngremes, aumento da taxa de impermeabilização/ocupação dos lotes, etc.).

Com relação ao processo de risco de inundação, os impactos principais devido à urbanização sobre um sistema de drenagem são o aumento do pico da vazão de cheia, a antecipação no tempo desta vazão máxima e o aumento do volume do escoamento superficial.
A urbanização, como toda obra que interpõe estruturas pouco permeáveis entre o solo e a chuva, faz com que o escoamento seja incrementado e que a infiltração diminua, numa mudança de regime de escoamento localmente mais drástica do que aquela provocada pelo desmatamento, (Fendrich & Iwasa, 1998).

O impacto da urbanização pode produzir aumento sensível nos coeficientes de escoamento de uma bacia. Um habitante produz em média cerca de 49m2 de área impermeável numa bacia, e para cada 10% de aumento na área impermeável, ocorre cerca de 100% de aumento no coeficiente de cheia e no volume de escoamento superficial, (Tucci, 2000).

No âmbito da macrodrenagem, levados pela pressão pública ou imediatista, a tendência é tentar resolver o problema das cheias com obras de canalização nos trechos afetados pelas inundações. Esta estratégia tende a ser uma solução temporária, à medida que o aumento da seção das canalizações proporciona aumento da velocidade de escoamento, mas por certo tempo, porque as vazões crescentes devido a ocupação e impermeabilização do solo aumentam as vazões e os novos canais logo tornam-se insuficientes. Além disto, o aumento das velocidades significam transferir o problema para jusante, onde as águas irão acumular-se e agravarão o problema.

Processos associados juntam-se, agravando ainda mais o processo de cheias, tais como a redução da capacidade dos canais, galerias e condutos pela erosão e sedimentação e a deterioração da qualidade das águas pelo transporte e acúmulo de resíduos e efluentes. O equívoco desta estratégia gera duplo prejuízo: o de não resolver o problema e dos dispêndios públicos em projetos ineficientes.

O Plano de Diretor de Drenagem e Controle de Cheias é um instrumento fundamental para minimizar estes impactos e harmonizar a vida da cidade com seus recursos hídricos. São fundamentais que exista um Plano de Drenagem, coadunando com o Plano Diretor, e que o gerenciamento destes seja rigorosamente respeitado. Para tanto não depende somente dos gestores públicos, mas da população ocupante do ambiente urbano e rural.

Na grande maioria dos casos, o que todos tem em comum, é:

(a) a proliferação de loteamentos (legalizados ou não), sem controle das águas pluviais;
(b) invasão ou uso inadequado de áreas públicas e legalmente protegidas (APP); e,
(c) ocupação de áreas de risco. Estes casos se agravam em regiões periféricas ou insalubres (como de fundo de vale, mais sujeitas à cheias), justamente porque são mais baratas.

Pato Branco teve um crescimento acentuado a partir da década de 70 e, assim como ocorreu na maioria das cidades brasileiras, com uma infra-estrutura inadequada por diversas razões.

As décadas que antecederam houve menor incidência de volume de chuvas e eventos extremos, consequentemente menores cheias. Foi a partir da década de 80 é que se passou a conhecer os problemas destes eventos, como o El Niño, popularizando-se fenômenos naturais relacionados ao clima, antes desconhecidos Tanto eventos de chuvas mais intensas e freqüentes quanto à urbanização, potencializam os excedentes de água nos cursos, que extravasam, aos quais chamamos de cheias ou enchentes, e atingem, muitas vezes áreas urbanizadas que antes não se tinha notícia de serem vulneráveis a tais eventos ou até mesmo da possibilidade de sua ocorrência.

Os efeitos destes eventos, decorrentes da ocupação desordenada, afetam tanto a economia e a vida das pessoas, como diretamente sobre os aparelhos urbanos relacionados aos recursos hídricos de abastecimento de água, sistemas de coleta e tratamento de esgoto doméstico, rede de águas pluviais, malha viária, etc.

Todas as pessoas tomam decisões econômicas, no sentido de que suas ações, sejam investimentos ou esforços, buscam a maximização do retorno em benefícios, o menor esforço e/ou maior retorno financeiro. A lógica é economia de energia, tempo, esforço e dinheiro. O problema está no pensamento de curto prazo e de visão pontual, não estratégica.

Desconhece-se e despreza-se o conhecimento dos eventos hidro-climáticos num horizonte de tempo maior. A falta de interdisciplinaridade e, muitas vezes, a falta de planejamento, se somam e remetem a problemas que se revelam em duplos prejuízos: o decorrente dos maus investimentos (públicos e privados) e os passivos gerados por eles.

Segundo Tucci (1997), "à medida que a cidade se urbaniza, em geral, ocorre:

- Aumento das vazões máximas (em até 7 vezes, Leopold, 1968) devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos, canais e impermeabilização de superfícies;
- Aumento da produção de sedimentos devido a desproteção das superfícies e da produção de resíduos sólidos (lixo); e,
- A deterioração da qualidade da água, devido a lavagem das ruas, transporte de material sólido e as ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial."

Continuando, Tucci (1997) cita que "adicionalmente, existem impactos da forma desorganizada como o aparelhamento urbano é implantado, tais como: (i) pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento; (ii) redução da seção de escoamento por aterros; (iii) deposição e obstrução de rios, canais e condutos de lixos e sedimentos; (iv) projetos e obras de drenagem inadequados."

Estes processos citados, além de não estarem sendo contidos, tendem a crescer, uma vez que a tendência é este comportamento e visão acompanham o aumento dos limites e da densificação das áreas urbanas.

A visão mais atual é da solução *in situ*, ou seja, de manejo das águas no local da geração, através da redução da concentração dos escoamentos e distribuindo as vazões no tempo, evidentemente associadas às medidas não estruturais (planejamento, normatização, educação, etc.), que são mais eficientes e duradouras.

O presente Plano de Diretor de Drenagem e Controle de Cheias busca equacionar estes aspectos utilizando as diversas ferramentas disponíveis e factíveis, dentro das condições de contorno estabelecidas pelos recursos técnicos, financeiros, políticos e condicionantes ambientais.

Seguindo as recomendações dos maiores especialistas neste campo, "a filosofia adotada para o controle de enchentes é de (Tucci):

- Em microdrenagem não ampliar a vazão máxima natural;
- Em macrodrenagem urbana, reservar espaço para parques laterais ou lineares nos rios que formam a macrodrenagem para amortecimento das enchentes e retenção dos sedimentos e do lixo;
- Em áreas ribeirinhas, zoneamento de áreas de inundação, definindo-se zonas de alto e baixo risco de ocupação, e critérios de construção no código de obras da cidade."

Estabeleceu-se três etapas para o Controle de Cheias no município:

- Realizar E*studos de cheias urbanas*, tendo como produto principal o Plano de Controle de Cheias (o presente Plano). Nesta etapa deve *indicar as medidas de controle* e parâmetros para dimensionamento das medidas estruturais e não estruturais a serem aditadas;
- Elaborar os projetos específicos das medidas estruturais e não estruturais; (após a conclusão dos estudos e do presente Plano, em novo certame)
- Executar as medidas consensuadas.

Estão implícitas e contempladas no Plano os limites necessários ao desenvolvimento urbano para as áreas sem ocupação definida (loteamentos futuros) e as alterações na densificação para as áreas ocupadas, bem como sugestões ao poder público municipal (executivo e legislativo) sobre a regulamentação das ações necessárias.

Nos relatórios parciais, apresentamos os resultados dos estudos e levantamentos, com informações sobre a dinâmica das cheias, com o intuito de subsidiar a discussão sobre as medidas de controle das cheias entre os diversos atores representantes da comunidade.

Após a consolidação das propostas técnicas e comunitárias será consolidado o presente Plano.

I Dinâmica das cheias urbanas e Medidas de Controle

I.1 Causas das cheias urbanas

Do ponto de vista da relação causa-efeito, as cheias urbanas têm as seguintes causas: as chuvas intensas, a impermeabilização do solo, a má disposição do lixo, a drenagem deficiente e a ocupação inadequada do solo.

I.1.1 Intensidade das chuvas

As chuvas ocorrem pelo encontro de massas de ar úmido e frio se encontram. Isto acontece de três maneiras:

(a) Ar úmido encontra barreiras topográficas (cadeias de montanhas ou serras) e ao subir encontra temperaturas mais baixas, o que provoca a condensação da água (chuva). São chamadas chuvas orográficas, típicas da serra do mar e 1.o planalto paranaense, ocorrendo em menor escala na divisa das bacias do Iguassu e Uruguai (PR/SC).

(b) Determinada região do solo se aquece, ocorre intensa evaporação e transpiração (plantas), ao elevar-se o ar úmido encontra temperaturas mais baixas, provocando chuvas. São as chuvas convectivas, comuns no verão normalmente localizadas e passageiras.

(c) Grandes massas de ar quente ou frio se deslocam e encontram massas de ar com temperaturas e/ou com concentração de umidade significativamente diferentes. São as chuvas frontais que ocorrem nas mudanças de estação (outono/inverno e primavera/verão). Atingem grandes áreas e tem duração de alguns dias.

As chuvas ocorrem na mesma proporção da amplitude de diferença entre a temperatura e conteúdo de água nas massas de ar (umidade). Este processo é agravado pelos ventos, evidentemente porque realizam o transporte das massas de ar.

As chuvas têm duração, intensidade e freqüência diferentes. A freqüência diz respeito ao número de vezes que as chuvas ocorrem, sucessivamente. Há regiões do Brasil e do mundo que as estações de chuvas e estiagem bem definidas. Períodos secos, onde não ocorrem chuvas por períodos longos, e períodos de chuvas que ocorrem todos os dias durante longos períodos de tempo. Além do volume de cada evento, a umidade do solo regula o volume de escamento que gera enxurradas (na superfície) ou caudais (vazão dos rios).

A duração da chuva tem relação direta com o volume, uma vez que, quanto mais longo é o evento, maior o potencial de geração de enxurradas e vazões nos rios.

A intensidade refere-se ao volume de chuva em relação ao tempo que transcorre um evento de chuva, medido em mm/hora, mm/minuto, etc. As chuvas de longa duração tendem a ter intensidades menores que chuvas mais curtas, porque quanto maior o prazo que se avalia a intensidade, os picos de chuva tendem a ser diluídos com os períodos de chuva de menor intensidade.

Evidentemente que o problema de cheias está relacionado às chuvas mais intensas, e/ou de maior duração e/ou mais freqüentes. Qualquer destes aspectos, isolada ou associadamente tem potencial para produzir vazões altas, que resultam em cheias.

Há alterações climáticas causadas por ciclos naturais como, por exemplo, oscilações na temperatura dos oceanos Pacífico e Atlântico, que ocorrem em longos períodos de tempo. O Atlântico altera sua temperatura média em ciclos de 60 a 65 anos, e o Pacifico, em dois ciclos distintos, um de 3 a 7 anos (El Niño) e outro de 20 anos. Estes padrões são agravados pelas alterações climáticas causadas pelas ações humanas, como o desmatamento de grandes extensões de terras, a exemplo do que ocorreu nesta região num passado recente, a poluição atmosférica e outros fenômenos. Tudo, de forma integrada interfere no clima, altera os padrões de chuva e estiagem.

As mudanças climáticas já são percebidas no comportamento das chuvas. Tem-se observado a ocorrência de chuvas intensas e localizadas, muitas vezes restritas a áreas pequenas, como provavelmente tem ocorrido na bacia do rio Ligeiro.

No caso de estudos de cheias, estes são aspectos importantes no dimensionamento de estruturas hidráulicas e medidas de controle. E vale destacar: a maior chuva e as maiores vazões de cheias, sempre estarão por vir.

I.1.2 Ocupação e impermeabilização do solo

Nem toda chuva provoca escoamento na superfície do solo. O que escoa na superfície e a parcela da água da chuva que não infiltrou no solo. Par haver escoamento é necessário que a intensidade chuva seja maior que a taxa de infiltração de água no solo.

A infiltração, por sua vez depende da umidade que o solo se encontra no momento da chuva e da sua porosidade. Solos arenosos possuem alta capacidade de infiltração e solos argilosos (como os que ocorrem em Pato Branco) baixa. Solos compactados, por não possuírem espaço no seu interior (poros e microcanais), possuem baixa capacidade de infiltração e armazenamento de água.

A parcela de chuva que escoa é chamada precipitação excedente que, uma vez não contida, forma o escoamento superficial (ou enxurrada). O volume do escoamento superficial ao chegar aos cursos d'água foram ondas de cheias, observadas na elevação das cotas.

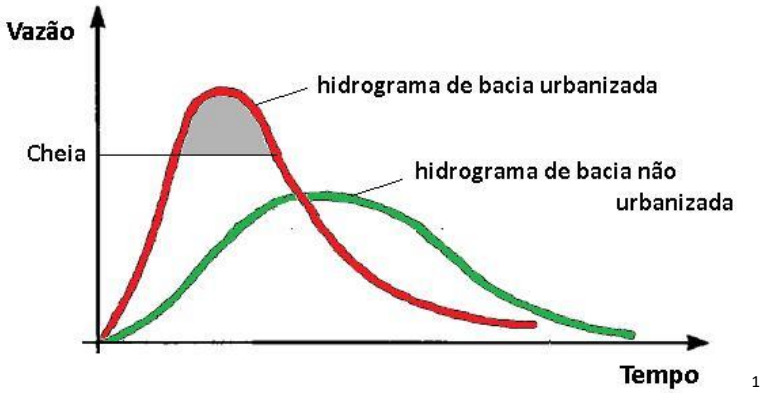
A infiltração de água no solo é extremamente importante, tanto é áreas urbanas como agrícolas, porque o caminho que a água faz no interior do solo, até alcançar lençóis

freáticos, aqüíferos ou rios, é lento e reduz as possibilidades de impactos como a erosão/sedimentação e formação de cheias.

A impermeabilização do solo evidentemente aumenta o escamento superficial, uma vez que a água da chuva não infiltra. A compactação do solo também é negativa no aspecto de aumento de vazões porque provoca um aumento do escoamento superficial.

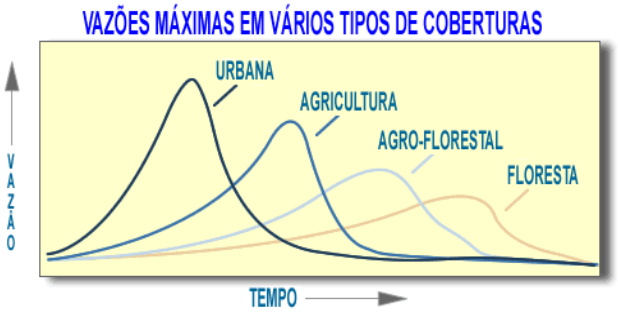
Hidrogramas e a urbanização

A relação da vazão (ou cota) com o tempo é uma curva chamada de hidrograma. Uma mesma bacia pode produzir hidrogramas diferentes à medida da evolução do uso do solo. O hidrograma dos rios é resultante da vazão das estruturas de drenagem (sarjetas, galerias de águas pluviais, coletores, etc.), que dependem das águas que escoam na superfície do solo. A figura abaixo ilustra duas situações de uso de uma mesma bacia.



[1]

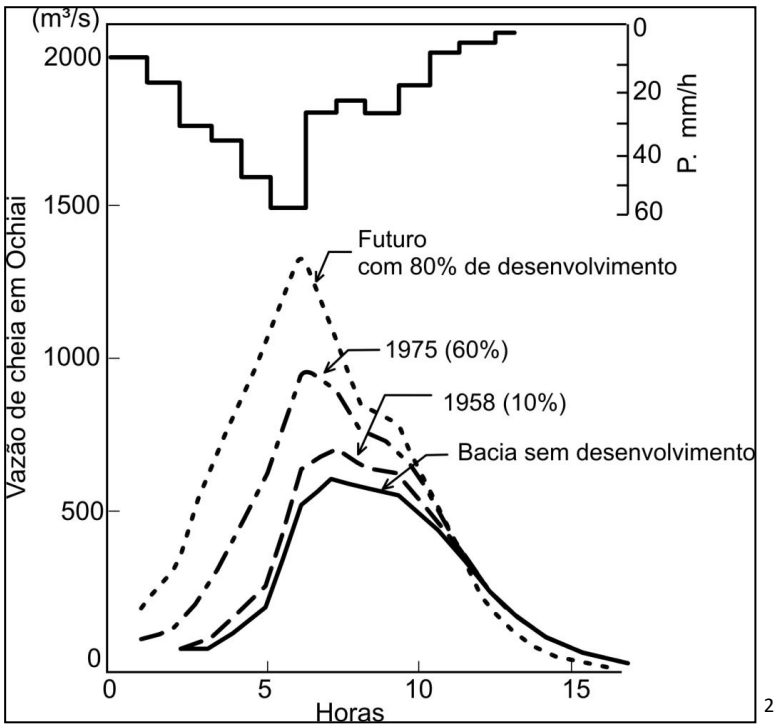
O que chamamos de cheias, pode ser definido pelo volume que extravasou determinada cota de um curso d'água. A área em cinza no hidrograma acima, representa este volume. Cada curso d'água, em cada trecho do curso, pode ser definida uma cota de cheia (indicado na figura acima).
O uso e cobertura do solo, até mesmo da vegetação, alteram os hidrogramas. A Figura a seguir mostra (hipoteticamente) o efeito do tipo de uso do solo sobre o comportamento das vazões numa mesma bacia..



[1] Fonte: *Engº Francisco Martins Fadiga Jr, Drenagem Urbana - Micro e Macro Drenagem,* ***VI Semana de Engenharia e Arquitetura, UNIMAR, 2001.***

I.1.3 Efeitos da urbanização

Na medida em que aumenta a urbanização (a compactação e a impermeabilização do solo), aumentam as vazões, conforme pode ser observado na figura a seguir, onde estão os hidrogramas de diferentes momentos de urbanização (datas e % de urbanização da bacia).



[2]

Fonte: Collischonn (2008).

A razão para a exigência de manutenção de determinada área permeável dos lotes urbanos, é justamente para reduzir o volume de escoamento superficial e, assim, amenizar as cheias urbanas.

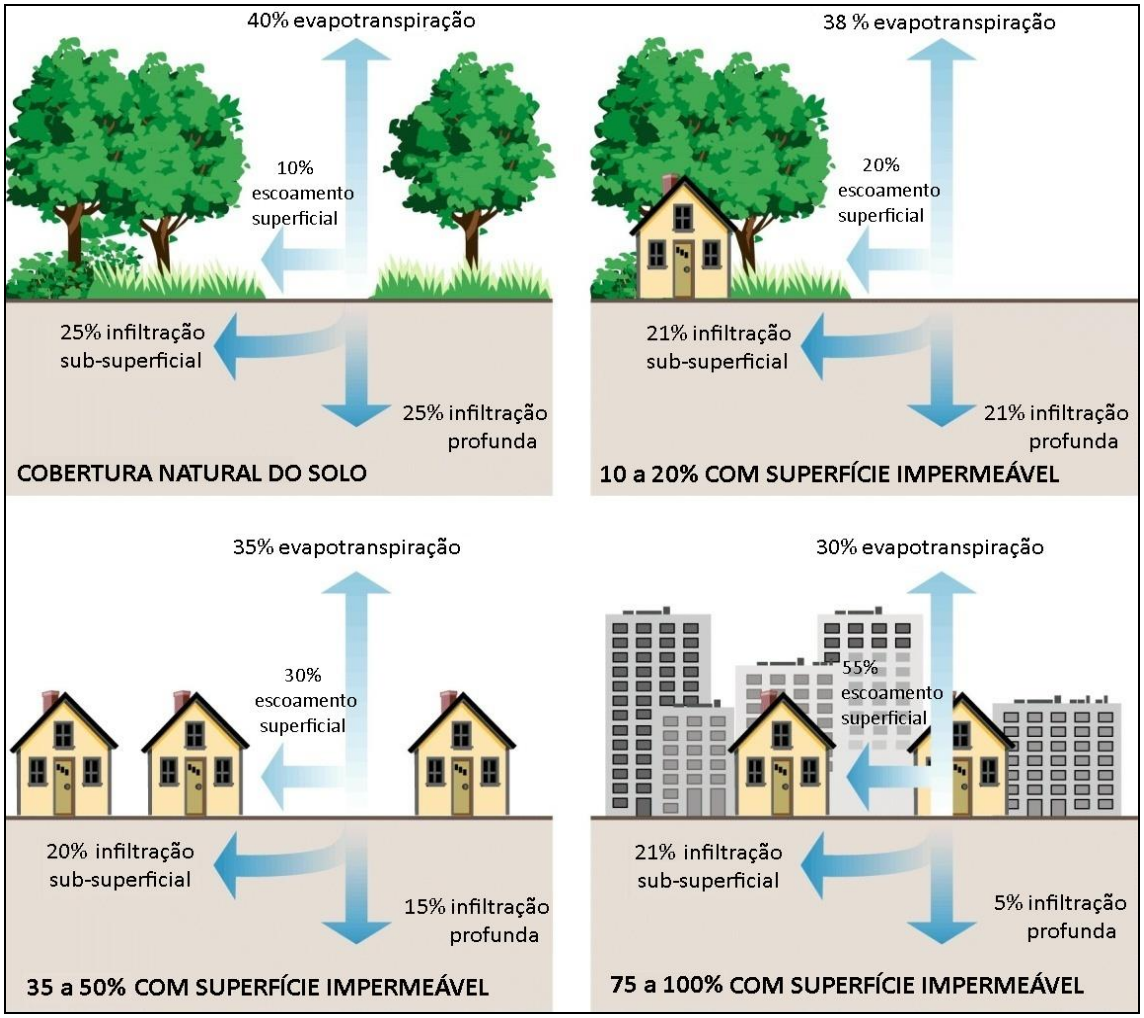
Destacamos que a área permeável é dependente da textura do solo. Em Pato Branco, onde os solos são argilosos, de baixa permeabilidade, a infiltração é pequena, comparada com outras regiões de solos arenosos. Aqui há necessidade de áreas permeáveis maiores.

Outro aspecto relacionado à impermeabilização e compactação do solo, diz respeito à velocidade com que as águas chegam aos cursos principais. Quando a água de escoamento superficial encontra obstáculos (rugosidade) na superfície, o escoamento é mais lento e, assim, demoram mais para chegar aos rios. Este efeito é observado em áreas de florestas (naturais) ou em áreas agrícolas onde se realizam práticas de conservação de solo (plantio em nível, por exemplo).

Por outro lado, quando as águas superficiais escoam livremente, através de telhados, calhas, sarjetas, galerias de águas pluviais e tubulações, pavimentação de ruas e calçadas, etc., além de um volume maior escoar (não há ou é reduzida à infiltração), a velocidade das águas é maior, o que causa a obstrução dos trechos principais de drenagem ou rios.

[2] UFRGS, 2001. Os hidrogramas são de uma bacia na cidade de Ochiai, no Japão.

Estes efeitos são muito importantes para o processo de cheias. Primeiramente porque se pode observar que mesmos volumes (mesmas chuvas), que antes não causavam cheias, passam aumentar paulatinamente os níveis de cheia (cotas) na mesma proporção da urbanização. Em segundo lugar, além de causarem danos às estruturas de drenagem existentes, tornam-nas obsoletas.



Evolução do escoamento com a cobertura impermeável. [3]

Observa-se que os efeitos da urbanização, de diminuição da infiltração, de aumento da impermeabilização, aumento do volume e velocidade dos escoamentos superficiais e as vazões, produzem, portanto, cheias e inundações artificiais, ou seja, há uma tendência constante de elevar as cotas de cheias no processo de urbanização. O que hoje não é vulnerável a cheias, tende a ser.

Isto se agrava quando as áreas, natural ou artificialmente, sujeitas às cheias são ocupadas. É muito comum os ocupantes de lotes de fundo de vale relatarem que o seu lote nunca foi atingido por cheias, mas evidentemente que há duas razões para justificar os alagamentos:

[3] Fonte: adaptado de *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices (10/98). Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG)*

(a) não se tinha conhecimento de eventos de chuva e de cheias de tais magnitudes; e, (b) as cotas de cheia aumentam com a urbanização. Os administradores públicos são pegos com a mesma surpresa, porém cabe à administração pública planejar o desenvolvimento urbano, e isto inclui o zoneamento, a concessão de alvarás, o planejamento da drenagem, entre outras ações.

É um processo dinâmico caracterizado pela diminuição da infiltração das águas (impermeabilização ou selamento), aumento do volume de escoamento superficial e redução do tempo de escoamento (canalizações e áreas impermeáveis).

Os sistemas de drenagem (rios, galerias, rede de águas pluviais, etc.) são responsáveis pela condução das águas nas cidades, se constituem em importantes pontos críticos no processo de formação das cheias. Embora os projetos de drenagem sejam de equacionamento aparentemente simples, basicamente se resumem à escolha do diâmetro das estruturas de drenagem (galerias e tubulações) e a dos materiais, tratando-se de vazões resultantes de escoamento superficiais, estes projetos são consideravelmente complexos. Isto ocorre porque, conforme visto anteriormente, o processo de urbanização provoca mudanças nos parâmetros de cheias. Cotas e vazões tendem a aumentar à medida que a densificação da ocupação e a impermeabilização do solo evoluem. Desta forma, os melhores projetos de drenagem tendem a se tornar obsoletos ao longo do tempo.

A qualidade da implantação dos sistemas de drenagem também tem forte influência na eficiência dos sistemas de drenagem. Tubos mal encaixados e vedados, no curto prazo apresentam problemas de desgaste (cavitação ou turbulência do escoamento das águas), gerando custos que a sociedade paga desnecessariamente pela implantação ineficiente e pelos consertos.

A elaboração de sistemas de drenagem deve estar integrada ao Plano Diretor da cidade, assim como os instrumentos de controle da ocupação devem estar fortemente comprometidos com a drenagem. De outra forma, os projetos de drenagem devem ser realizados considerando a expansão urbana planejada e o controle da ocupação deve respeitar, entre outros aspectos, a capacidade de drenagem projetada para cada sub-bacia da cidade.

I.1.4 Lixo, esgotos e sedimentos.

Os rejeitos das atividades humanas geram problemas de ordem ambiental, social, econômica se mal condicionados e inadequadamente destinados. Em relação às águas, o lixo, os esgotos domésticos, os efluentes industriais e os sedimentos, deterioram a qualidade das águas, gerando em muitos locais problemas:

- Sanitários: pela criação de condições favoráveis à proliferação de vetores (baratas, ratos, moscas, mosquitos, etc.) e pela contaminação de doenças veiculadas pelas águas;
- Sócio-ambientais: obstruem os canais da rede pluvial, especialmente os resíduos sólidos e os sedimentos, reduzindo a capacidade do sistema de drenagem.

É comum, durante eventos de cheias, grande quantidade de lixo transportado pelas águas obstruir canais e galerias. O efeito e de estancamento da rede de drenagem, ampliando as cotas de cheia (o que agrava os riscos e prejuízos), além de ampliar os problemas sanitários das águas contaminadas. É imprescindível o condicionamento e destinação adequados e a desobstrução de canais

I.1.5 Ocupação de áreas de risco (que se ampliam)

Posto os aspectos anteriores, fica evidente que a tendência das cheias é se agravar com o uso do solo, sendo a urbanização o processo mais eficiente. Há áreas que, em determinada condição de usos do solo ou grau de urbanização, não está sujeita à ocorrência de cheias, mas co o passar do tempo e a densificação do uso do solo, passa a ser áreas de risco.

Este aspecto é importante no zoneamento urbano. Fundos de Vale devem ser demarcados prevendo-se a expansão urbana, com certa folga.

Alem disto, deve-se buscar avaliar o grau de impermeabilização (ou área mínima de infiltração) com base em dados dos solos das bacias locais, não da literatura. No caso de Pato Branco, qualquer extrapolação de dados a partir de outras regiões do país, tende a superestimar a permeabilidade dos solos, uma vez que aqui os solos são argilosos a muito argilosos.

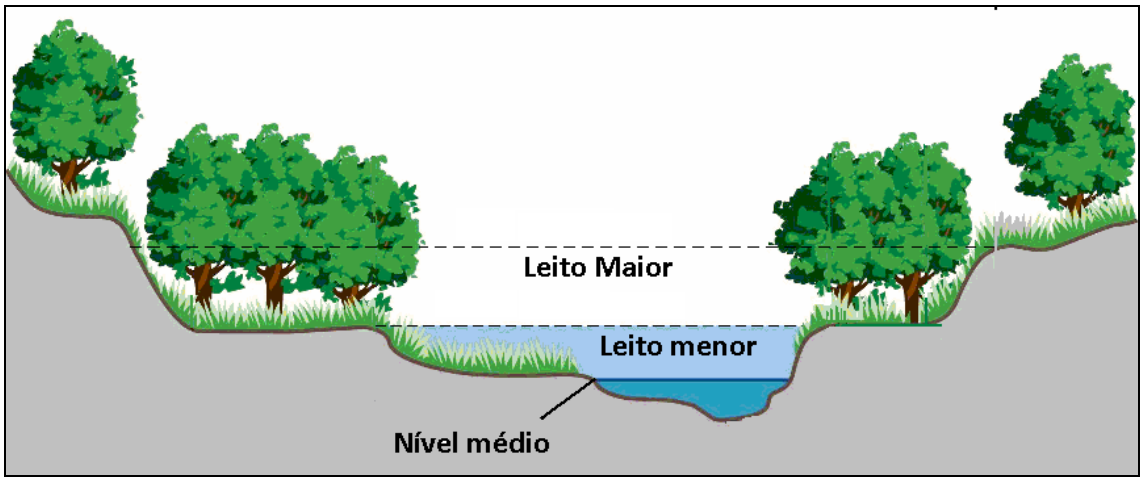
Uma vez estabelecidas as áreas de risco (neste plano), é fundamental que seja incorporado ao Plano Diretor da cidade, inclusive como instrumento legal, e que a fiscalização seja um instrumento rigoroso no controle da ocupação.

É comum não observarmos cheias por longos períodos, mas lembramos que mesmo em eventos de longo tempo de recorrência basta um evento para trazer prejuízos maiores que a relocação de imóveis. A medida mais eficiente e econômica e a não ocupação das áreas de risco.

I.1.6 Sistemas de drenagem deficientes

Processos contínuos de desgaste (erosão) e deposição (sedimentação) formaram a paisagem ao longo do tempo (séculos, milênios) e nela os cursos d'água. É possível observar na calha dos rios, as marcas deste processo de moldagem da paisagem, por eventos de diversas magnitudes. [4]

[4] Adaptado de (Fonte): Tucci, C.E.M., Águas Urbanas. Estudos Avançados vol.22 n.°63 São Paulo, 2008.



O Leito Menor representa o espaço (volume) ocupado pelas águas dos rios durante a maior parte do tempo, sem que ocorram cheias.

O Leito Maior representa o espaço ocupado pelas águas em eventos de cheias e inundações. As inundações ocorrem excepcionalmente em função de eventos raros, de pequena probabilidade de ocorrência.

Conceitos importantes:

Enchentes: são cheias de áreas ribeirinhas. Quando a população ocupa o leito maior do rio e as cheias decorrem a partir de processos naturais do rio.

Alagamento: são cheias ampliadas em magnitude e freqüência, em decorrência da urbanização, portanto é um processo artificial.

Cheias: são eventos de extravasamento dos cursos d'água de menor magnitude e tempo de recorrência curto (freqüentes), em que a cota máxima está dentro do leito menor;

Inundações: eventos de extravasamento dos cursos d'água de maior magnitude e baixa probabilidade de ocorrência (excepcionais), acima do leito menor. Ambos os termos referem-se a eventos em que a vazão ultrapassa a capacidade de escoamento do curso d'água, extravasando o leito natural.

Em análise ais cuidadosa nas áreas afetadas pelas cheias ou inundações, obsermos que parte delas está no leito menor dos rios e, dependendo da magnitude dos eventos, outras edificações estão acima do leito menor as abaixo da cota de inundações. Assim, o fato de que a urbanização interfere no nível das cheias (cresce com ela), o zoneamento das áreas de risco a cheias e inundações é importante. As edificações localizadas dentro do leito menor, abaixo da cota de alto risco (cheias são bastante freqüentes), são foco de relocações; e as edificações localizadas no leito maior devem ser construídas com piso acima do nível da cota determinada como de médio risco.

Classificação das cheias (vide tabela a seguir)**:**

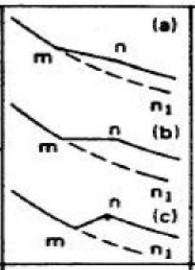
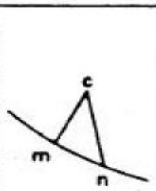
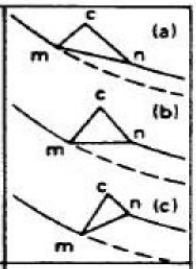
O termo "**cheia**" é referido à acréscimos de fluxo de menor importância (evento extremo é chamado de enchente) tais como os que ocorrem algumas vezes por ano.

Tipo 0 – Não há escoamento superficial, uma vez que a intensidade da chuva (i) é menor que a capacidade de infiltração (f). A curva de depleção normal tem ramo descendente ininterrupto, não havendo assim cheia no rio. Deve-se observar que, na prática, é impossível a ocorrência de uma cheia Tipo 0 perfeita, vez que parte da precipitação incide diretamente sobre o curso d'água.

Tipo 1 – A intensidade da chuva (i) ainda é menor que a capacidade de infiltração (f) e a deficiência de umidade natural (DUN) é menor que a infiltração total (F). Não há escoamento superficial, porém verifica-se um acréscimo de água no solo. Há três casos ligados ao tipo 1. Em todos eles é verificado o aumento do lençol d'água no intervalo mn. No primeiro caso, a proporção de aumento é menor que a depressão normal da água no solo; no segundo, as proporções são iguais e no terceiro, a proporção de acréscimo da água do solo é maior que a depleção normal.

Tipo 2 – A intensidade da chuva (i) é maior que a capacidade de infiltração (f), porém a deficiência de umidade natural do solo (DUN) é maior que a infiltração total (F). Assim ocorre escoamento superficial, mais não há acréscimo de água no solo. A depleção normal continua durante a cheia e o regime da água do solo é retomado em N.

Tipo 3 – A intensidade da chuva (i) ainda é maior que a capacidade de infiltração (f), mas a deficiência de umidade natural do solo (DUN) agora é menor que a infiltração total (F). Assim, ocorre escoamento superficial e acréscimo do lençol d'água. Analogamente ao tipo 1, pode-se ter três caso conforme as proporções de acréscimo da água do solo.

				
Tipo	0	1	2	3
Intensidade da chuva (i)	$< f^*$	$< f$	$> f$	$> f$
Deficiência de umidade natural (DUN)	$> P^{**}$	$< P$	$> F^{***}$	$< F$
Escoamento superficial (Q_S)	Nenhum	Nenhum	$Q_S = Pe^{****}$	$Q_S = Pe$
Acréscimo da água do solo	Nenhum	P – DUN	Nenhum	F – DUN
Aumento de fluxo	Nenhum	Somente água do subsolo	Somente escoamento superficial	Escoamento superficial e do subsolo

I.2 CONSEQÜÊNCIAS

I.2.1 Risco à vida (acidentes e afogamentos)

As cheias de maior magnitude põem e risco a vida das pessoas e animais. Decorrente da força das águas, de acidentes com bueiros ou buracos encobertos pelas águas ou doenças veiculadas pelas águas, que são contaminadas durante o evento de cheias por esgoto e resíduos inadequadamente depositados no caminho das cheias.

As medidas de prevenção são necessárias. Algumas se baseiam no comportamento da população, principalmente no que diz respeito ao condicionamento de lixo e a não exposição a riscos durante as cheias. No licenciamento de atividades, deve-se observar a correta disposição de resíduos e lançamento de efluentes, observando se o gerador destes produtos segue critérios técnicos que considerem a ocorrência de cheias.

Num nível estratégico, Planos de Contingência devem ser elaborados e implementados, prevendo não somente os eventos de cheia, mas de tempestades e tormentas, estiagem e incêndios, acidentes químicos e outros eventos que podem causar danos, injúrias ou mortes.

I.2.2 Aumento da poluição hídrica

Conforme já abordado, as águas de cheias são poluídas por esgoto, efluentes industriais e lixos.

O esgoto por mudança na carga hidráulica. Quando as águas se elevam a rede de esgoto é alcançada e afetada pelas águas de escoamento, carreando a carga poluente que deveria escoar para sistemas de tratamento. É comum, estes sistemas também serem afetados, pela posição que são instalados nas bacias, porque também necessitam de gradiente hidráulico para que as águas servidas escoem para as estações sem necessidade de bombeamento.

O lixo por si só é uma fonte de contaminação de toda ordem, de matéria orgânica à metais pesados. A matéria orgânica do lixo é fonte de inoculo de diversas doenças e meio de desenvolvimento de diversos vetores. Com as chuvas, por lavagem ou transporte do lixo, as águas são contaminadas. Além disto, o lixo tende a acumular-se ao longo do caminho das cheias na primeira obstrução que encontrar, tais como a tubulação que cruza galerias pluviais e rede de esgoto, cercas, galhos de árvores, pilares das casas, remansos (áreas planas onde a velocidade diminui), etc.

Daí a importância de se condicionar adequadamente os efluentes e resíduos. Novamente medidas simples dependem, muitas vezes, de mudanças de comportamento da população ocupante das bacias (não somente dos que são afetados pelas cheias).

Doenças veiculadas pelas águas

Entre as doenças disseminadas pelas águas poluídas nos eventos de cheia, tem sido a leptospirose, que é transmitida pela urina dos ratos[5] (e outros vetores). Mas há diversas outras doenças que podem iniciar epidemias a partir de eventos de cheia, basta que as pessoas e animais fiquem expostos às águas contaminadas. O que se observa é a tendência das pessoas se exporem pela (a) tentativa de salvar bens materiais (seus ou de vizinhos), (b) tentativa de desobstruir "bocas de lobo", (c) pela curiosidade (especialmente as crianças).

Quadro - principais doenças veiculadas pelas águas:

Grupo	Doença	Via de saída do corpo humano	Via de entrada no corpo humano
Doenças transmitidas pela água	Cólera	F	O
	Febre tifóide	F,U	O
	Leptospirose	U,F	P,O
	Giardiase	F	O
	Amebiase	F	O
	Hepatite infecciosa[b]	F	O
Doenças controladas pela limpeza com água	Escabiose	C	C
	Sepsia dérmica	C	C
	Bouba	C	C
	Lepra	N (?)	?
	Piolhos e tifo	B	B
	Tiracoma	C	C
	Conjuntivite	C	C
	Disenteria bacilar	F	O
	Salmonelose	F	O
	Diarréias por enterovírus	F	O
	Febre paratifóide	F	O
	Ascaridiáse	F	O
	Tricurose	F	O
	Enterobiose	F	O
	Ancilostomose	F	O,P
Doenças associadas á água	Esquistossomose urinária	U	P
	Esquistossomose renal	F	P
	Dracunculose	C	O
Doenças cujos vetores se relacionam com a água	Febre amarela	B	B mosquito
	Dengue e febre hemorrágica por dengue	B	B mosquito
	Febre do oeste do Nilo e do Vale do Rift	B	B mosquito
	Encefalite por arbovírus	B	B mosquito
	Filarose Bancroft	B	B mosquito
Doenças cujo vetores se relacionam com a água	Malária	B	B mosquito
	Ancorcercose [c]	B	B mosquito
	Doenças do sono[c]	B	B Tsé - Tsé
Doenças associadas ao destino de dejetos	Necatoriose	F	P
	Clonorquíase	F	Peixe
	Difilobotríase	F	Peixe
	Fasciolose	F	Planta comestível
	Paragonimiase	F,S	Camarão de água doce

Fonte: (Saunders, Warford, 1983, in: SETTI, 1998)

Observações:

a) F = fezes; O = oral; U = urina; P = percutâneo; C = cutâneo; B = picada; N = nariz; S = saliva
b) Embora algumas vezes sejam doenças transmitidas pela água, quase sempre são doenças controladas pela limpeza com a água.
c) Não muito afetadas pelo abastecimento doméstico de água.

[5] *Especialmente a leptospirose*

I.2.3 Danos e prejuízos materiais

São de diversas naturezas os prejuízos e danos materiais. Com o escoamento concentrado e turbulento, a força das águas pode destruir edificações, levar ou danificar veículos e equipamentos, móveis, utensílios e diversos produtos que estiverem no seu caminho, assim como produtos agrícolas (mesmo nas lavouras) e produtos perecíveis armazenados.

As águas causam prejuízos, de móveis a alimentos, pelo simples molhamento ou pela contaminação decorrente da poluição.

Transtornos ao trânsito, pelo tempo perdido em engarrafamentos e ausências no trabalho, as interrupções de energia, interferências na rede de esgoto, e outros prejuízos, podem ser relacionados às cheias.

1.2.3 Custos públicos

No caso de eventos de cheias, a atuação dos serviços públicos tem diversos custos diretos e indiretos. O socorro às vítimas durante os eventos, seja no deslocamento de pessoal para balizar o trânsito, gera custos consideráveis. Depois dos eventos, a limpeza pública e restaurações diversas (ruas, calçadas, galerias e obras diversas) são necessárias e também geram prejuízos aos cofres públicos, diretamente nestas ações e porque outras ações deixaram de ser executadas rotineiramente, interrompendo a rotina e o planejamento público das prefeituras, do estado e do governo federal.

A estimativa de custos das intervenções são apresentados no item “Viabilidade”.

I.3 ESTUDOS NECESSÁRIOS

As soluções viáveis do ponto de vista de cada caso dependem de estudos e planejamento – é o objeto deste Plano.

Os estudos devem ser pautados em princípios técnico-científicos e econômicos, considerando a eficácia de dada medida e sua exeqüibilidade, para cada situação. Não existe uma receita a ser seguida, apenas princípios de gestão.

O primeiro deles é verificar as causas dos impactos. Na gestão ambiental é chamada de aspecto ambiental. Para a proposição das melhores soluções, sempre o ponto de partida deve ser a pergunta: quais as causas ? A partir desta pergunta, são realizados estudos nos campos da Hidrologia, da Hidráulica, do Saneamento, considerando as peculiaridades locais do ambiente físico e sócio-econômico.

I.3.1 Estudos hidráulicos

Os estudos hidráulicos são relacionados à drenagem. Dizem respeito ao cálculo das seções transversais da rede hidráulica (águas pluviais) por onde deverá passar a vazão ou descarga máxima de cada bacia hidrográfica urbana. Ao contrário das tubulações fechadas, utilizadas na rede de abastecimento urbano de água (tratada), a rede de drenagem funciona (deve funcionar) em condutos livres, não confinados ou sob pressão, porque dependem das forças de gravidade.

A tubulação de drenagem que funciona sob pressão tem durabilidade restrita, muitas vezes ao primeiro evento que isto ocorra, devido aos efeitos físicos chamados escoamento crítico (corrosivo) e de cavitação (desgaste dos materiais). Em muitos trechos da rede de águas pluviais de Pato Branco, isto está ocorrendo durante eventos de cheias. Não necessariamente o projeto da rede de drenagem foi mal feito. A urbanização leva ao aumento das vazões, conforme já tratado anteriormente.

O redimensionamento é relativamente simples. Requer certo grau de conhecimento no campo da hidráulica urbana e é sistemático. O problema de um redimensionamento está nos elevados custos de reforma da rede. Via de regra, antes de se optar por esta ação, adota-se outras medidas, que reduzam os escoamentos superficiais concentrados e as vazões máximas, “desafogando” a rede de drenagem.

I.3.2 Estudos hidrológicos

Os estudos hidrológicos são mais complexos que os hidráulicos. Consideram as chuvas intensas, a impermeabilização do solo, a densidade demográfica, os hidrogramas de cheia, entre outros aspectos. Estes estudos consideram todo o processo hidrológico, da origem das águas, o percurso e as condições que ocorrem as vazões, ao exutório das bacias. Portanto, estes estudos consideram toda rede hidrográfica, incluindo rios e reservatórios.

O estudo hidrológico fornece uma visão ampla dos processos de escoamento e, assim, possibilitam a escolha de medidas estruturais e não estruturais a serem adotadas.

I.3.3 Socio-econômicos

Os estudos socio-econômicos se referem a; (a) renda da população da cidade, especialmente àquela vulnerável às cheias, (b) localização das habitações construídas nas zonas de risco às cheias e inundações, (c) ao atendimento dos serviços públicos (saneamento, resíduos sólidos, infra-estrutura urbana de águas pluviais), e (d) aos custos das medidas estruturais e não estruturais necessárias para controle das cheias.

A renda da população infere as possibilidades de intervenções a serem impostas à população, tais como medidas de microdrenagem e prevenção da cheias, a serem exigidas, por lei, nos lotes e construções. Também permitem tecer critérios importantes para

possíveis projetos de relocação da população ocupante de áreas de risco, associados ao levantamento da população inserida nas áreas de risco.

A escolha de medidas deve levar em consideração a situação e capacidade das redes de água, esgoto e águas pluviais. O mapeamento de outros serviços públicos, como a coleta de resíduos domésticos, é requisito para o planejamento, visando atingir a plenitude do atendimento destes serviços.

Os custos das medidas, relacionados aos riscos, a longevidade das estruturas e os respectivos volumes controlados, possibilitam a tomada de decisão acerca do conjunto de medidas a serem adotadas no controle de cheias. No item Viabilidade, são apresentados custos médios das medidas de controle das cheias.

I.4 SOLUÇÕES

I.4.1 Medidas de prevenção e controle das cheias

As medidas de prevenção e controle das cheias podem ser divididas em dois grandes grupos, estruturais e não estruturais.

As **medidas *não estruturais***, por definição são as que "procuram reduzir impactos sem modificar o risco das enchentes naturais". (Collischonn, 2001), ou, "são aquelas em que os prejuízos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes" (Tucci, 2006). São exemplos: zoneamento da ocupação do solo, sistemas de alerta, educação ambiental e de convívio com as cheias, capacitação de pessoal, seguro, normas e procedimentos técnicos, treinamento de pessoal, etc. São medidas preventivas e pró-ativas, de menor custo e com efeitos de maior longevidade.

As **medidas *estruturais*** são aquelas que modificam o sistema fluvial evitando os prejuízos decorrentes das enchentes. São ***obras de engenharia*** implementadas para reduzir o risco das enchentes. (Tucci, 2006)[6]. São chamadas extensivas quando buscam modificar a relação chuva/vazão em toda a bacia (mudanças no uso do solo, por exemplo). São intensivas as obras que:

(a) Aceleram o escoamento (retificações e ampliações de canais, polders e diques);
(b) Retardam e harmonizam o escoamento (bacias de amortecimento, retenção ou detenção); e,
(c) Desviam o escoamento (canais e desvios).

As medidas estruturais são mais caras e tendem à obsolescência no curto prazo. Deve ser utilizadas como medidas corretivas e quando não há alternativas mais eficazes.

[6] Tucci et. all., Águas doces do Brasil – Água no meio urbano. Escrituras ed., 2006.

Embora as medidas não estruturais tenham custos significativamente reduzidos em relação às medidas estruturais, via de regra, o controle efetivo é obtido pela combinação dos dois tipos de medidas.

O estudo de viabilidade visa compatibilizar a eficiência de dada medida e os custos envolvidos com sua implementação. Por isto, durante o processo de planejamento de controle das cheias, se avalia cenários e arranjos de soluções (conjuntos de medidas).

Os princípios fundamentais para abordar os estudos e o planejamento, é que norteiam a construção dos arranjos. O quadro a seguir apresenta as principais medidas de controle das cheias.

Quadro - Medidas de controle das cheias e inundações

Medidas	**Estruturais *(obras)***	**Não estruturais *(planejamento e comportamento)***
Hidráulicas	Macro e Microdrenagem • Aumento da capacidade de escoamento das calhas, drenos e galerias.	
Hidrológicas	*Controle na fonte:* ▪ Armazenamento (caixas de retenção) ▪ Infiltração e percolação (Pisos e superfícies permeáveis) *Microdrenagem:* • Reservatórios de amortecimento • Rede de condutos (ruas, sarjetas, bocas-de-lobo e galerias). *Macrodrenagem*: • Diques e Polders (bombeamento) • Bacias de retenção, detenção e infiltração (com ou sem reuso da água). • Práticas mecânicas de conservação do solo e da água • Aumento da mata ripária	• Instalação de vedação temporária ou permanente nas aberturas das estruturas; • Elevação de estruturas existentes • Construção de novas estruturas sob pilotis • Relocação ou proteção de artigos que possam ser danificados dentro de uma estrutura existente • Uso de materiais resistentes à água • Dimensionamento e manejo da água adequados
Ambientais	• Contenção de desmatamentos • Práticas vegetativas de conservação do solo e da água • Reflorestamentos e aumento das áreas verdes • Condicionamento e destinação adequada de resíduos, esgoto e efluentes. • Revitalização dos cursos d'água e bacias hidrográficas • Contenção de erosão e sedimentação	• Ocupação compatível com a bacia • Educação Ambiental
Legais		• Plano Diretor de Drenagem Urbana • Zoneamento • Conformidades legais
Econômicas		• Seguro contra cheias • Incentivos fiscais para uso prudente da área de inundação
Estratégicas		• Planos de contingência e defesa civil • Treinamento de pessoal (contingência) • Sistema de alerta e defesa civil. • Regulamentação da ocupação da área de inundação por cercamento • Regulamentação do loteamento e código de construção • Compra de áreas de inundação

		• Relocação da população mais vulnerável às cheias

I.4.2 Medidas de controle e o crescimento urbano

O crescimento urbano desordenado impacta a qualidade de vida e o ambiente. As cheias urbanas tende a aumentar sua freqüência e as cotas de inundação não só trazem prejuízos econômicos como colocam em risco a vida das pessoas, pelo risco direto da exposição às águas e pelos problemas sanitários trazidos pelas águas.

A dinâmica do crescimento das cidades é que regem os problemas que surgem, especialmente pela falta de planejamento e controle do uso do solo, a ocupação desordenada (especialmente das áreas ribeirinhas e fundos de vale) e os aparelhos públicos, principalmente dos sistemas de drenagem inadequadamente instalados e ineficientes.

Há duas visões ou posturas que agravam o problema das cheias: a concepção de que as medidas estruturais de escoamento das águas é a solução do problema, o que via de regra agrava o problema a jusante, e a ocupação das áreas que deveriam servir de passagem das águas em eventos de cheias. Nestas áreas, a ocupação se dá com obstruções do escoamento, através de aterros, edificações e diversas estruturas que reduzem a capacidade dos cursos d'água em escoar as águas.

Tucci et. all. (2005) recomenda que, "para alterar esta tendência é necessário adotar princípios de controle de enchentes que considerem":

- O aumento de vazão devido à urbanização não deve ser transferido para jusante;
- Deve-se priorizar a recuperação da infiltração natural da bacia, visando a redução dos impactos ambientais;
- A bacia hidrográfica deve ser o domínio físico de avaliação dos impactos resultantes de novos empreendimentos, visto que a água não respeita limites políticos;
- O horizonte de avaliação deve contemplar futuras ocupações urbanas;
- As áreas ribeirinhas somente poderão ser ocupadas a partir de um zoneamento que contemple as condições de enchentes;
- As medidas de controle devem ser preferencialmente não-estruturais.

Para a implementação destes padrões de controle, que busquem uma visão de desenvolvimento sustentável no ambiente urbano, é necessário um Plano Diretor de Drenagem Urbana. Neste plano devem ser tratados assuntos como a caracterização do desenvolvimento de um local, planejamento da drenagem urbana em etapas, vazões e volumes máximos para várias probabilidades de ocorrência, verificação da possibilidade de utilização de reservatório para amortecimento de cheias (critérios de dimensionamento, tamanhos, localização, condições de escoamento), medidas para melhorar a qualidade da água, regulamentações pertinentes. Todos estes itens devem ser desenvolvidos em consonância com objetivos secundários, como recreação pública, limpeza, proteção pública e recarga subterrânea (ASCE, 1992)."

O objetivo principal do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) é criar mecanismos de gerenciamento da infra-estrutura responsável pelo escoamento das águas pluviais e dos cursos d'água. Visa minimizar prejuízos econômicos, promover a melhoria do saneamento e da qualidade ambiental, sob a ótica técnica, econômica, social e ambiental, em consonância com o Plano Diretor de desenvolvimento urbano.

Os produtos (instrumentos) do PDU são:

- Regulamentação dos empreendimentos públicos e privados: consiste na regulamentação, através de legislação específica, dos critérios e procedimentos para novos empreendimentos (e em alguns casos os já instalados), com o objetivo de regular a drenagem urbana através do parcelamento, uso e ocupação do solo;
- Planejamento das ações e medidas estruturais e não estruturais: estabelece alternativas do sistema de controle da drenagem, minimizando a ocorrência das cheias, seus riscos e prejuízos relacionados.
- Manual de drenagem urbana: visa orientar os projetos na cidade, em concordância com os princípios, objetivos e medidas de controle de cheias.

I.4.3 Estratégias

As estratégias adotadas focam prioritariamente reduzir os picos de cheias e em segundo lugar medidas preventivas que visem minimizar os impactos, em concordância com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano da cidade.

- **Para as áreas não-ocupadas:** desenvolvimento de medidas não-estruturais relacionadas com a regulamentação da drenagem urbana e ocupação dos espaços de riscos, visando conter os impactos de futuros desenvolvimentos. Estas medidas buscam transferir o ônus do controle das alterações hidrológicas devida à urbanização para quem efetivamente produz as alterações;

- **Para as áreas que estão ocupadas:** estudos específicos por macrobacias urbanas visando planejar as medidas necessárias para o controle dos impactos dentro destas bacias, sem que as mesmas transfiram para jusante os impactos já existentes. Neste planejamento são priorizados os usos de armazenamento temporário através de detenções.

I.4.4 Cenários

Consideraram-se três aspectos nos cenários de desenvolvimento do plano:

(a) o desenvolvimento urbano em 3 cenários de desenvolvimento;
(b) a adoção das medidas de controle segundo o pior cenário;
(c) estas medidas visam o controle do aumento da vazão máxima e melhoria das condições ambientais.

Os principais cenários identificados quanto ao desenvolvimento urbano são:

I – Atual: Condições de urbanização atual, obtida de acordo com estimativas demográficas e imagens de satélite;

II – Cenário atual + PDU: Envolve a ocupação atual (mesmo perímetro urbano planejado), considerando um aumento populacional de 37% (maior hipótese para o horizonte de 10 anos);

III – Cenário de ocupação máxima: Este cenário envolve a ocupação máxima de acordo com o que vem sendo observado em diferentes partes da cidade que se encontram neste estágio. Este cenário representa a situação que ocorrerá se o disciplinamento do solo não for obedecido. A população neste cenário seria de 128.00 pessoas (o dobro da população urbana atual, num horizonte de 20 anos).

O primeiro cenário representa o estágio próximo do atual, o segundo é o cenário previsto pelo PDU da cidade. O terceiro cenário embora represente uma situação pouco realista, aceita o desenvolvimento realizado fora do Plano Diretor e para o restante das áreas ainda em desenvolvimento o Plano previsto, de crescimento populacional expressivo.

Considerando os riscos, são utilizados para o dimensionamento das medidas de controle os parâmetros resultantes do terceiro cenário, pois é o prioritário para o planejamento, uma vez que se observa o forte impacto da densificação da ocupação urbana e o aumento da área impermeável sobre a magnitude das cheias.

I.4.5 Aspectos Legais

"A constituição federal define que é responsabilidade do governo federal a mitigação dos eventos de cheia e secas e a lei de recursos hídricos tem entre seus três objetivos a mitigação destes eventos. No entanto, o enfoque das últimas décadas tem sido com obras depois dos eventos ocorridos, sem medidas preventivas que reduzam a maioria dos impactos. As medidas preventivas estão nas seguintes linhas:

- **Zoneamento das áreas de risco** para orientar o desenvolvimento urbano e evitar a ocupação das áreas de riscos, inseridos dentro do Planejamento das cidades;
- **Sistemas de alerta** de eventos de inundação que previnam as populações em áreas de risco quando da chegada do evento;
- **Planos de Defesa Civil** com meios adequados a atender a população atingida e reduzir a vulnerabilidade de curto prazo durante os eventos.
- Mecanismos de **Incentivos econômicos e de seguro de eventos críticos** para as cidades de forma a incentivar a prevenção.
- **Mecanismo Institucional para desenvolver as medidas** dentro do país.

Como grande parte destas ações exige atuação conjunta a nível municipal, estadual e federal, a maior vulnerabilidade é ainda institucional, já que as ações do governo federal estão fragmentadas, voltados para obras a fundo perdido. Nos Estados e Municípios o cenário é ainda pior por falta completa de ações preventivas, apenas com paliativos durante o evento." [7]

[7] **Extraído de Tucci. C.E.M. Gestão de recursos hídricos - AS INUNDAÇÕES RECENTES E A FALTA DE PREVENÇÃO. Blog do Tucci., 19 de Julho de 2010.**

I.4.5.1 Legislação Federal

- CONSTITUIÇÃO FEDERAL (1988): "compete à União planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e as inundações."

- LEI FEDERAL 9433 (1997): Política Nacional de Recursos Hídricos
    - Fundamentos:
        - Água é um bem de uso público;
        - Água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
        - Em situações de escassez, o uso prioritário é o consumo humano e a dessedentação de animais;
        - Gestão deve proporcionar o uso múltiplo;
        - Bacia hidrográfica é a unidade de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos;
        - Gestão deve ser descentralizada.
    - Instrumentos:
        - Planos de Recursos Hídricos
        - Enquadramento dos corpos d'água
        - Outorga dos direitos de uso
        - Cobrança pelo uso
        - Compensação a municípios
        - Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos
    - Objetivos:
        - coordenar a gestão integrada
        - arbitrar administrativamente os conflitos
        - implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos
        - planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos
        - promover a cobrança pelo uso
    - Integrantes:
        - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
        - Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos
        - Comitês de Bacia Hidrográfica
        - Órgãos dos poderes públicos cujas competências se relacionem com a gestão dos Recursos Hídricos;
        - Agências de Água

- LEI FEDERAL 9984 (2000):
    - Criação da Agência Nacional de Águas: Entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de gerenciamento de Recursos Hídricos;
    - Atuação (Art. 4.°) - Planos Diretores Urbanos:
        - Uso do solo
        - Legislações ambientais

- Pouca referência à drenagem urbana

I.4.5.2 Legislação Estadual

- **Lei Estadual n° 12726 (1999) – institui a** Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de gerenciamento de Recursos Hídricos.

  Art. 2º - A Política Estadual de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos::

  I. a água é um bem de domínio público;
  II. a água é um recurso natural limitado dotado de valor econômico;
  III. em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
  IV. a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o **uso múltiplo das águas**;
  V. a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
  VI. a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

  - Art. 3º - São objetivos da Política Estadual de Recursos Hídricos:

  I. assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de águas em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
  II. a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
  III. **a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos** de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

  - Art. 4º - Constituem diretrizes gerais de ação para implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos:

    (...)

    IV. a articulação da gestão de recursos hídricos com o dos setores usuários e com **os planejamentos regional**, estadual e nacional;

    (...)

    V. a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo e o **controle de cheias**;

  - Art. 6º - São instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos:

    (...)

    VI. o Sistema Estadual de **Informações sobre Recursos Hídricos**.

  - Art. 7º - O Estado elaborará, com base nos planejamentos efetuados nas bacias hidrográficas, o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PLERH/PR), que conterá o seguinte:

    III. indicação de alternativas de aproveitamento e controle de recursos hídricos;

- Art. 9º - O Plano de Bacia Hidrográfica é de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas, projetos, ações e atividades e terá o seguinte conteúdo mínimo:
  (...)
  II. análise de cenários alternativos de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;
  (...)
  IX. propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos e dos ecossistemas aquáticos.

  Art. 13 - Estão sujeitos à outorga pelo Poder Público os seguintes direitos de uso de recursos hídricos, independentemente da natureza, pública ou privada, dos usuários:
  (...)
  V. intervenções de macrodrenagem urbana para retificação, canalização, barramento e obras similares que visem ao controle de cheias;

  Art. 20 - No cálculo do valor a ser cobrado pelo direito de uso de recursos hídricos, excluídos os usos definidos como insignificantes e não sujeitos a outorga, devem ser observados os seguintes fatores:
  (...)
  X. o grau de impermeabilização do solo em áreas urbanas, sempre que esta alterar significativamente o regime hidrológico e o controle de cheias;

  Art. 31 - Na implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos compete ao Poder Executivo:
  (...)
  IV. promover a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;

  Da Participação dos Municípios - Art. 42 - O Estado, por intermédio do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH/PR), poderá delegar ao Município que se organizar técnica e administrativamente, o gerenciamento de recursos hídricos de interesse exclusivamente local, compreendendo, dentre outros, os de bacias hidrográficas, que se situem exclusivamente no seu território.

  Art. 50 - Por infração de qualquer disposição legal ou regulamentar referentes à execução de obras e serviços hidráulicos, derivação ou utilização de recursos hídricos de domínio ou administração do Estado e em sub-bacias de rios de domínio da União cuja gestão a ele tenham sido delegadas, nos termos do parágrafo único do artigo 5º desta Lei, ou pelo não atendimento das solicitações feitas, o infrator ficará sujeito às seguintes penalidades, independentemente de sua ordem de enumeração:
  (...)

III. embargo provisório, por prazo determinado, para execução de serviços e obras necessárias ao efetivo cumprimento das condições de outorga ou para o cumprimento de normas referentes ao uso, controle, conservação e proteção dos recursos hídricos;

I.4.5.3 Legislação Municipal

Inclui-se as medidas contras as cheias no arcabouço formado pelo conjunto de normas e leis dos planos diretores municipais, como por exemplo, o zoneamento urbano. Elaboramos consulta à Câmara Municipal sobre o arcabouço legal sobre o tema e será apresentado no próximo relatório.

I.5 COMPETÊNCIAS[8]

I.5.1 Na esfera Federal

Cabe ao governo federal a atuação de abrangência nacional no controle de cheias, em empreendimentos que dependam de grande capacidade financeira, compreendendo atividades como:

Assistência técnica especializada em caráter multidisciplinar;
Incentivos econômicos e diretrizes técnicas, estabelecidos em programas nacionais de combate a inundações;
Programas de longo prazo de coleta e processamento de informações técnicas e dos prejuízos causados pelas inundações;
Financiamento de empreendimentos com altos investimentos iniciais;
Planejamento e execução de ações de interesse de mais de um Estado ou de muitas localidades;
Discriminação das águas públicas, quanto ao domínio;
Regulamentação do seguro contra inundações e promoção de sua implementação, com subsídios financeiros vinculados à adesão de municípios a sistemas de prevenção de inundações;
Assistência financeira aos sistemas de defesa civil.

I.5.2 Na esfera Estadual

Cabe aos governos estaduais a atuação considerando capacidade técnica e financeira significativa e integração de ações locais, compreendendo atividades como:

- Coordenação de suas ações com as da União, as de outros Estados e as dos governos municipais;
- Assistência técnica e financeira aos governos municipais;
- Assessoria e coordenação de projetos municipais que dependam de recursos financeiros federais;

[8] Modelos para gerenciamento de recursos hídricos. Nobel/ABRH, 1987.

- Operação dos sistemas de telemetria e sensoriamento remoto a nível regional e cooperação com os sistemas de alerta e defesa civil dos municípios;
- Discriminação das águas públicas quanto ao domínio e dos terrenos reservados às suas margens.

I.5.3 Na esfera Municipal

Cabe aos governos municipais a atuação em obras em pequenos cursos d'água, em soluções não estruturais e em atividades que dependam de maior presença local, como:

- Integração de zoneamento de áreas inundáveis com Planos Municipais;
- Controle do uso do solo, obedecendo as normas estaduais e federais;
- Assistência técnica aos particulares;
- Financiamento e execução de pequenos projetos;
- Operação dos sistemas de alerta e defesa civil, segundo as rotinas estabelecidas juntamente com a União e o Estado.

I.6 PLANOS VIGENTES

Plano Diretor de desenvolvimento urbano (será detalhado no próximo relatório)

II FUNDAMENTOS

II.1 PRINCÍPIOS:

- Quanto a drenagem urbana no Plano Diretor e integração setorial: o Plano Diretor de Drenagem Urbana (Plano de Controle de Cheias) faz parte do Plano Diretor da cidade, e deve estar integrado aos diversos setores relacionados ao planejamento de desenvolvimento urbano e rural.

- As bacias hidrográficas e sua morfometria: as bacias e sub-bacias hidrográficas, bem como suas características naturais, são consideradas em todas as etapas do planejamento e deverão ser respeitadas na gestão das cheias, especialmente na ocupação dos seus espaços.

- Os impactos da ocupação atual e cenário futuro: os ocupantes urbanos e rurais devem ser responsáveis pela forma de ocupação, de forma a não ampliar as cheias, naturais ou artificiais, possibilitando a concretização de cenários futuros mais favoráveis aos que hoje se conformam.

- Possibilidades de minimização das cheias: todas as ações e medidas possíveis e viáveis são consideradas na minimização das cheias, atuando-se nas causas ou fontes, antes da adoção de medidas focadas nos impactos.

- Medidas possíveis consideradas: entende-se por aquelas que controlam a fonte (causas) das cheias, a factibilidade técnica, social e econômica.

- Valorização dos mecanismos naturais de escoamento: compreendem a maximização da área de infiltração, a limitação de áreas mínimas de ocupação, o zoneamento de áreas sujeitas às cheias, a desobstrução do caminho das águas, o uso de bacias naturais de regularização (várzeas);

- Adequação da legislação municipal atual: todas as medidas diretas e indiretas, bem como as ações, inclusive de monitoramento deverão ser contempladas nas propostas à legislação municipal, de forma a adequá-la ao planejamento atual e futuro;

- Aspectos e estratégias educacionais: todos as aspectos relacionados aos recursos hídricos, com especial atenção nos fatores que geradores e potencializardores das cheias, devem ser abordados nas ações educacionais e na legislação municipal, com foco na mudança de comportamento individual.

- Possibilidades de transferência de custos proporcionais às áreas ocupadas: o princípio da responsabilidade individual (seja pessoa física, seja jurídica) pela ocupação e sua parcela de influência sobre as cheias, justifica a assunção das ações de controle das águas nos imóveis.

- Priorização do controle nas fontes: em lugar dos investimentos que buscam transferir as águas a montante, normalmente a intervenção e ampliação de canais, o que,

quando eficiente, transfere o problema para jusante, devem ser adotadas prioritariamente o controle dos volumes, tempos de escoamento e vazões, nas fontes. Esta estratégia tende a ser de maior longevidade, de menor custo e de maior eficácia no controle das cheias.

II.2 OBJETIVOS:

Criar condições de drenagem urbana compatível com o desenvolvimento da cidade desenvolvimento, no espaço de ocupação e no tempo. Dois objetivos prioritários devem ser seguidos na adoção de medidas de controle de cheias nas rede de drenagem: o **controle do aumento da vazão máxima e melhoria das condições ambientais**.

"As medidas de controle do escoamento podem ser classificadas, de acordo com sua ação na bacia hidrográfica, em:

- **Distribuída ou na fonte**: é o tipo de controle que atua sobre o lote, praças e passeios. Atua na redução do escoamento superficial através do armazenamento e da infiltração ou percolação;
- **Na microdrenagem**: é o controle que age sobre o hidrograma resultante de um parcelamento ou mesmo mais de um parcelamento, em função da área;
- **Na macrodrenagem**: é o controle sobre áreas acima de 2 km^2 ou dos principais riachos urbanos." [9]

II.3 METAS:

A meta principal é a distribuição das águas no tempo, buscando formas de retardamento do escoamento e redução da magnitude de vazões e cotas, afim de minimizar e controlar cheias e contemplar a expansão urbana. A compatibilização das formas de convívio com as cheias ocorre através da execução das ações na sua íntegra (ações públicas e particulares, individuais e coletivas).

II.4 CENÁRIOS DE DESENVOLVIMENTO:

Os cenários foram estabelecidos com base nos levantamentos físicos realizados nas bacias em estudo.

(a) Cenário Atual: segundo densidade de ocupação (26,4 hab/km^2), canalizações e rede de drenagem existentes e taxa de impermeabilização (12,9% nos lotes + 19,6% das vias públicas = 32,2%);

(b) Cenário tendencial: o preconizado pelo Plano Diretor, que atendendo os parâmetros de impermeabilização prevista, bem como a densificação prevista,

[9] *Plano Diretor de Drenagem Urbana, Manual de Drenagem Urbana de Porto Alegre, Volume IV. IPH, Porto Alegre, 2005.*

que visa a otimização dos aparelhos públicos; neste cenário a taxa de impermeabilização cresce para 49%).

(c) Cenário máximo: prevê um aumento da população para o horizonte mínimo de 20 anos (ou mais), que concebe uma população urbana de 128.000 habitantes urbanos (aproximadamente o dobro da atual), com os parâmetros de ocupação urbana proporcionais ao padrão de ocupação atual, já que, em parte, a tendência é a ocupação de novas áreas, fora da bacia. A taxa de impermeabilização considerada é de 69,3% (média de 50% nos lotes).

II.5 ALTERNATIVAS DE CONTROLE PARA A REDE DE DRENAGEM PLUVIAL

As medidas de controle para as redes de drenagem urbana devem possuir dois objetivos básicos: **controle do aumento da vazão máxima e melhoria das condições ambientais**.

II.5.1 Riscos de projeto

II.5.1.1 Probabilidade de eventos (TR)

Adotou-se pelo estudo de tempos recorrência de chuvas de projeto de 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200 e 500 anos, sendo que as vazões na macrodrenagem as vazões decorrentes com 100 anos, na microdrenagem 10 anos e no controle na fonte 2 a 5 anos.

II.5.1.2 Compromissos com a segurança

Os compromissos relacionados à segurança das medidas de controle de cheias urbanas são:

- Segurança à vida e ao patrimônio da população: refere-se à proposição de medidas que efetivamente minimizem os danos causados pelas enchentes, seja à vida das pessoas, seja aos bens móveis e imóveis (objetivo principal do planejamento de cheias);

- Segurança ao patrimônio público e à dinâmica da cidade: refere-se à integridade do patrimônio público, especialmente à infra-estrutura de saúde, educação, segurança pública e transporte (vias públicas);

- Segurança na alocação dos recursos: refere-se à efetividade das medidas as ações propostas frente aos investimentos necessários, entendendo-se como, propor medidas que realmente sejam necessárias e viáveis.

II.5.2 Possibilidades de medidas estruturais.

Dentre as medidas estruturais, após diagnóstico hidrológico e hidráulico, foi dado maior prioridade para medidas de controle na fonte. Portanto, entre as medidas estruturais, o arranjo adotado foi:

(a) Na fonte: propor medidas que atuem sobre os lotes, praças e passeios, através de estruturas de armazenamento e retardamento (redução) do escoamento superficial (através do armazenamento e da infiltração ou percolação), como caixas de retenção nos lotes particulares e áreas públicas (inclusive vias), descrita no próximo relatório (02).
(b) Na microdrenagem, optou-se por recomendar reservatórios de amortecimento em determinados pontos críticos e tecer recomendações para o dimensionamento hidráulico de rede de condutos (ruas, sarjetas, bocas-de-lobo e galerias);
(c) Na macrodrenagem, optou-se pelas bacias de contenção e retenção de água (sendo três uma sub-bacia de montante), descritas neste relatório (01). De certa forma é a mesma estratégia da redução na fonte via armazenamento temporário, uma vez que regulariza (reduzindo) o escoamento nos canais a jusante dos reservatórios.

As a hipótese de canalizações foram minimizadas pela inviabilidade (e inadequabilidade) técnica e econômica de ampliação dos canais de drenagem, uma vez que sobre o ramal principal (galeria do rio Ligeiro) há diversas edificações, cujas fundações inviabilizam qualquer ampliação. Não havendo esta possibilidade, a ampliação das seções de canalização secundária (afluentes) e da rede de drenagem não se justificam porque traferiria o problemas das cheias para a área central da cidade (sobre a galeria do rio Ligeiro). Assim, a canalização restrigem-se a um trecho do Córrego Fundo (onde a ocupação é mais densa) e a retificação de alguns pontos de estrangulamento.

No decorrer do texto a seguir, é comentado este aspecto.

II.6 Estratégias:

II.6.1 De adequação e integração ao Plano Diretor (áreas ocupadas e não-ocupadas),

As ações e medidas preconizadas após os estudos, foram pautadas nas premissas do plano diretor, no que concerne às cheias: á área máxima de impermeabilização (implícita a impermeabilização) e perímetro de ocupação.

Esta integração foi contemplada nas pressuposições do cenário 02, mas adotou-se o cenário 03 porque é a meta estabelecida pela municipalidade, compatível com o prazo das intervenções.

II.6.2 Controle ambiental

O controle ambiental está focado no controle da qualidade da implementação das medidas estruturais, bacias de contenção, retificação de canais (microdrenagem) e estruturas de controle na fonte (caixas de armazenamento e infiltração ou percolação), bem como medidas não estruturais, tais como a educação ambiental, a fiscalização ambiental (disposição de resíduos, manejo da água (especialmente nas caixas de retenção com reuso de água) e conformidades das ligações de águas pluviais e esgoto sanitário.

A inadequada gestão das águas e estruturas destinadas à ela, acarreta problemas relacionadas à efetividade do controle das cheias ou problemas de ordem sanitária. Faz parte da gestão das águas a revegetação (arbórea ou não) dos fundos de vale e faixa ripária.

III Desenvolvimento

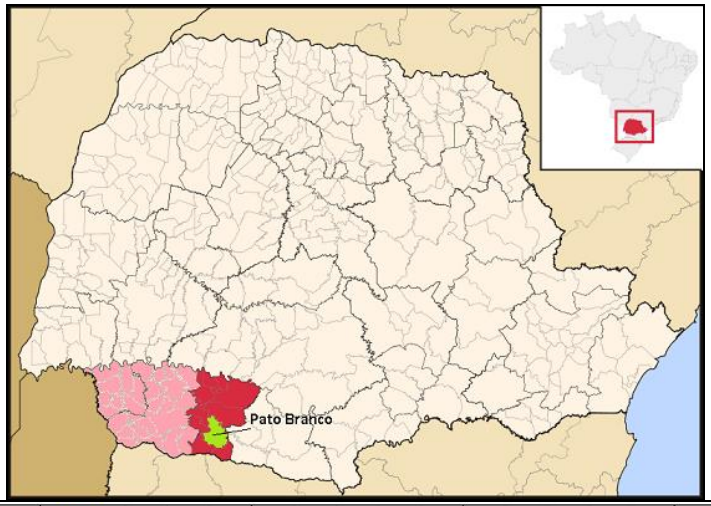
III.1 Levantamentos do Meio Físico e sócio-econômico

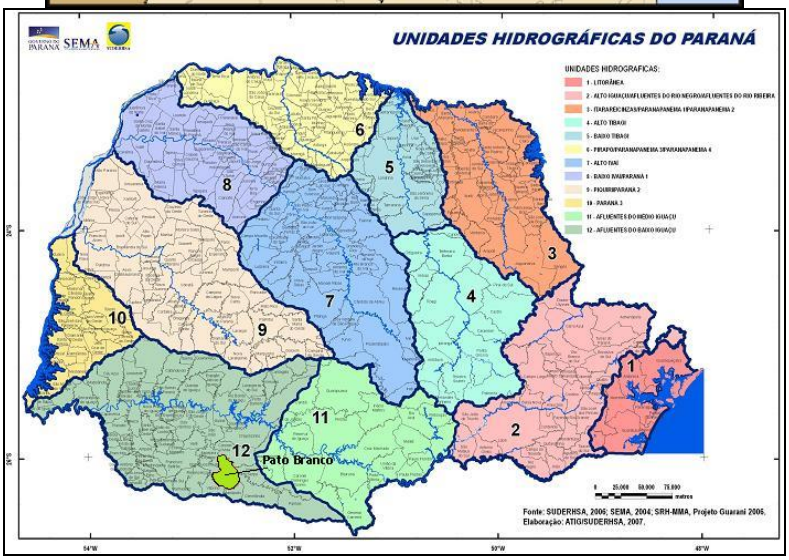
III.1.1 Localização do município

Situada na região Sudoeste do Paraná, Pato Branco é uma cidade-polo de 10 municípios, que formam a microrregião. Município fundado em 1952, conta hoje 74.000 habitantes, sendo que 96% é urbana. O índice de desenvolvimento humano (2000) é de 0,849, à época o 34.° do país.

O município se destaca na região como centro de saúde e educação. A economia é baseada na agricultura e agroindustrialização, mas tem crescido importância a indústria de informática e eletro-eletrônica.

Localiza-se na mesorregião Sudoeste do Paraná, microrregião Pato Branco, nas coordenadas geográficas (centróide) 26° 13′ 44″ S, 52° 40′ 15″ W (-26.228889°, -52.670833°) ou UTM 7097892, 333098 quadrante 22J (datum SAD69), inserido na bacia do rio Iguaçu.





Em 95% das divisas municipais ocorrem por cursos d'água, na sua maioria de 4.a e 5.a ordem. O rio Chopim é a divisa de Pato Branco com os municípios de Coronel Vivida e Honório Serpa. O rio Pato Branco é a divisa com Clevelândia; e seus afluentes, os rios Pato Branco, Pinheiro e Conrado são divisas com Mariópolis. Os rios Conrado e Vitorino são divisas com Vitorino.

III.1.2 Aspectos socio-econômicos

Os aspectos socio-econômicos têm relação com o estabelecimento dos cenários, uma vez que incidam o desenvolvimento da ocupação e impermeabilização do solo, estabelecem parâmetros para a verificação da viabilidade e exeqüibilidade das medidas e intervenções propostas, bem como parâmetros para o desenvolvimento das ações de educação ambiental, fiscalização e zoneamento das áreas de risco (medidas não estruturais)

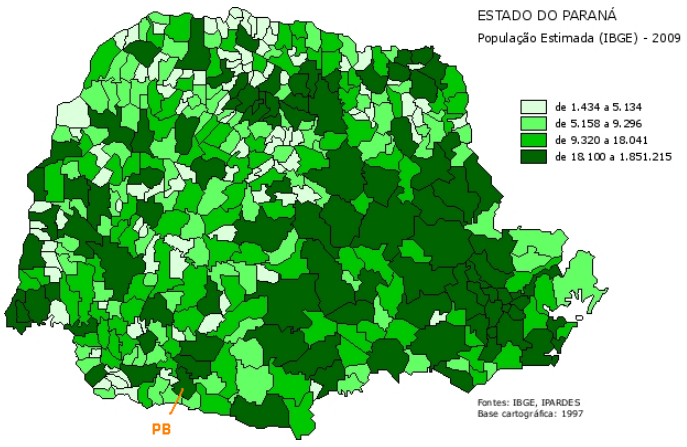
III.1.2.1 População

Embora seja um município relativamente jovem, apresenta tendência de estabilização populacional, com taxas de crescimento em declínio. Quando isto acontece, há duas possibilidades:

(a) o município esgotou seus recursos, como ocorreu em muitas cidades norte do Paraná e do centro-oeste, o que não é o caso de Pato Branco; ou

(b) inicia uma etapa de consolidação econômica e social, em que o crescimento é substituído pelo desenvolvimento, marcado pela melhoria da qualidade de vida e melhor distribuição da renda.

INFORMAÇÃO	FONTE	DATA	ESTATÍSTICA
População Censitária – Total	IBGE	2000	62.234 habitantes
População - Contagem	IBGE	2007	66.680 habitantes
População – Estimada	IBGE	2009	70.160 habitantes

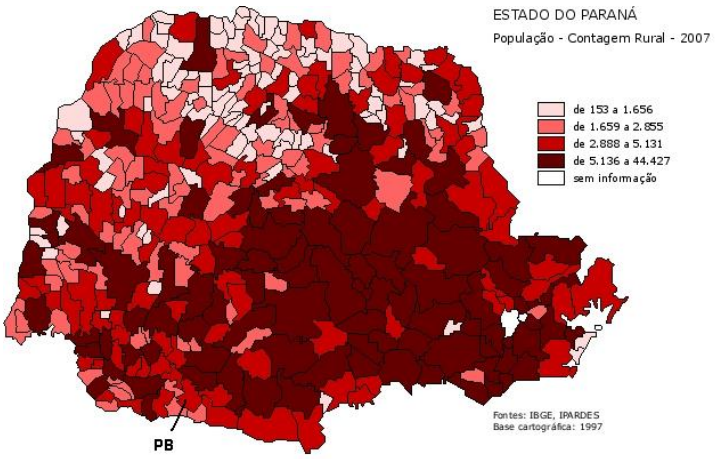


Os dados relativos a estes aspectos, de ordem econômica e social, são comentados mais adiante, mas têm forte relação com a dinâmica populacional.

O êxodo rural em Pato Branco difere do êxodo de outras regiões por haver uma transferência intramunicipal de domicílios pelos agricultores, motivado pela qualidade de vida e busca de empregos no comércio e indústria, reflexo da mecanização agrícola. Não se trata de uma expulsão do campo por razões econômicas, como no passado recente. A pouca distância, a facilidade de transporte e locomoção da cidade para o campo, a busca de maior conforto para acesso ao emprego e moradia, às instituições de ensino, ao comércio e a infra-estrutura existente na cidade, são os principais motivos deste movimento. Além disto, marca diferença para outras situações no estado e país, onde há agravantes sociais, o fato de que os produtores rurais continuam na atividade. É um processo com impactos muito diferentes do que se observava a 2 ou 3 décadas atrás, em que o êxodo ocorria por dívidas e venda das propriedades ou pela falta de capacidade de suporte das terras em absorver a mão-de-obra das famílias de agricultores, normalmente numerosas.

Há um pequeno movimento contrário (cidade-campo) por pessoas aposentadas, que encontram no campo menor custo de vida. Vivem de arrendamentos, quando suas áreas permitem, ou do trabalho diário como complemento dos proventos. Neste caso, o retorno ao campo é motivado pelas deficiências no sistema previdenciário, que afeta todo o país.

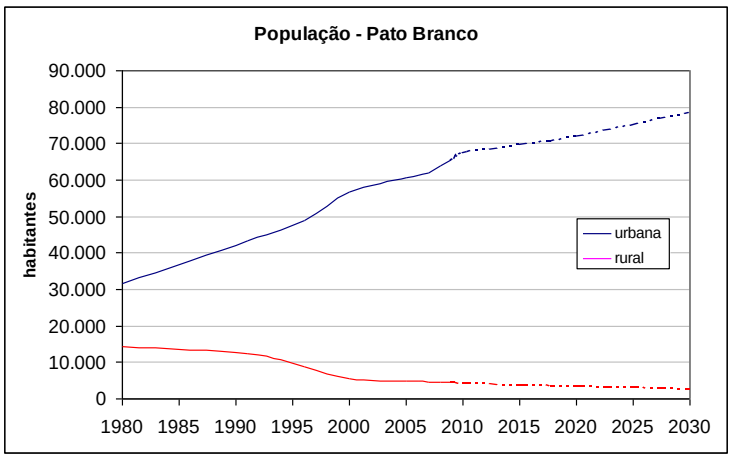
Entre as décadas de 80 e 90, houve forte transferência da população do campo para a cidade, percebido nos gráficos a seguir. A população remanescente no campo, equivale praticamente às famílias que desenvolvem as atividades na agricultura. É perceptível a redução da população na faixa etária dos 15 a 25 anos, período em que é buscado o ensino e o emprego.

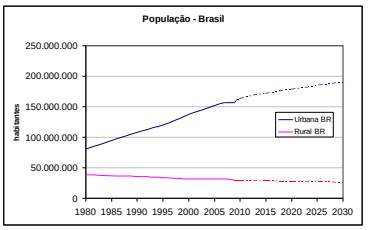


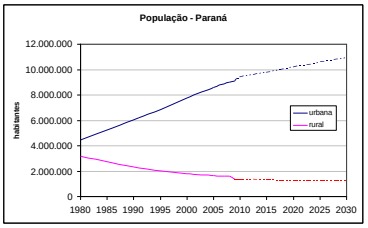
Nos demais aspectos, as curvas de crescimento seguem a tendência do estado e do país.

III.1.2.2 Cenários da evolução populacional

As demandas de água, fundamentais para o planejamento dos recursos hídricos, tem um dos seus pilares nas tendências de crescimento (ou decrescimento) da população na cidade e nomeio rural. É um dos aspectos mais importantes na análise ambiental. A concentração da população nas áreas urbanas, resultam em aumentos substanciais na demanda por água e energia, assim como na produção de esgoto doméstico e resíduos municipais.







Os dados oficiais de população são vem até a contagem em 2007, sendo que o último censo foi realizado em 2000. Portanto, a partir de 2007, as informações são resultantes de análises de tendências. Particularmente em relação à população rural, as informações são ainda mais escassas. O último dado censitário é de 2000 e uma referência de 2007 (produto estatístico). A maior dificuldade é que a população apresenta-se bastante baixa o que aumenta sensivelmente a sensibilidade ds projeções.

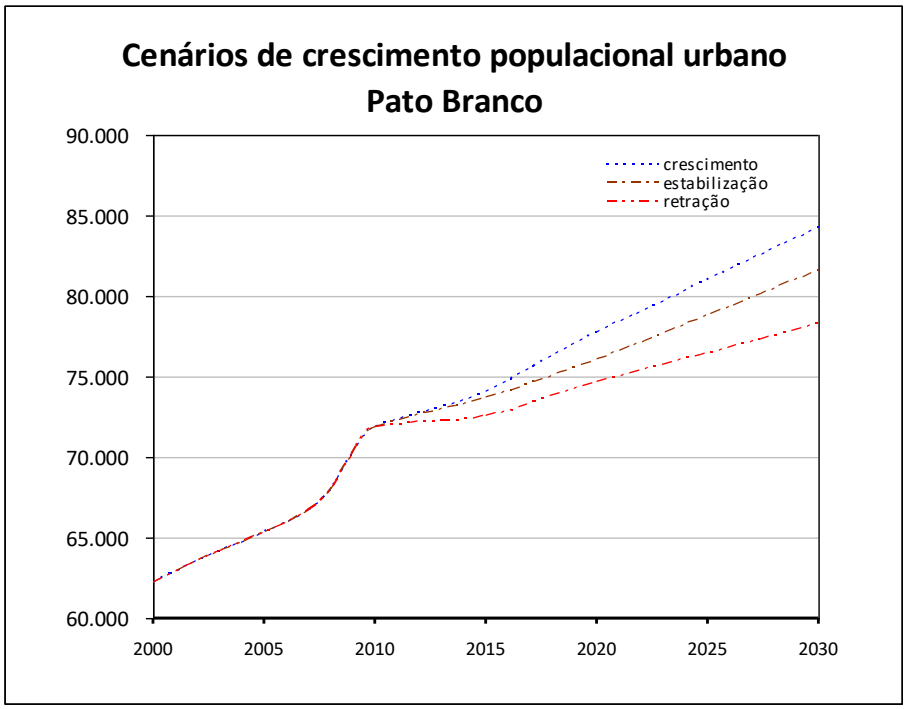
Analisando estas tendências de crescimento (e decrescimento, rural), estabeleceu-se 3 cenários a partir de 2010. Uma tendência denominada "estabilidade" representa a tend6encia numérica obtida por análise de regressão polinomial (curvas de 2 e 3.o graus), obtida considerando a série populacional a partir de 1991; uma tendência resultante da consideração de declínio nas taxas de crescimento populacional (negativo no caso de população rural) e outra tendência obtida a partir de taxas de crescimentos maiores que as atuais, obtidas quando se considera um horizonte temporal maior (a partir de 1980). O resultado é o quadro a seguir e os gráficos relativos à população urbana e rural.

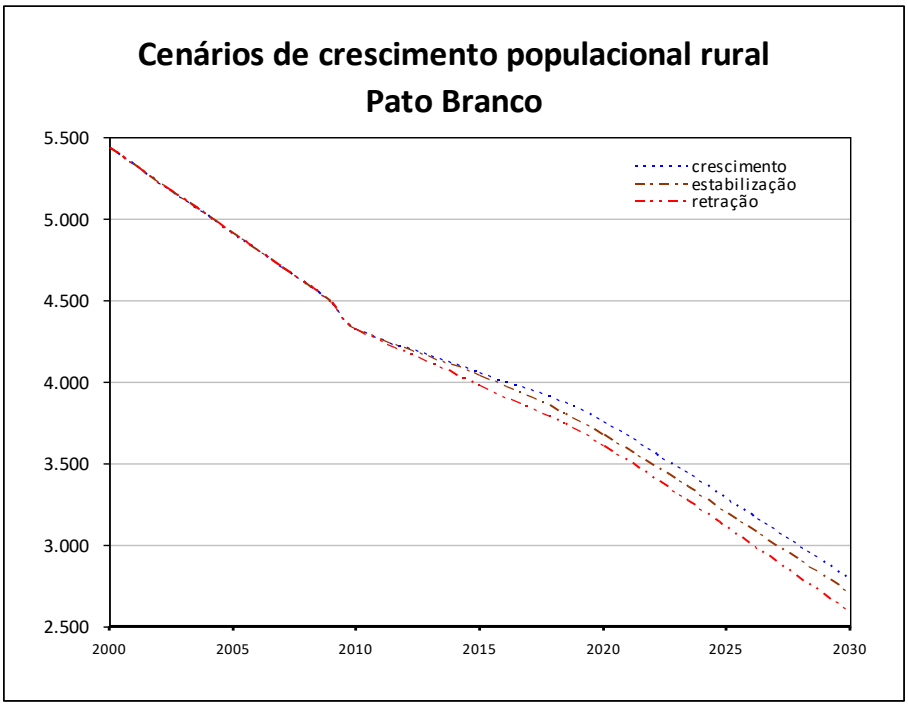
Ano	Retração		Estabilidade		Crescimento	
	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural
2000	56.805	5.429	56.805	5.429	56.805	5.429
2007	61.989	4.696	61.989	4.696	61.989	4.696
2009	65.673	4.487	65.673	4.487	65.673	4.487
2010	67.516	4.320	67.516	4.320	67.516	4.320
2015	68.531	3.972	69.658	4.037	69.948	4.054
2020	71.083	3.601	72.416	3.669	73.939	3.746
2030	75.625	2.586	78.923	2.699	81.426	2.784
2090	111.300	2.400	121.000	2.450	128.000*	2.500

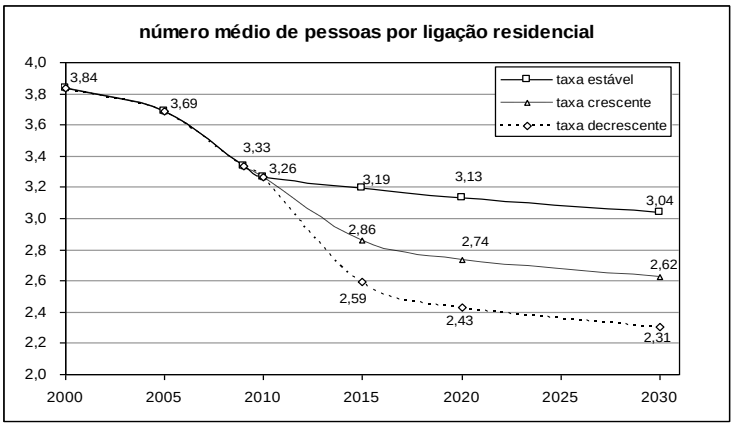
* arbitrário.

Os anos de 2000 e 2007 representam censo e contagem da população e os demais estimativas de tendência, inclusive de 2010. As tendências de 2010 a 2030 foram calculadas através de ajustamento de curvas.

As estimativas de demandas, especialmente de água, serão baseadas nestes três cenários populacionais e fatores relacionados às atividades econômicas.

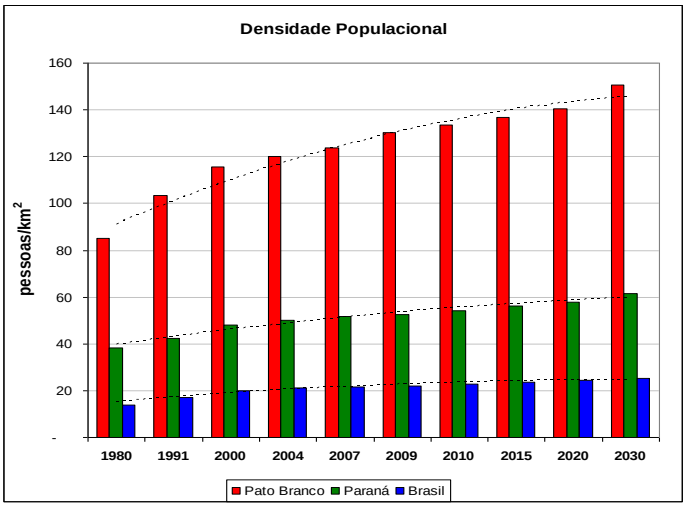

Cenários de crescimento populacional urbano
Pato Branco
90.000
85.000
80.000
75.000
70.000
65.000
60.000
2000
2005
2010
2015
2020
2025
2030
crescimento
estabilização
retração


Cenários de crescimento populacional rural
Pato Branco
5.500
5.000
4.500
4.000
3.500
3.000
2.500
2000
2005
2010
2015
2020
2025
2030
crescimento
estabilização
retração


número médio de pessoas por ligação residencial
4,0
3,8
3,6
3,4
3,2
3,0
2,8
2,6
2,4
2,2
2,0
2000
2005
2010
2015
2020
2025
2030
taxa estável
taxa crescente
taxa decrescente
3,84
3,69
3,33
3,26
3,19
3,13
3,04
2,86
2,74
2,62
2,59
2,43
2,31

Não se pode afirmar necessariamente que o crescimento populacional modesto e tendendo a estabilização é um aspecto indesejável e negativo ao desenvolvimento. Por um lado trata-se de taxas moderadas, tendendo à estagnação. Por outro, se não há crescimento, significa que os recursos podem ser direcionados para a melhoria da qualidade de vida. Assim, há muito a ser compensado na implementação dos programas, em relação à impactos decorrentes do crescimento populacional, no campo do ensino e mudanças de comportamento, que podem, inclusive, sem exagero otimista, proporcionar melhoria de qualidade e uso dos recursos ambientais.

A densidade populacional brasileira é bastante baixa em função da sua enorme extensão territorial. O Paraná também apresenta densidade populacional baixa, próximo à densidade do México e Irlanda, com a diferença de possuir terras e clima muito mais favoráveis ao desenvolvimento e ocupação. Pato Branco possui densidade populacional pouco acima da densidade da República Tcheca e Dinamarca, com vantagens relativas superiores a muitas regiões e à condição média do estado.



Densidade Demográfica (DD municipal = População/Área do município)	FONTE	DATA	ESTATÍSTICA	
	IPARDES	2009	130,2	hab/km²
	Previsão	2010	133,7	hab/km²
	Previsão	2015	137,0	hab/km²
	Previsão	2020	140,9	hab/km²
	Previsão	2030	151,0	hab/km²

As áreas urbanas do município totalizam 25,59 km², o que resulta numa densidade populacional urbana de 2.640 hab/km² e 8,41 hab/km² na área rural. Cidades Metropolitanas, como a capital de São Paulo, possuem densidade em torno de 6.500 a 7.150 hab/km². Pato Branco estaria hoje com aproximadamente 1/3 desta densidade. Considerando os espaços vazios na área urbana a serem ocupados, a densidade populacional urbana do município não é preocupante, desde que a ocupação seja harmônica e distribuída, não congestionando determinados bairros e o centro da cidade. A densidade populacional rural é aproximadamente 40% da brasileira, com tendência a estagnação próxima a 2.500 pessoas. Neste sentido, pode ser preocupante a falta de mão-

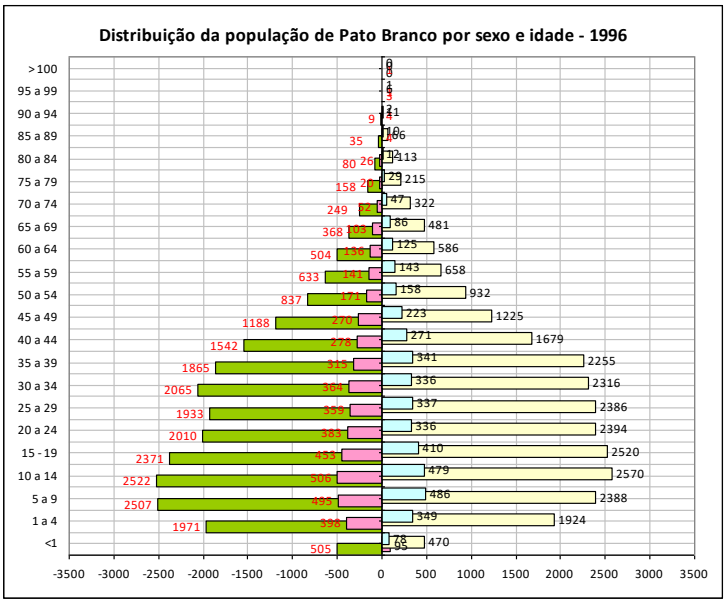
de-obra rural, com prejuízos às atividades agropecuárias, pois, mesmo que a oferta de salários se elevem, faltará experiência para desempenho das atividades rurais.

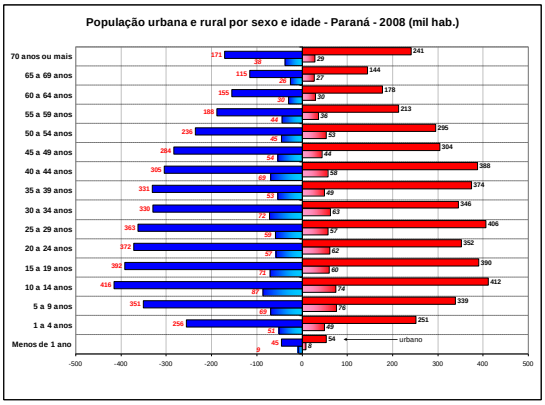
Destaca-se que, se houver novo impulso de crescimento populacional exacerbado na área urbana, a população não virá do campo, mas de fluxos migratórios.

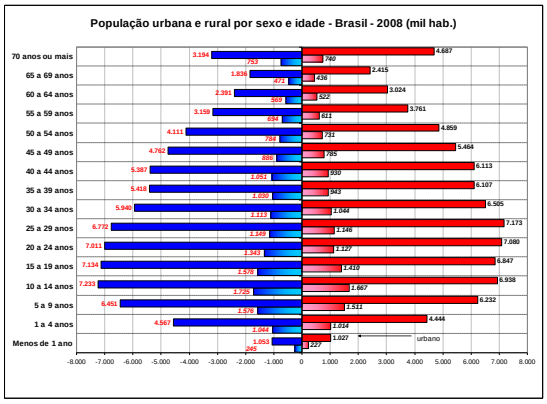
As tendências das taxas de crescimento populacional confirmam a tendência de estabilização da população ou crescimento lento e estável. Este comportamento tem relação também com a estrutura da ocupação no Sudoeste do Paraná, que tende a possuir de 3 a 4 cidades-polo e pequenas cidades formando a malha urbana.

Os dados disponíveis da distribuição populacional do município, por situação de domicílio, idade e sexo, é de 1996. A defasagem de 14 anos torna estes dados praticamente inutilizáveis. Todavia, são apresentadas nas no gráfico a seguir, seguido da distribuição equivalente no Paraná e Brasil, estas a partir das estimativas populacionais de 2008 do IBGE.

Taxa de Crescimento Geométrico Pato Branco	IBGE	2000	2,070	%
Brasil .	IBGE	2000	1,486	%
	Projeção	2010	0,921	%
		2015	0,694	%
		2020	0,568	%
		2030	0,308	%







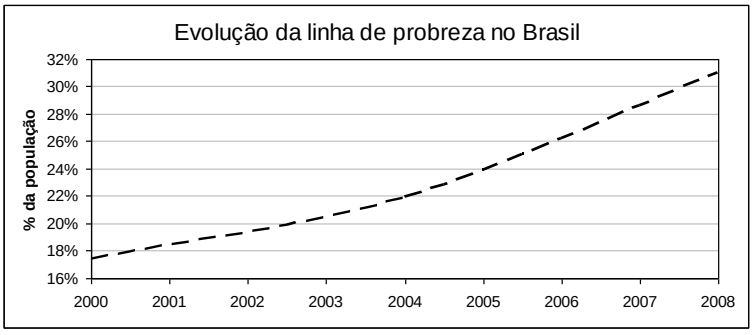
Considera-se como nível de pobreza a renda mensal per capita menor que ½ salário mínimo. Em Pato Branco, no ano de 2000, eram 16,7% da população. Não há dados mais recentes que se possa afirmar sobre a tendência deste índice. Há indicação de aumento pela tendência nacional.

Por outro lado, o que reduz a pobreza são as oportunidades que possibilitem a independência das pessoas. No momento há farta oferta de oportunidades na região e município, o que indica prosperidade, portanto de redução dos índices de pobreza.

O índice de pobreza tem forte relação com o índice Gini.

Situação de Pobreza (Pato Branco)	Pessoas	IBGE/IPARDES	2000	10.416
	Famílias	IBGE/IPARDES	2000	2.727

Taxa de Pobreza (%)	Fonte	Ano	Pato Branco	Paraná	Brasil
	IBGE/IPARDES	2000	16,7% - 14,63%	24,3%	17,4%
	IBGE	2004			22,0%
	IBGE	2008			31,0%



O número de pessoas por unidade familiar no município tende a reduzir, confirmando uma tendência nacional decorrente da menor taxa de fecundidade e, consequentemente, redução no número de filhos e o maior número de pessoas residindo sozinhas.

Número de Domicílios	Fonte	Ano	Domicílios	Residentes/unidade	População
	IBGE	2000	19.593	3,18	62.234
	Estimativa	2009	22.941	3,06	70.160

O número de domicílios filhos interfere na previsão da expansão da ocupação.

III.1.2.3 Indicadores sociais populacional

Os indicadores e índices são produtos (conjuntos) de dados ou parâmetros sintetizados e agregados para facilitar a interpretação de um sistema mais complexo. Deve-se velar em conta que é mais fácil elevar índices e indicadores quando os valores são baixos. Qualquer intervenção no sentido de melhorar os fatores que interferem nos indicadores, tem grande sensibilidade no aumento dos índices, especialmente medidas relacionadas a investimentos financeiros e estruturais. Por exemplo: mudar o índice de escolarização num local onde não há escolas, basta recursos e a implantação de escolas. Há um salto nos índices relacionados ao ensino, num primeiro momento.

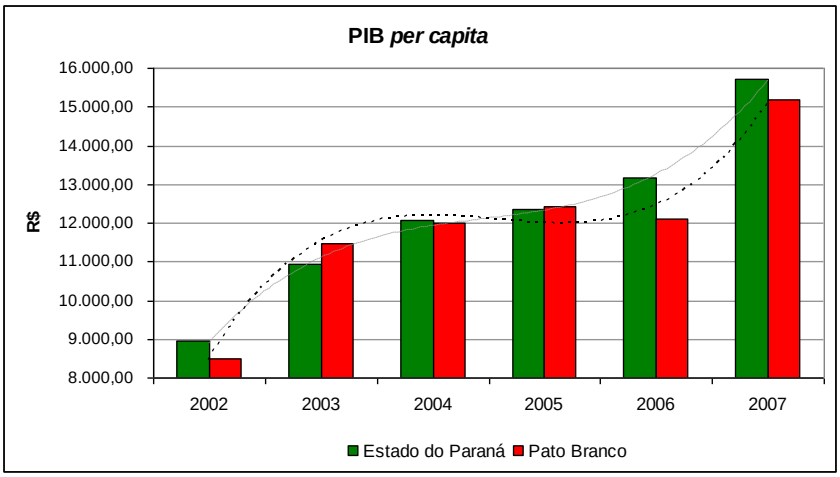
À medida que os indicadores crescem, os investimentos e infra-estrutura passam a existir, as mudanças ficam menos elásticas e, por isto, há uma mudança no perfil das ações, cada vez mais dependentes do comportamento das pessoas. Desta forma, o desenvolvimento humano no município dependerá cada vez mais nas mudanças culturais, uma vez que há suprimento das condições básicas como o abastecimento de água, esgoto, moradia, de energia, educação, saúde, etc. A consideração a deste aspecto define o direcionamento das ações e medidas a serem planejadas, sendo o foco principal o aspecto cultural e o comportamento das pessoas.

PIB per capita

PIB Per Capita	Fonte	Ano	Pato Branco	Paraná
	IBGE/IPARDES	2004	12.004,00	12.080,00
	IBGE/IPARDES	2007	15.171,00	15.711,00

O Produto Interno Bruto (PIB) é o total de riqueza (bens e serviços) gerada por um período de tempo (geralmente de um ano) em um espaço geográfico (país, região, estado ou município).

O PIB per Capita - corresponde ao valor do PIB global dividido pelo número absoluto de habitantes de um país, região, estado ou município.



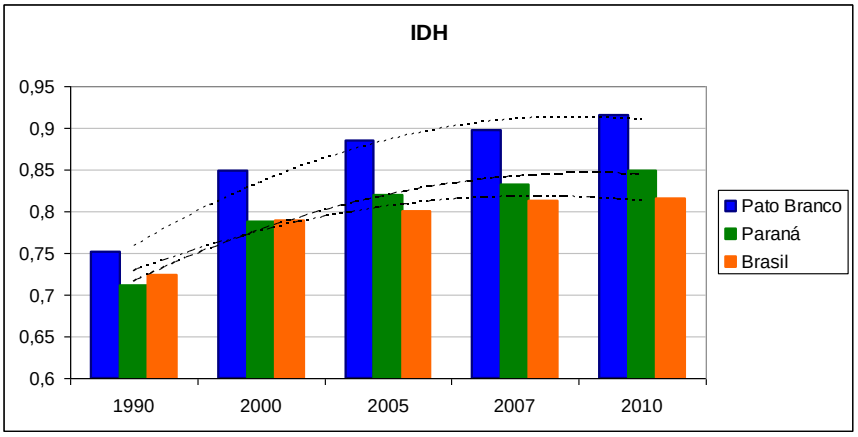
Índice de Desenvolvimento Humano - IDH

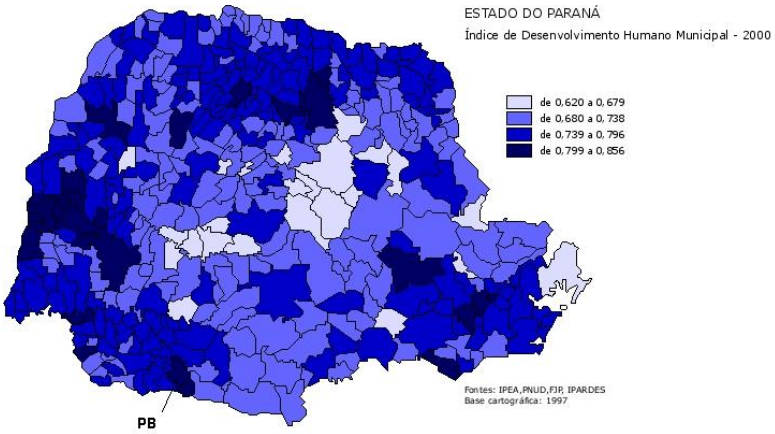
Mede o grau de desenvolvimento humano (qualidade de vida). Quanto mais alto, maior desenvolvimento e qualidade de vida. O IDH-M é elaborado com base nos indicadores de educação (alfabetização e taxa de freqüência escolar), longevidade e renda da população. Esse conjunto de indicadores compõe os índices: IDH-E (educação), IDH-L (longevidade) e IDH-R (renda), cuja média aritmética simples resulta no IDH-M. Esses índices variam de 0 (zero) a 1 (um), sendo 1 (um) a posição correspondente aos melhores valores. No caso do IDH, o 0 (zero) representa nenhum desenvolvimento humano; países com IDH até 0,499 têm desenvolvimento humano considerado baixo; os países com índices entre 0,500 e 0,799 são considerados de médio desenvolvimento humano; e aqueles com IDH igual ou superior a 0,800 têm o desenvolvimento humano considerado alto. Essas classes de índices não revelam, no entanto, a desigualdade da condição de desenvolvimento entre os municípios. Para melhor observar esse comportamento, as classes devem ser organizadas considerando alguns casos de subclasses:

Valores	Desenvolvimento humano
Abaixo de 0,300	Baixo inferior
De 0,300 a 0,499	baixo
De 0,500 a 0,649	médio
De 0,650 a 0,799	Médio superior
De 0,800 e acima	Alto desenvolvimento

Fonte: IPARDES, 2010.

Índice de Desenvolvimento Humano - IDH-M			Pato Branco	Paraná	Brasil
	PNUD/IPEA/FJP	1995	0,751	0,711	0,723
	PNUD/IPEA/FJP	2000	0,849	0,787	0,789
	IBGE	2005	0,885	0,820	0,800
	IBGE	2007	-	-	0,813

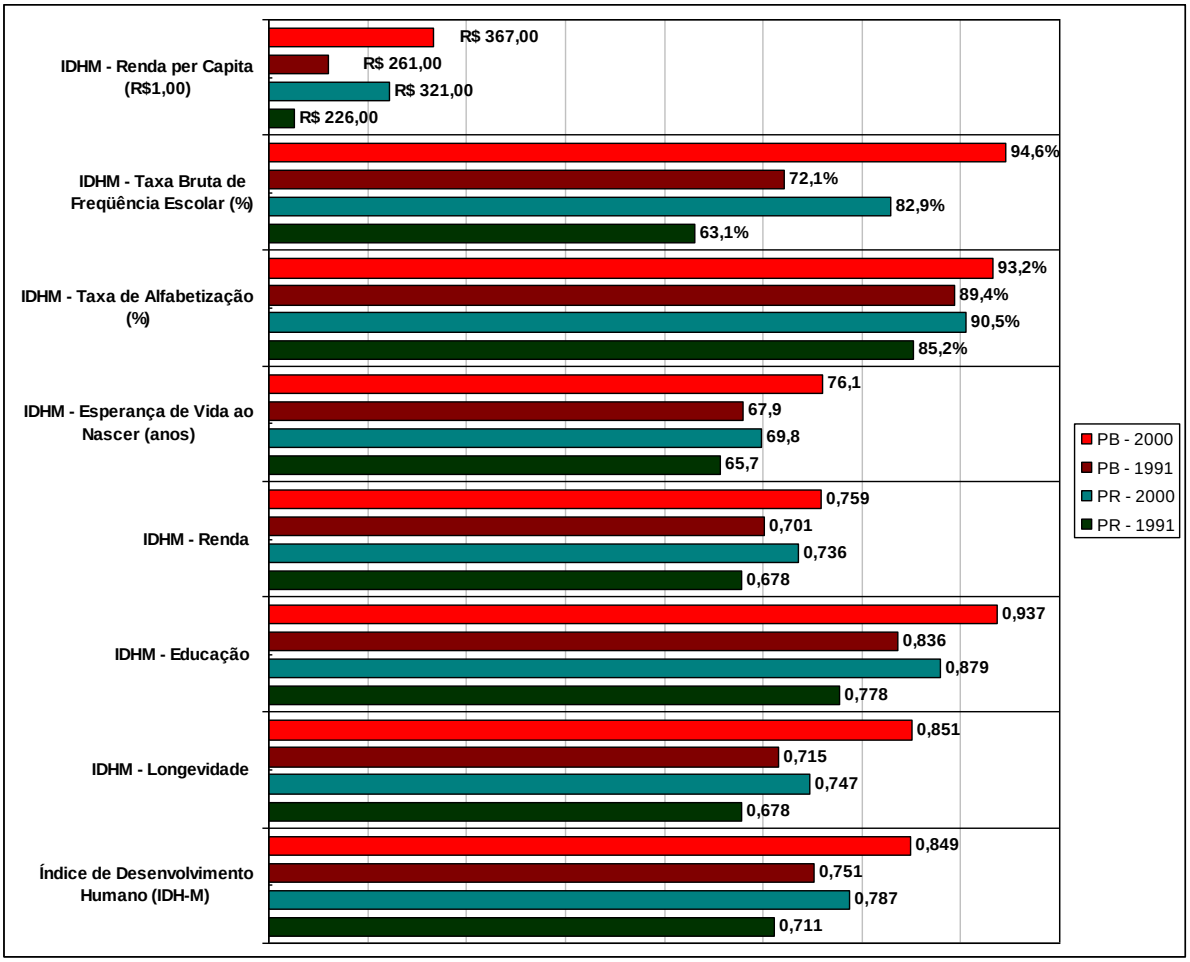




Índice de Desenvolvimento Humano	Ano	Pato Branco	evolução	Paraná	evolução
IDH-M	1991	0,751	+ 13,0%	0,711	+ 10,7%
	2000	0,849		0,787	
IDHM - Longevidade	1991	0,715	+ 19,0%	0,678	+ 10,2%
	2000	0,851		0,747	
IDHM - Educação	1991	0,836	+ 12,1%	0,778	+ 13,0%
	2000	0,937		0,879	
IDHM - Renda	1991	0,701	+ 8,3%	0,678	+ 8,6%
	2000	0,759		0,736	
IDHM - Esperança de Vida ao Nascer (anos) *	1991	67,9	+ 12,0%	65,71	+ 6,3%
	2000	76,07		69,83	
IDHM - Taxa de Alfabetização (%)	1991	89,38	+ 4,3%	85,15	+ 6,2%
	2000	93,22		90,47	
IDHM - Taxa Bruta de Freqüência Escolar (%)	1991	72,13	+ 31,1%	63,08	+ 31,4%
	2000	94,55		82,88	
IDHM - Renda per Capita (R$1,00)	1991	260,65	+ 40,8%	226,29	+ 42,0%
	2000	367,00		321,39	
IDHM - Classificação no Paraná	1991	7	+ 4,00	-	-
	2000	3		-	-
IDHM - Classificação Nacional	1991	291	+ 255	7	+ 1
	2000	36		6	

Fonte: IPARDES, 2010.

Sub-índices do IDH-M de 1991 e 2000, do Paraná e de Pato Branco.



Fonte: IPARDES, 2010.

III.1.3 Clima

Pato Branco está inserida numa região intertropical, com clima predominante, onde está a cidade, segundo a Classificação de Köppen, é Cfb - Clima temperado propriamente dito; temperatura média no mês mais frio abaixo de 18oC (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22oC e sem estação seca definida. Este padrão climático se caracteriza nas cotas mais elevadas do município, acima de 700 m de altitude.

Na nas porções mais baixas da paisagem (altitudes abaixo de 700m), vale do rio Chopim, o clima é Cfa - Clima subtropical; temperatura média no mês mais frio inferior a 18oC (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22oC, com verões quentes, geadas pouco freqüentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida.

Segundo o IAPAR, o clima no município apresenta "verão mais úmido que o inverno, chuvas abundantes e bem distribuídas ao longo do ano, sendo o verão fresco e úmido."(IAPAR).

A precipitação média anual (de longa duração) é de 2.080,08 mm e a evapotranspiração anual é de 1.105,44 mm (53,1% da precipitação média anual).

As informações climáticas sintéticas da estação mais representativa do município (IAPAR) estão no quando a seguir:

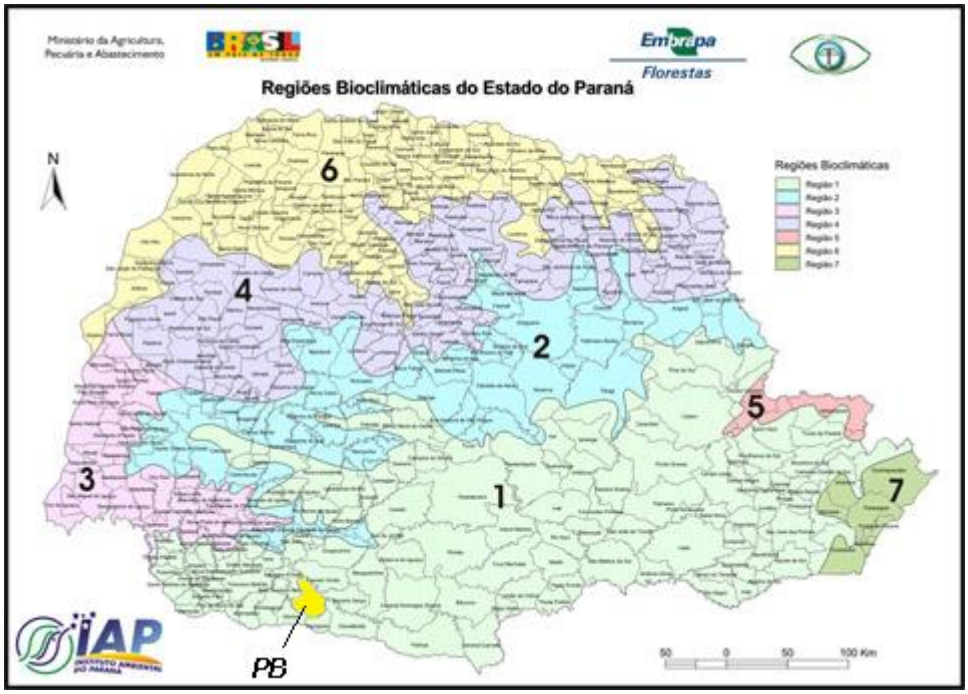
EST.: **Pato Branco /** CÓD.: **02652035 / IAPAR /** LAT.: **26º07´S /** LONG.: **52º41´W /** ALT.: **700m /** PERÍODO: **1979 - 2008**

	TEMPERATURA DO AR (ºC)							U.REL
MÊS	média	média máxima	média mínima	máxima absol.	ano	mínima absoluta	ano	média (%)
JAN	22,6	28,8	18,1	34,0	86/06	9,8	1980	75,0
FEV	22,1	28,4	18,0	35,0	1979	8,0	1987	78,0
MAR	21,4	28,1	17,1	36,6	2005	3,6	1987	75,0
ABR	19,1	25,5	14,9	32,6	2004	0,8	1999	77,0
MAI	15,6	21,8	11,6	29,8	1981	-0,2	2007	77,0
JUN	14,5	20,5	10,5	27,2	vários	-3,8	1994	77,0
JUL	14,3	20,5	9,9	28,4	Vários	-4,0	2000	73,0
AGO	16,2	22,8	11,3	32,0	94/98	-3,5	1984	68,0
SET	16,8	23,4	12,1	35,2	1988	-1,0	1980	69,0
OUT	19,5	25,7	14,7	33,8	1985	1,6	1985	71,0
NOV	20,9	27,4	15,8	36,7	1985	6,0	79/92	68,0
DEZ	22,1	28,5	17,3	36,6	1985	6,2	1982	72,0
Médias	18,76	25,12	14,28	33,16		1,96		73,33

EST.: **Pato Branco /** CÓD.: **02652035 / IAPAR /** LAT.: **26º07´S /** LONG.: **52º41´W /** ALT.: **700m** / PERÍODO: **1979 - 2008**

	PRECIPITAÇÃO (mm)				EVAPORAÇÃO	INSOLAÇÃO
MÊS	total	Máxima 24h	ano	dias de chuva	total (mm)	total (horas)
JAN	184,4	110,0	1980	14,0	97,6	239,8
FEV	172,6	112,2	1983	14,0	77,5	203,8
MAR	123,1	96,2	1983	11,0	89,4	231,8
ABR	181,9	124,8	1998	11,0	76,9	200,8
MAI	200,4	128,0	1998	10,0	68,3	194,9
JUN	162,3	155,0	1997	9,0	63,3	171,8
JUL	142,2	178,3	1983	9,0	84,5	200,7
AGO	114,7	116,4	1990	8,0	105,3	209,3
SET	171,8	89,0	1995	11,0	105,9	189,5
OUT	251,1	90,0	2005	12,0	107,0	203,1
NOV	190,9	105,7	1990	11,0	116,1	233,4
DEZ	184,7	122,8	2002	12,0	113,6	238,5
Médias	173,34	119,03		11,00	92,12	209,78

* sem informações sobre ventos direção predominante e velocidades)



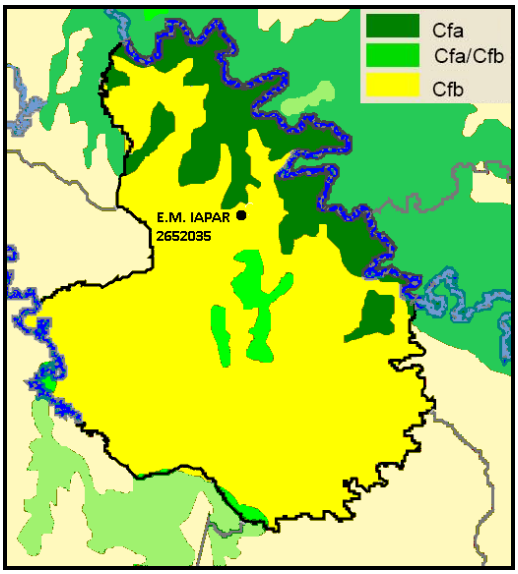


Figura - Localização da estação e mapa climático do município. Adaptado de IAPAR, 2007.

CHUVAS INTENSAS

As precipitações extremas tem maior importância neste estudo, evidentemente porque o foco são as cheias.

Na posição geográfica que se encontra o município, define o comportamento climático como de transição, daí as estações bem definidas, principalmente pela temperatura, ventos e precipitações, mas exposto à eventos de maior intensidade, típicos das regiões inter-tropicais.

As chuvas são formadas principalmente por dois processos: (a) frontais, em função dos movimentos e encontro de frentes frias e quentes, e (b) convectivas, resultado da ascensão de umidade devido ao diferencial térmico da superfície. Pouca ou nenhuma influência do tipo orográfico.

As chuvas frontais tem abrangência regional a continental, a cada movimento nas estações de transição (primavera e verão). Dadas as grandes amplitudes de mudanças nos padrões de temperatura, umidade e ventos, os eventos críticos de chuvas intensas ocorrem mais por influência deste tipo de formação de chuvas. As chuvas convectivas caracterizam-se pela precipitação em pequenas e localizadas áreas. São características as chuvas de verão, passageiras e pontuais.

Estudos do IPCC (1994:2001) têm apontado um aumento médio entre 0,5° e 1,0° C no último século, com aumento da precipitação global em torno de 1%. As projeções das alterações no próximo século são de 1° a 3,5° C. As reduções nas geleiras da América do Sul mostram importantes mudanças no regime climático e hidrológico regionais.

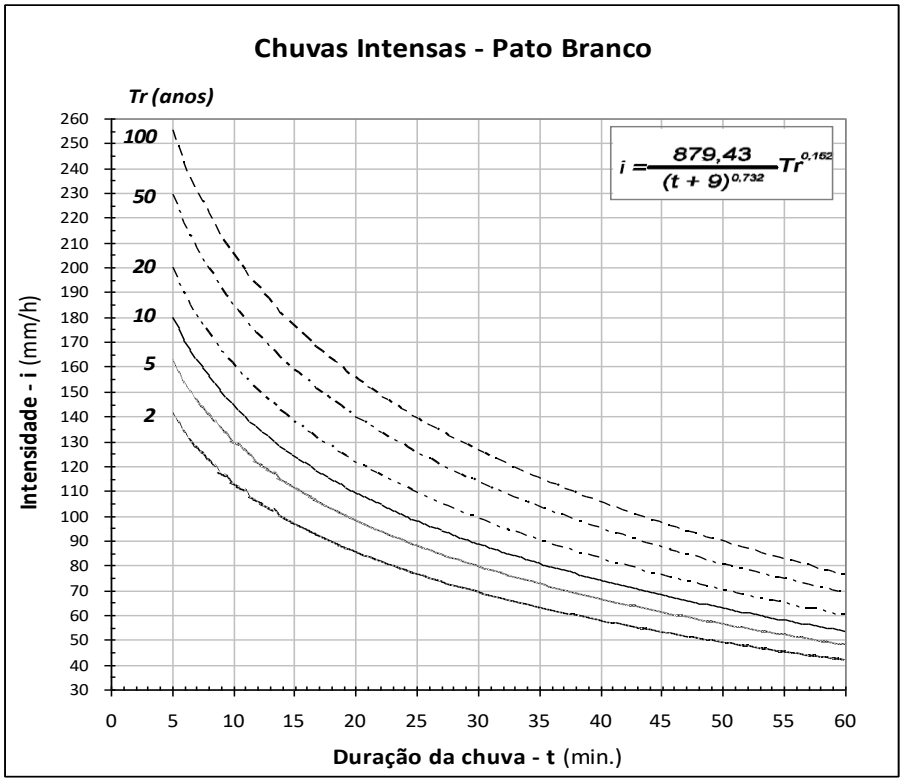
As regiões Sul e Sudeste têm apresentado aquecimentos sistemáticos desde o início do século 20, atribuídos mais ao processo de urbanização e desmatamento. O desmatamento o o estabelecimento de lavouras afeta o clima regional e local porque altera o albedo e o fluxo de calor latente de uma região, causando o aumento de temperatura, principalmente no verão.

Séries históricas de temperatura, chuvas intensas (intimamente ligadas pelo choque térmico das massas de ar) e vazões em diversas localidades do PR demonstram que as mudanças estão ocorrendo e remetem para mudanças climáticas significativas nas próximas décadas. Os dados mais recentes apresentam maior sensibilidade para alterações nas tendências das previsões.

Segundo Silva e Gutter (2003), “As mudanças na precipitação e na evaporação podem afetar diretamente o suprimento de água, a qualidade da água e da água potável. Os usos da água como fonte de energia elétrica, de irrigação e pesca são também afetados indiretamente. A maior freqüência de chuvas intensas e a própria intensificação de eventos extremos aumenta a probabilidade de ocorrência de enchentes em centros urbanos. Em áreas rurais, a intensificação do escoamento contribui para o aumento de secas mais severas”, pelo escoamento rápido e concentrado e aumenta os processos erosivos. Os mesmos autores complementam: “A identificação dos efeitos regionais aumenta o grau de adaptabilidade do sistema e auxilia a definição dos limites de interferência humana, de modo a minimizar os danos”.

O estudo das chuvas intensas guarda grande importância no planejamento urbano e rural, no sentido das medidas preventivas, já que não há prever quando e onde ocorrerão. Há a como estabelecer, estatisticamente, a probabilidade de sua ocorrência em função da magnitude. O gráfico a seguir apresenta as curvas com as intensidades de chuva em função dos tempos de recorrência (Tr), para duração de 30 minutos de

chuva. A equação utilizada foi gerada a partir da estação do IAPAR (Pato Branco I - cód. 2652013), representativa das chuvas na região.



Embora estas curvas para chuvas intensas tenham sido geradas com séries históricas relativamente longas, foram produzidos a mais de 10 anos. As chuvas recentes têm-se mostrado mais intensas, e caso sejam introduzidas para a revisão da fórmula de chuvas intensas, certamente que seu traçado será alterado. **Assim, há certa subestimação nos valores.**

III.1.4 Hidrografia e bacias hidrográficas

Todas as sub-bacias urbanas, objeto deste Plano, estão inseridas no rio Ligeiro, afluente de 4.a ordem do Rio Chopim, afluente da bacia do rio Iguaçu e este do rio Paraná.

As bacias urbanas de Pato Branco, com ocorrência de cheias, pertencem ao Rio Ligeiro, que percorre o município no sentido Sul-Norte. As sub-bacias são (vide mapa a seguir):

(a) **Altíssimo Ligeiro**[10]: adotado como a sub-bacia a partir da cabeceira (divisores de água no extremo sul) do rio Ligeiro até o início da sua galeria, na confluência Av. Tupy, Rua Paraná e Travessa Santo Colla. Este ponto foi denominado P2. Dentro desta bacia, demarcou-se o ponto de controle, denominado P1, definindo uma sub-bacia menor a montante. O Ponto P1 foi escolhido como referência do local onde é possível implantar uma bacia de contenção, seno o ponto Pi seu exutório (comporta e vertedouro).

[10] *Termo adotado porque a cidade encontra-se na cabeceira do Rio Ligeiro, no seu terço superior.*

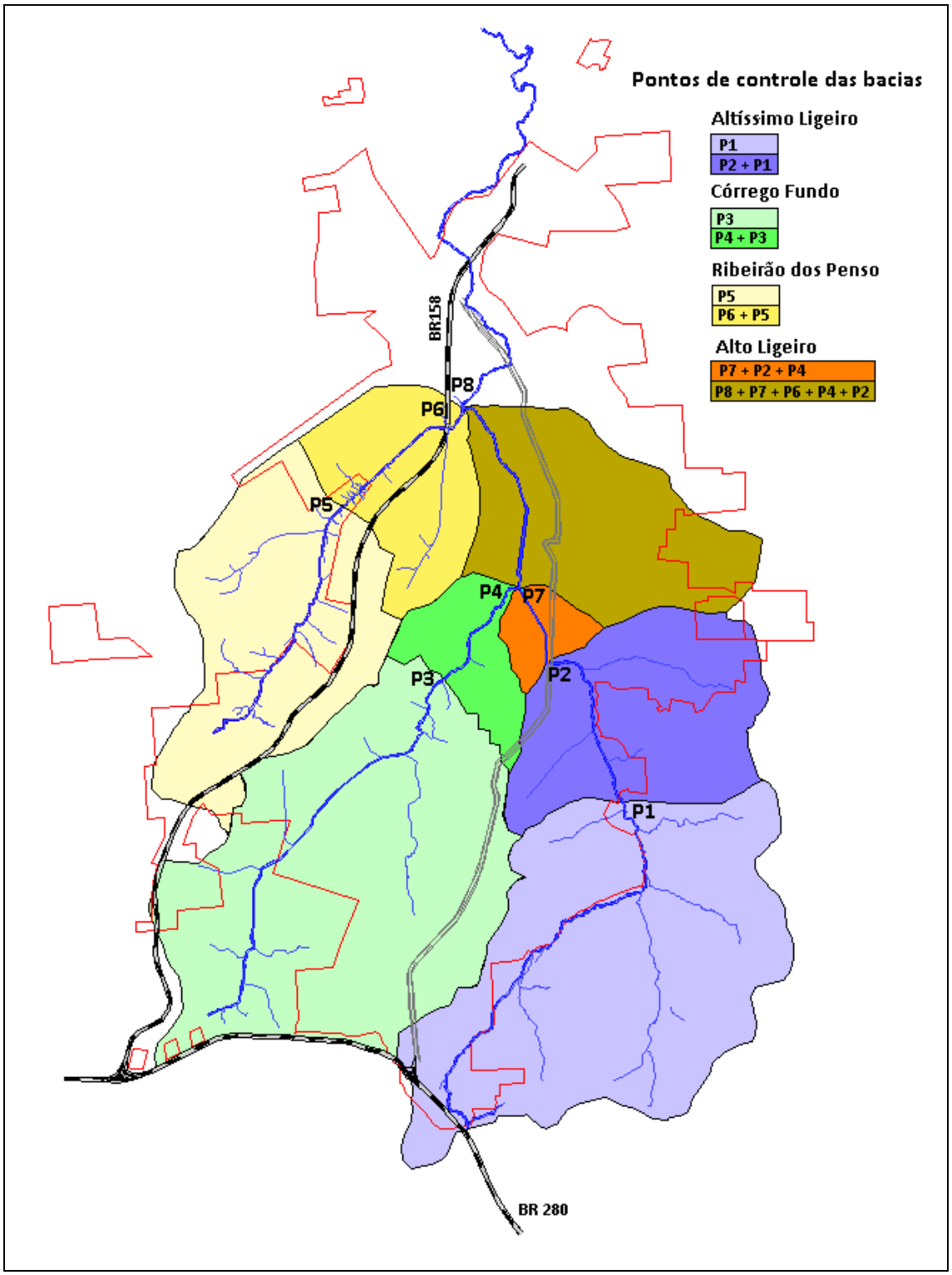
(b) **Córrego Fundo**: Na sua foz, no rio Ligeiro, definiu-se o ponto P4 como ponto de controle que representa toda a bacia. Seguindo o mesmo critério adotado em P2, definiu-se o ponto P3 como exutório de uma sub-bacia dentro da bacia delimitada por P4. esta também definida como exutório de uma possível bacia de retenção.
(c) **Ribeirão dos Penso**: seguindo o mesmo critério anterior, a sua foz é definida pelo ponto P6 e a sub-bacia definida por uma possível bacia de contenção em P5.
(d) **Alto Ligeiro**: O ponto P7 se constitui no ponto ligeiramente após a foz do Córrego Fundo no Rio Ligeiro. Portanto, representa as bacias do Altíssimo Ligeiro (P2), Córrego Fundo (P4) e a área a jusante de P2 (até P7). O Ponto P8 constitui-se no exutório da bacia do Alto Ligeiro, que abrange todas as sub-bacias anteriores.

O padrão de drenagem é dendrítico (arborescente), típico de áreas cobertas por rochas horizontais, não fraturadas e isotrópica em relação às erosões pluvial e fluvial. Constitui um padrão onde os talvegues tem variados comprimentos e não possuem nunhuma orientação preferencial ou uma organização sistemática. Segue o padrão de drenagem da formação Serra Geral (derrames de lavas ou sedimentos de origem vulcânica). As vertentes são em V.

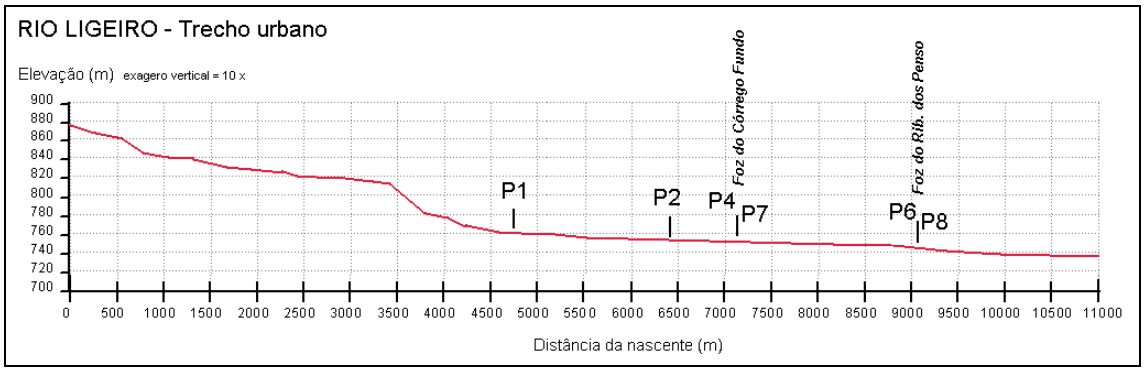
Tabela - Parâmetros físicos das bacias

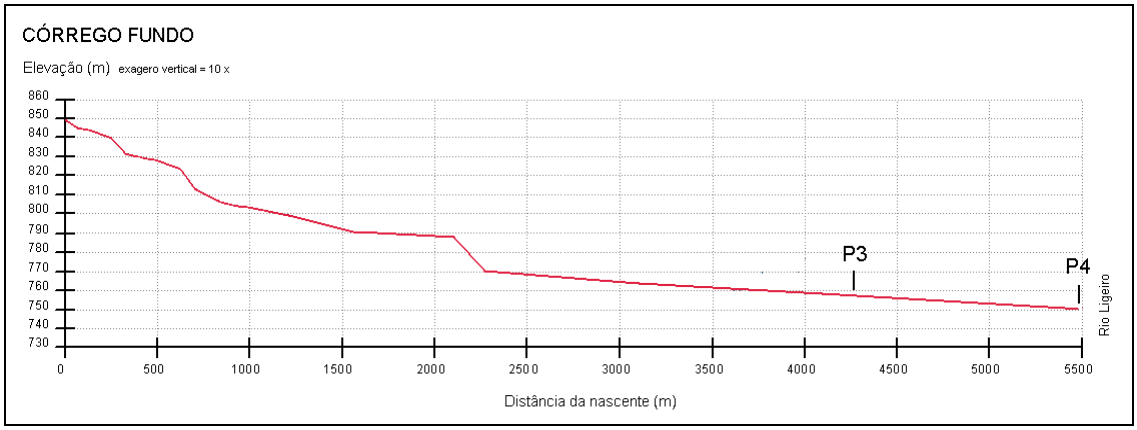
Bacias/sub-bacias	**Altíssimo Ligeiro**		**Córrego Fundo**		**Ribeirão dos Penso**		**Alto Ligeiro**	
Seção / Ponto	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Coordenadas – 22J La	333.707	**332.998**	332.045	**332.737**	331.107	332.220	**332.737**	332.220
Lo	7.095.775	**7.097.050**	7.096.895	**7.097.745**	7.098.490	7.099.403	**7.097.745**	7.099.403
Área da bacia (km^2)	7,98	11,38	8,36	9,48	4,55	6,78	21,56	31,92
Perímetro (km)	13,27	16,73	13,12	4,73	9,95	11,81	21,28	25,72
Comprimento curso principal (km)	4,75	6,45	4,26	5,48	2,71	4,29	7,21	9,16
Comprimento total da Bacia (km)	3,92	4,83	4,47	5,54	3,16	4,54	5,47	7,05
Cota Maior (m)	900,0	902,7	902,7	02,7	884,8	884,8	902,7	902,7
Cota Menor (m)	760,0	727,4	754,1	747,1	754,4	740,0	747,1	737,3
Amplitude altimétrica (m)	140,0	175,3	148,6	155,6	130,5	144,8	155,6	165,4
Cota média (pond.)	842,3	803,6	823,9	817,9	823,0	804,8	902,7	807,9
Delividade média talvegue (%)	2,94%	2,72%	3,49%	2,84%	4,82%	3,38%	2,16%	1,81%
Declividade média das encostas (%)			7,91%	7,88%				
Índice de Circularidade*	0,57	0,51	0,61	0,55	0,58	0,61	0,60	0,61

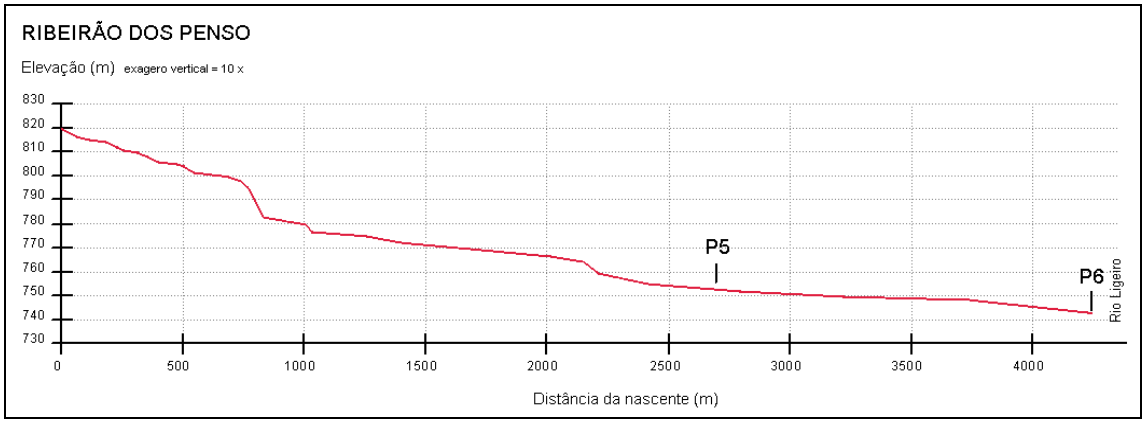
* É a razão entre a área da bacia e a área do círculo de igual perímetro. À medida que o valor se aproxima de 1,0 , indica que a bacia tende à forma circular e, portanto, é mais sujeita à inundação. Observa-se que todas as bacias tem índice acima de 0,5.


Pontos de controle das bacias
Altíssimo Ligeiro
P1
P2 + P1
Córrego Fundo
P3
P4 + P3
Ribeirão dos Penso
P5
P6 + P5
Alto Ligeiro
P7 + P2 + P4
P8 + P7 + P6 + P4 + P2
BR158
P8
P6
P5
P4
P7
P3
P2
P1
BR 280

Hipsometria dos cursos principais





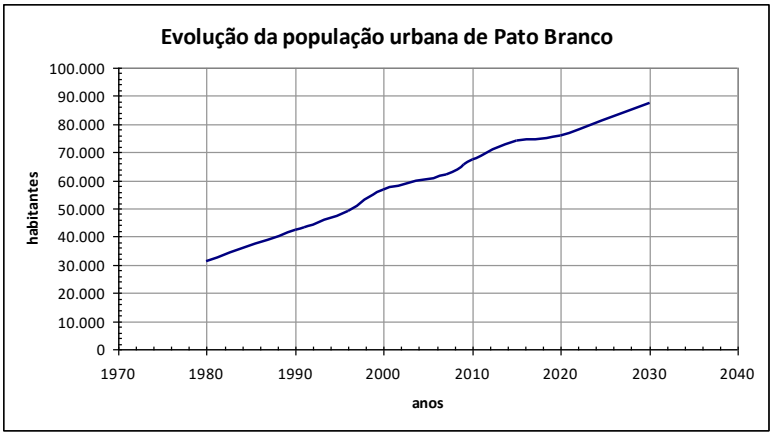


III.1.5 Perímetro Urbano e o Uso do solo urbano

O perímetro urbano da cidade de Pato Branco encontra-se no terço superior da bacia do rio Ligeiro, que cruza tanto a área urbana quanto o município, até desaguar no rio Chopim. O mapa a seguir apresenta o perímetro urbano levantado no Plano Diretor, elaborado em 2008.

A área urbana de Pato Branco cresceu a taxas proporcionais à densidade populacional.

Ano	População urbana
1980	31.470
1991	43.406
1996	48.921
2000	56.805
2007	61.984
2009	65.673
2010	**67.516**
projeções	
2015	69.658
2020	72.416
2030	78.923



Ano	População	Taxas de crescimento por períodos					
		10 anos		20 anos		30 anos	
1980	**31.470**						
1990	**42.321**	1980-1990	34%				
2000	**56.805**	1990-2000	34%	1980-2000	81%		
2010	**67.516**	2000-2010	19%	1990-2010	60%	1980-2010	115%
Projeções							
2020	**75.751**	2010-2020	12%				
2030	**87.713**	2000-2030	16%	2010-2030	30%	2000-2030	54%

A densidade populacional tem relação direta com a taxa de impermeabilização do solo, e este, por sua vez, com o escoamento superficial direto que gera cheias urbanas. Manter uma área permeável é salutar para a redução do impacto das cheias.

As bacias têm atualmente as seguintes frações de ocupação urbana:

Bacias/sub-bacias	Altíssimo Ligeiro		Córrego Fundo		Ribeirão dos Penso		Alto Ligeiro	
Seção / Ponto	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Área urbanizada (km²)	2,154	2,432	6,112	7,239	2,374	4,487	12,115	19,656
% urbanizada (km²)	27,01%	21,38%	73,11%	76,32%	52,19%	66,16%	56,20%	61,57%

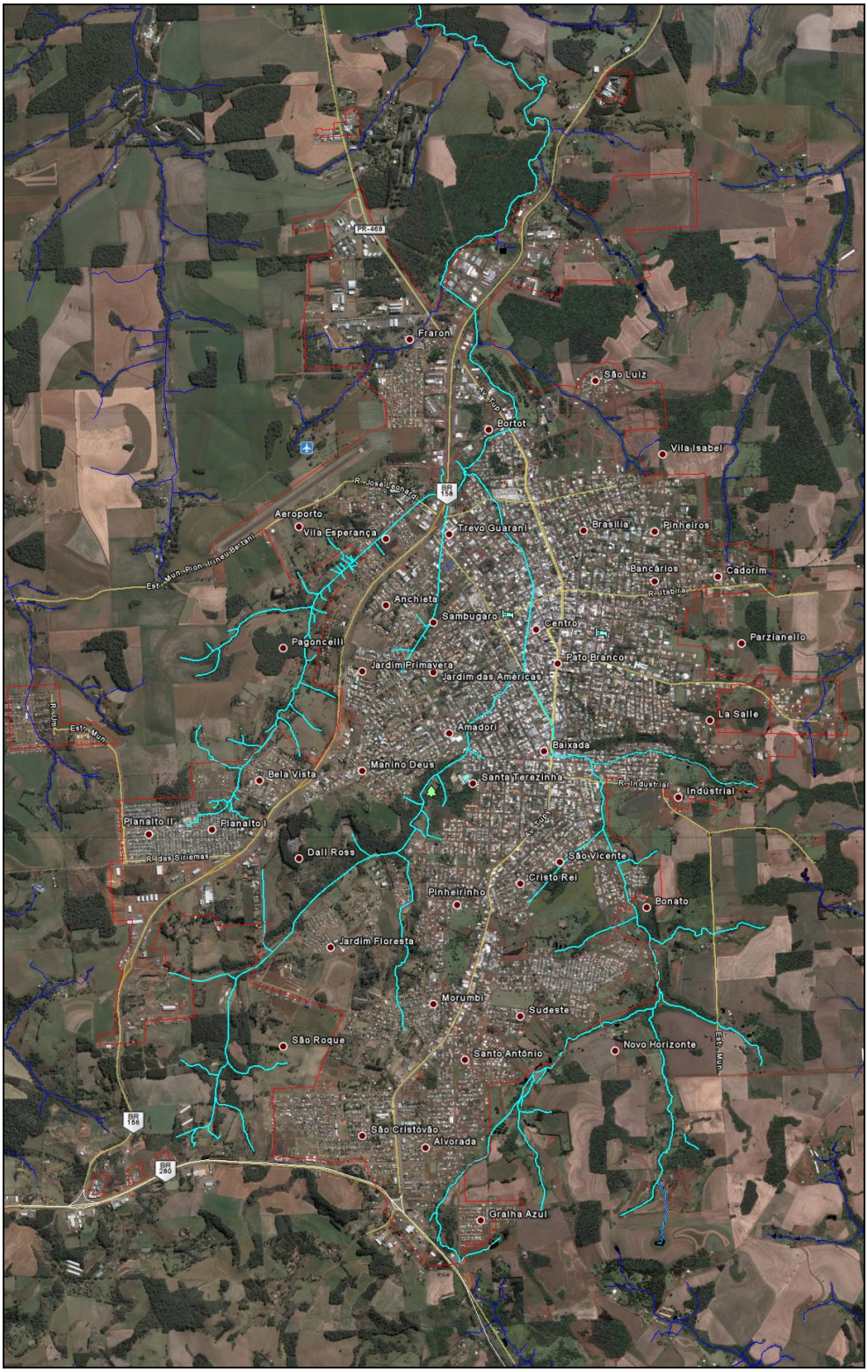
Considerando a densidade populacional urbana de Pato Branco, de 25,5 habitantes por há (valor relativamente baixo), a projeção para 2020 seria 28,5 hab./ha e para 2030 aproximadamente 33,0 hab./ha, longe dos 120 hab./ha como ocorre na maioria das grandes cidades brasileiras que apresentam problemas de cheias.

Porém, considerando que dentro da área urbana há lotes vagos (mais de 25%) e que as áreas de expansão direcionam o crescimento para outras bacias ou a jusante da bacia do rio Ligeiro, a projeção da área impermeabilizada pela densificação urbana é de 35 hab./ha. Esta densidade populacional remete para uma taxa de impermeabilização de 58,7%, valor próximo dos 50% usualmente definidos para área impermeáveis.

Cenários de impermeabilização

	População	Densidade humana	Área impermeável
Atual	67.516	26,4	32,07%
2030	87.713	34,3	36,36%
Futura (hipotética 2090)	144.000	,0	44,06%

Como critério de segurança para a estimativa de vazões máximas (método SCS), utilizou-se uma densidade populacional de 50 hab./ha, o que remete à uma taxa de impermeabilização de 24,46% (sobre a área total das bacias). Cabe comentar que, adotando-se os atuais padrões de ocupação, a população equivalente à esta densidade populacional é de aproximadamente 128.00 habitantes, quase o dobro da atual na mesma área urbana. Esta população seria atingida em 2090.



— Limites da área urbana de Pato Branco

É importante destacar que, em todos os cenários, não se admitiu a hipótese de mudança do perímetro urbano dentro das bacias em estudo. Evidentemente que as áreas de expansão urbana, previstas no Plano Diretor, encontram-se fora da bacia em estudo e com problemas de cheias urbanas.

O cenário populacional considerado extrapola o Plano Diretor, por diversas razões. Uma dela diz respeito ao método utilizado que, embora tenha-se utilizado os parâmetros da medodologia do SCS, nos aspectos de densidade humana e grau de impermeabilização, utilizou-se os estudos de Tucci et. al. (2007), realizado em 10 cidades brasileiras. As correlações encontradas neste estudo se mostram mais adequadas. Além disto, adotou-se o cenário 3 por ser uma hipótese de longo prazo, compatível com a longevidade das intervenções propostas.

No cenário 3, utilizado nas simulações hidrológicas, como é apresentado mais adiante, o grau de impermeabilização é de 50%.

III.1.6 Geologia

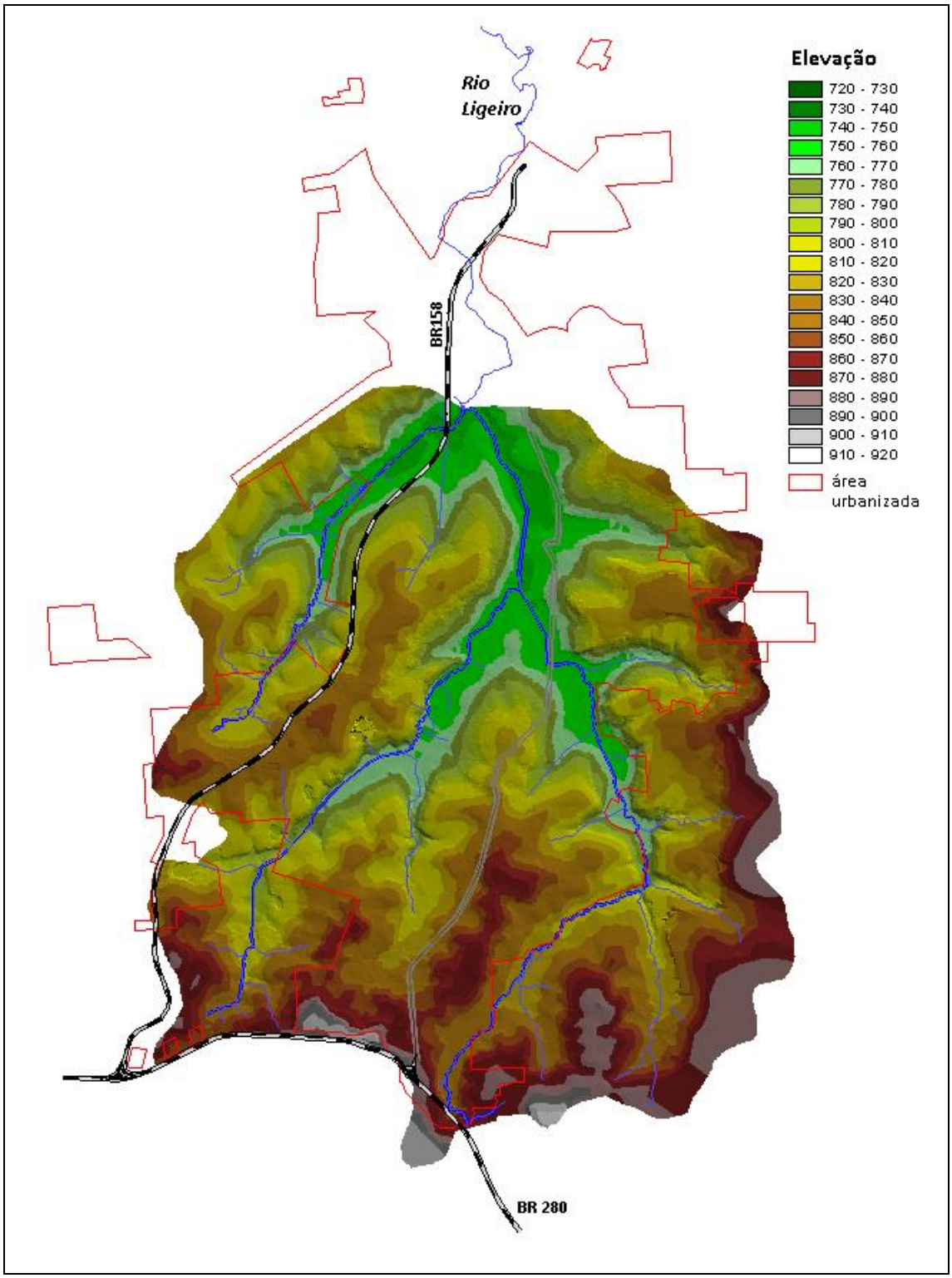
A geologia municipal é bastante homogênea. A descrição da unidade litoestratigráfica da Folha geológica Pato Branco, define a formação geológica do município, homogênea, como pertencente ao Grupo São Bento, da - Formação Serra Geral, constituída por rochas efusivas básicas toleíticas, com basaltos maciços e amigdalóides, afaníticos, cinzentos a pretos, raramente andesíticos, resultantes de derrames de vulcanismo de fissura continental.

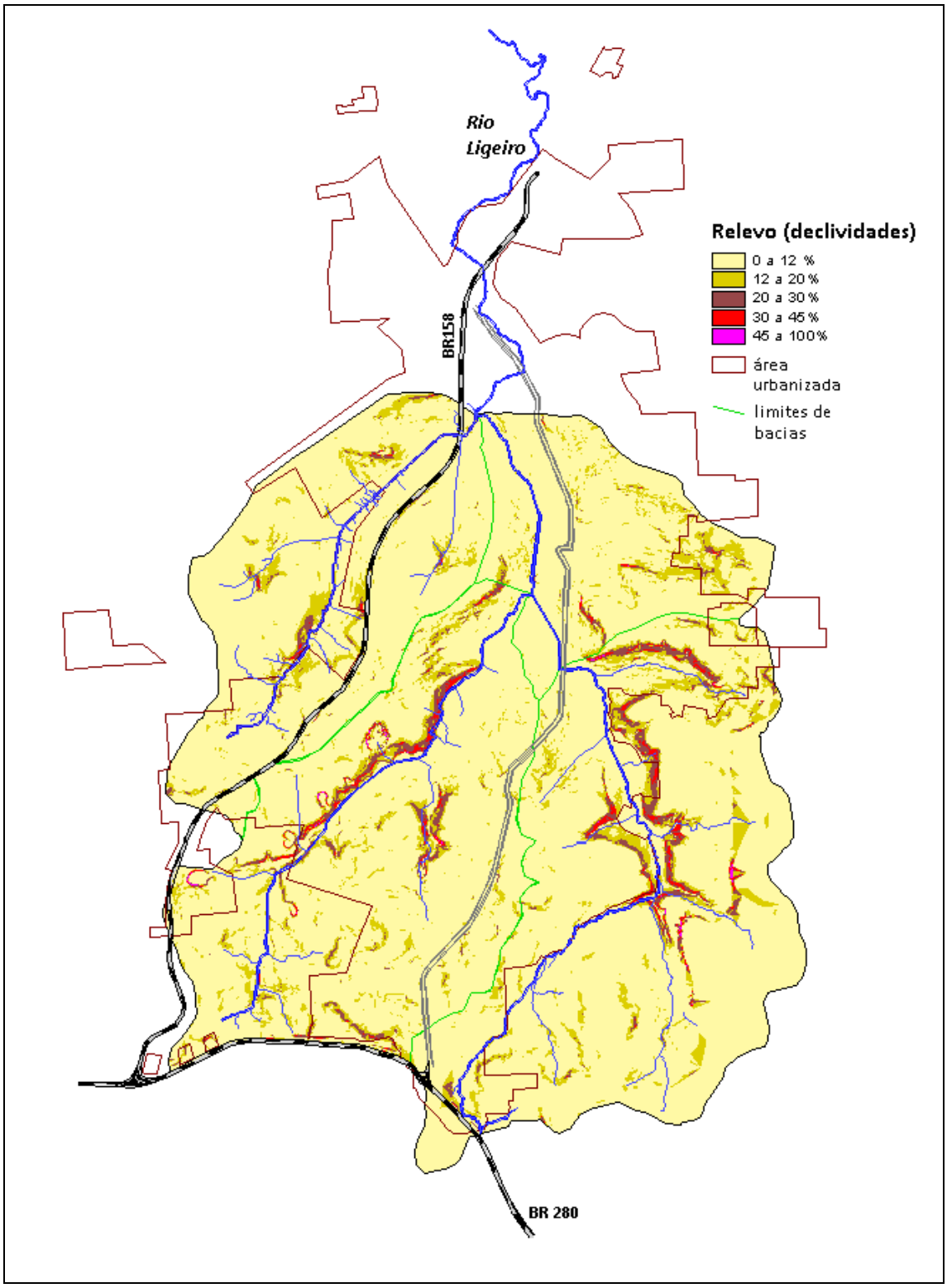
Esta formação é responsável pela homogeneidade da formação dos solos, que diferem basicamente pelos processos de formação influenciados pela paisagem formada a partir do desgaste que formou a rede de drenagem, portanto dependente da declividade.

III.1.7 Geomorfologia

O município de Pato Branco está inserido no Planalto de Francisco Beltrão[11], situada no Terceiro Planalto Paranaense. Apresenta dissecação média. As classes de declividade predominantes do Planalto são, menores que 6% em uma área de 1.064,08 km², 6-12% em uma área de 655,27 km² e de 12-30% em uma área de 642,27 km². Em relação ao relevo, apresenta um gradiente de 520 metros com altitudes variando entre 500 (mínima) e 1.020 (máxima) m. s. n. m. No município, as cotas altimétricas são: máxima 920 m, mínima 540, média 720 m. As formas predominantes são topos alongados, vertentes convexas e vales em "V" aberto, modeladas em rochas da Formação Serra Geral.

[11] *Atlas Geomorfológico do Paraná, MINEROPAR, 2006.*


Rio
Ligeiro
BR158
BR 280
Elevação
720 - 730
730 - 740
740 - 750
750 - 760
760 - 770
770 - 780
780 - 790
790 - 800
800 - 810
810 - 820
820 - 830
830 - 840
840 - 850
850 - 860
860 - 870
870 - 880
880 - 890
890 - 900
900 - 910
910 - 920
área urbanizada


Rio
Ligeiro
BR158
BR 280
Relevo (declividades)
0 a 12 %
12 a 20 %
20 a 30 %
30 a 45 %
45 a 100%
área urbanizada
limites de bacias

III.1.8 Solos

A ocorrência dos solos no município (especialmente na área urbana), derivados de mesmo e homogêneo material de origem (basalto), tem íntima relação com o relevo e a altitude. Predominam Latossolos vermelhos e Cambissolos latossólicos, que diferem porque estes não atendem algum parâmetro da classificação dos primeiros, normalmente a profundidade[12].

Nas mudanças do relevo, ocorrem Neossolos litólicos, por vezes saprolíticos, com algumas inclusões de pouca expressão de Nitossolos e Fluvissolos nas várzeas. Assim, o mapa de solos guarda muita coincidência como mapa de relevo (mapa na página anterior), podendo ser delimitados nas bacias:

Declividades de ocorrência dos solos

Latossolos e Cambissolos*	0 a 18 %
	12 a 20%
Nitossolos e Neossolos **	20 a 45%
	+ 25%

Distribuição dos solos nas sub-bacias

Bacias/sub-bacias		Altíssimo Ligeiro		Córrego Fundo		Ribeirão dos Penso		Alto Ligeiro	
Seção / Ponto		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Latossolos e Cambissolos*	Área (ha)	769,7	1.086,6	795,9	903,9	447,2	667,3	2.056,5	3.077,4
	%	96,5%	95,5%	95,2%	95,3%	98,3%	98,4%	95,4%	96,4%
Nitossolos e Neossolos **	Área (ha)	27,9	51,2	29,3	44,6	7,7	10,8	99,2	114,9
	%	3,5%	4,5%	3,5%	4,7%	1,7%	1,6%	4,6%	3,6%

* classificados como Solos C, no método SCS.

** classificados como solos D

A importância em se conhecer os solos em estudos de cheias está na determinação dos parâmetros indicadores do valor CN (Curve Number) do método SCS - Soil Conservation Service, que dependem basicamente da taxa de infiltração, capacidade de armazenamento de água e profundidade do perfil, fatores inter-relacionados. Conforme pode-se observar, predominam os solos tipo C.

O caráter latossólico confere aos solos perfil bem desenvolvido, profundo, normalmente com boa capacidade de infiltração de água. Porém, como a textura dos solos no município são de argiloso a muito argiloso e na área urbana normalmente os solos são mais compactados (em comparação aos solos agrícolas, exceto áreas florestadas), a taxa de infiltração varia de restrita a media, de 4,0 a 23,0 mm/h.

Considerando estes aspectos e as taxas de ocupação urbana de cada bacia estudada, adotou-se valores de CN, na condição II, de 82 a 89. Para fins de simulação, considerou-se a ocorrência de chuva antecedente, ou seja, a condição III, remetendo aos valores contidos na tabela a seguir, para cada bacia e sub-bacia.

[12] *Segundo Mello, N. A., 2010, em comunicação verbal.*

Parâmetros relativos aos solos das sub-bacias

Bacias/sub-bacias	Altíssimo Ligeiro		Córrego Fundo		Ribeirão dos Penso		Alto Ligeiro	
Seção / Ponto	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Área urbanizada (km²)	2,154	2,432	6,112	7,239	2,374	4,487	12,115	19,656
% urbanizada (km²)	27,01%	21,38%	73,11%	76,32%	52,19%	66,16%	56,20%	61,57%
Valores de CN								
CN Urbana - Solos C	26,06%	20,41%	69,60%	72,73%	51,30%	65,10%	53,61%	59,36%
CN Urbana - Solos D	0,95%	0,96%	2,56%	3,59%	0,89%	1,06%	2,59%	2,22%
CN Rural - Solos C	70,44%	75,09%	25,60%	22,57%	47,00%	33,30%	41,79%	37,04%
CN Rural - Solos D	2,55%	3,54%	0,94%	1,11%	0,81%	0,54%	2,01%	1,38%
CN médio da bacia	**83,31**	**82,69**	**87,63**	**89,17**	**86,26**	**87,93**	**86,80**	**87,41**
Cenários CN (condições)								
Condição I	**67,71**	**66,74**	**74,84**	**77,57**	**72,50**	**75,37**	**73,42**	**74,47**
Condição II	**83,31**	**82,69**	**87,63**	**89,17**	**86,26**	**87,93**	**86,80**	**87,41**
Condição III*	**91,99**	**91,66**	**94,22**	**94,99**	**93,52**	**94,37**	**93,80**	**94,11**

* valores adotados

III.1.9 Cobertura vegetal

(Será apresentado no próximo relatório)

III.2 HIDROLOGIA

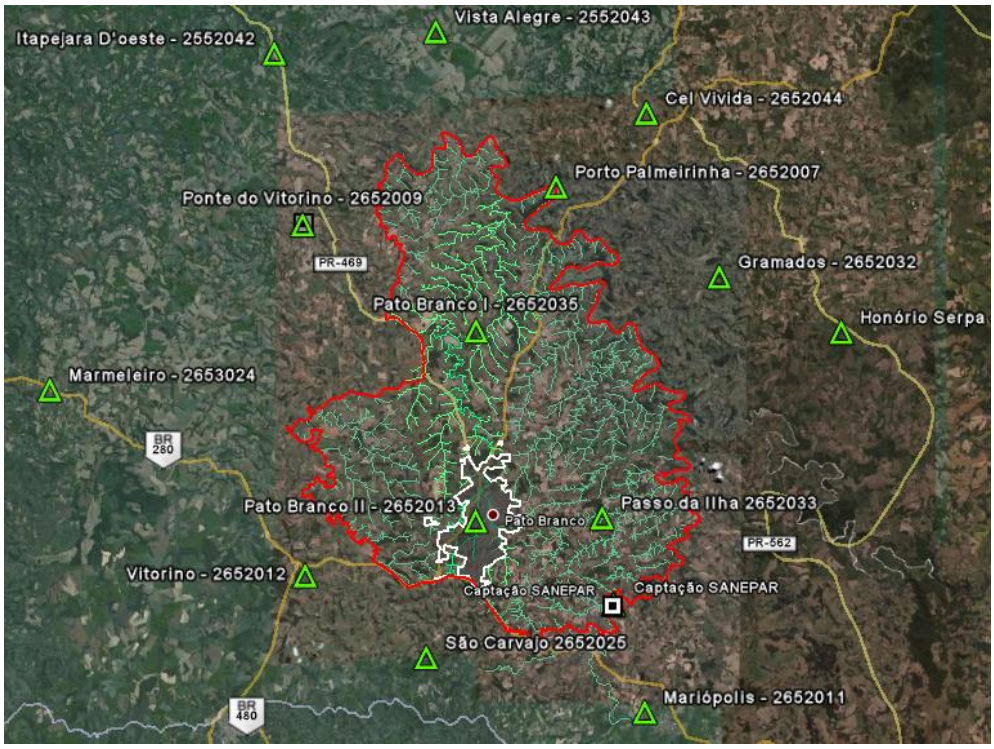
III.2.1 Meteorologia

Conhecer o comportamento das chuvas é fundamental para o planejamento do gerenciamento das águas (e cheias). É salutar o uso dados observados e de séries históricas o mais longas possível e situadas o mais próximo da área de estudo. Quando não há estação no local (o que é mais comum), utiliza-se técnicas de estimativa de precipitações que considere os dados das estações do entorno.

Na região de Pato Branco, há 10 estações pluviométricas com influência no município (vide figura a seguir) e apenas 03 estações fluviométricas, sendo destas, duas encontram-se nos limites municipais (Porto Palmeirinha, no Rio Chopim e ETA – Pato Branco, no Rio Pato Branco).

Das estações pluviométricas, a estação Pato Branco II (cód. 2653013) é bastante significativa em relação às chuvas que ocorrem na área urbana, uma vez que está inserida na região vulnerável à cheias, na bacia do rio Ligeiro.

A equação IDF, utilizada para estimativa das chuvas intensas, é construída a partir dos dados da estação do IAPAR (Pato Branco I - cód. 2652035). Dada semelhança do comportamento dos dados, entre a estação Pato Branco I e a II, utilizou-se a formula desta estação.



III.2.2 Escolha do período de retorno.

Entende-se por Tempo de Recorrência (TR), também conhecido como período de recorrência ou tempo de retorno, o intervalo de tempo estimado de ocorrência de um determinado evento, a freqüência provável que ele possa ocorrer. É um termo bastante utilizado em Hidrologia e Climatologia.

Matematicamente é definido como o inverso da probabilidade de um evento ser igualado ou ultrapassado. São eventos comumente associados a um período de retorno também para chuvas, enchentes, secas, terremotos, furacões, entre outros.

É importante notar que a probabilidade (P) de sua ocorrência de um evento é o inverso do temo de recorrência (Tr). Assim uma chuva intensa com TR = 10 nos tem probabilidade de ocorrer em 1/10 (10%), com TR = 50 anos (mais rara), tem a probabilidade de ocorrer de 1/50 (2%) no ano que se está. Portanto, podem ocorrer vários eventos de grande vulto em períodos consecutivos.

Esta probabilidade (10%) é a mais escolhida como referência para projetos na área rural e urbana (chamada chuva ou vazão de projeto). Obras de maior vulto, complexidade e importância estratégica, tem os TR aumentados proporcionalmente aos riscos e investimentos (quanto maior o Tr escolhido, maior a segurança).

Este parâmetro estatístico tem grande utilidade para análises de risco, planejamento (não estrutural) e dimensionamento de obras de engenharia (estrutural), geralmente

com o objetivo de minimizar os efeitos prejudiciais de certo fenômeno natural. São exemplos destas obras: vertedouros, quebra-mares, obras de drenagem cotas de risco a cheias (cidades), etc..

O Planejamento do uso do solo, em função de cotas de risco, no Plano Diretor de cidades sujeitas a cheias, é um exemplo da aplicação direta do estudo do tempo de recorrência em determinada bacia. Sua determinação é realizada por diferentes métodos matemáticos estatísticos, com base em dados pregressos observados.

Adotamos os seguintes TR:
- macrodrenagem: 200 anos
- microdrenagem: 10 anos
- Controle na fonte: 2 a 5 anos

III.2.2.1 Magnitude de chuvas e probabilidade de ocorrência de cheias

Cada local há um comportamento das chuvas, que pode ser expresso por uma equação que auxilia na estimativa das magnitudes das chuvas em função da sua intensidade, duração e freqüência, chamada de fórmula de chuvas intensas (IDF). Esta fórmula auxilia o cálculo das precipitações de projeto, ou chuvas de projeto, utilizadas para o dimensionamento de obras e infra-estrutura urbana, inclusive no planejamento de drenagem, uma vez que os escoamentos são resultados das chuvas.
p
A fórmula de chuvas intensas[13] para Pato Branco é:

$$i = \frac{879{,}43}{(t+9)^{0{,}732}} Tr^{0{,}162}$$

Sendo:

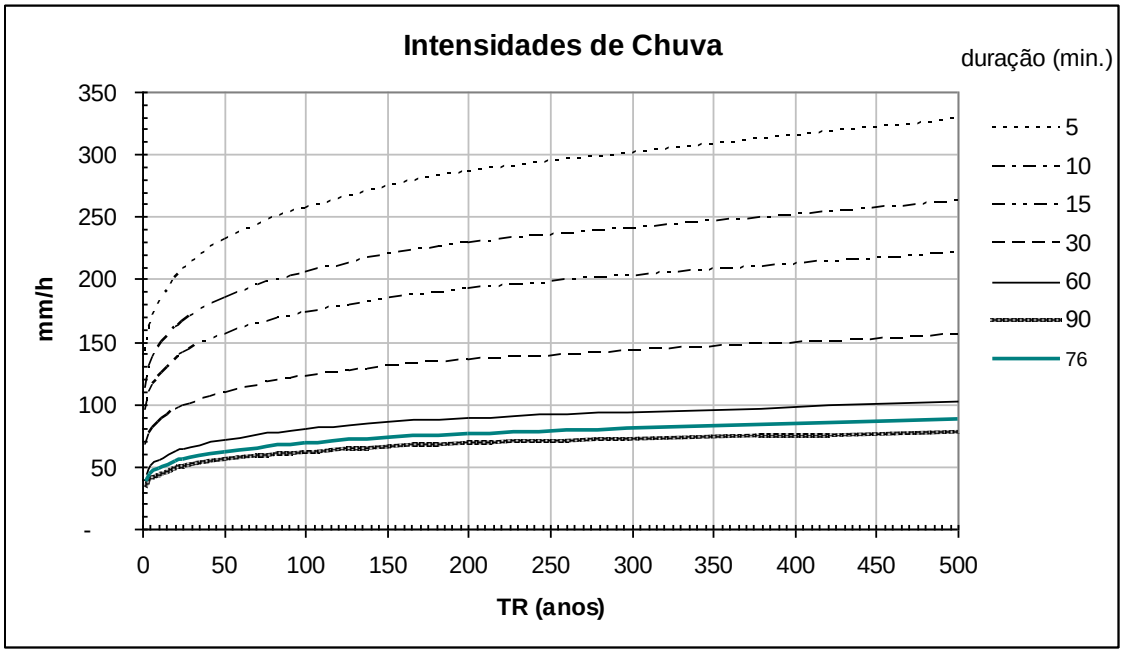
I = intensidade da chuva (mm/hora);
TR = tempo de retorno (anos)
t = tempo de duração da chuva (minutos)

As demais constantes são características locais (cada local as fórmulas são diferentes)

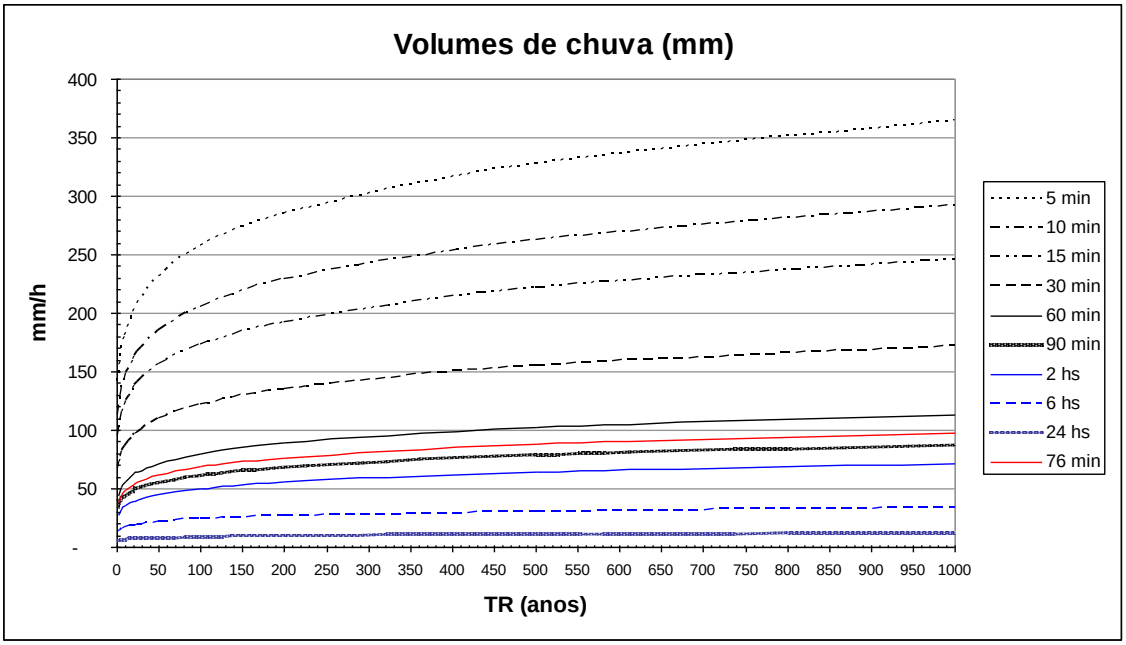
O estudo das chuvas intensas guarda grande importância no planejamento urbano e rural, no sentido das medidas preventivas, já que não há prever quando e onde ocorrerão. Há a como estabelecer, estatisticamente, a probabilidade de sua ocorrência em função da magnitude. O gráfico a seguir apresenta as curvas com as intensidades de chuva em função dos tempos de recorrência (Tr), para duração de 30 minutos de chuva.

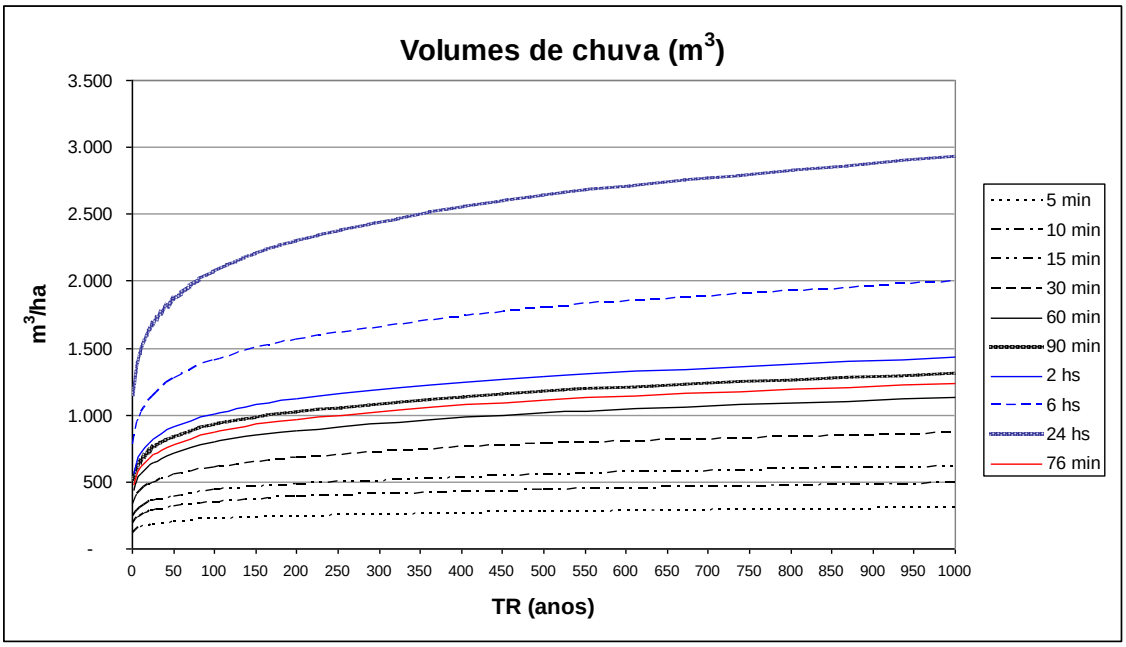
[13] *Chamadas curvas I-D-F (intensidade, duração e freqüência), porque considera estes parâmetros na estimativa da intensidade das chuvas.*

O gráfico a seguir apresenta as relações entre os três parâmetros de chuva para chuvas intensas em função dos tempos de recorrência para Pato Branco e região - diferentes intensidade de chuvas (de projeto), para diferentes Tempos de Recorrência (TR) e duração (t)



Os gráficos a seguir apresentam os volumes correspondentes de cada chuva.





Observa-se que as chuvas de menor duração são as de maior intensidade (5'). Estas, pela alta intensidade refletem eventos associados a ventos (vendavais e tormentas). As chuvas de menor intensidade (24 hs) são as de maior duração, porém, de maior volume. Em ambos os casos cheias podem ser geradas, de comportamentos diferentes, tendo como marca adicional no processo de formação das cheias, as características da bacia hidrográfica que influenciarão na infiltração e escoamento das águas, tais como o grau de impermeabilização (ocupação da bacia), declividade das encostas e do leito dos cursos d'água, armazenamentos, etc..

Num mesmo período de tempo, por exemplo, dentro de um século, diferentes chuvas (duração, intensidade e freqüência) acontecem. Uma chuva definida em um projeto de recorrência para 100 anos, tem probabilidade de 63% de ocorrência ou de ser ultrapassada (maior). No mesmo período (100 anos), uma chuva de magnitude de 500 anos tem 18% de probabilidade de ocorrer, e uma chuva de magnitude equivalente a TR = 20 anos tem 99% probabilidade de ocorrer.

Assim, para todo projeto é possível calcular o risco[14] de ocorrerem eventos que ultrapassam ou não a capacidade da estrutura projetada, uma vez que esta é calculada para suportar determinada magnitude de chuva (ou vazão decorrente).

Um aspecto importante é que a variabilidade das chuvas é muito grande. Podem ocorrer chuvas no sul da cidade e não ocorrer no norte dela (5 km de distância ou menos). Isto mostra que as chuvas não são uniformes no espaço e no tempo. Dentro de uma mesma bacia, há grande variabilidade da intensidade de um mesmo evento de chuva. Por isto, considera-se valores médios e a distribuição uniforme ao longo da bacia.

[14] Para os dados climáticos disponíveis. Quanto maior a série histórica disponível, mais precisa e a previsão, uma vez que tratam-se de técncias estatísticas.

É importante destacar que a atmosfera não suporta mais que 25 mm de água. Em função da temperatura da massa de ar, antes de atingir esta concentração, a água condensa e precipita na forma de chuva. O que explica chuvas diárias maiores que 25 mm é a realimentação através da evaporação da água durante a precipitação, assim que atinge o solo, por transpiração das plantas e evaporação durante o escoamento superficial, além de realimentação de umidade através dos ventos. O primeiro caso é característica das chuvas do tipo convectivas (típicas de verão), e o segundo, das chuvas orográficas (ventos encontram barreiras ou relevo) ou chuvas frontais (típicas das mudanças de estação verão-inverno), estas decorrentes do deslocamento de grandes massas de ar – frentes frias x quentes.

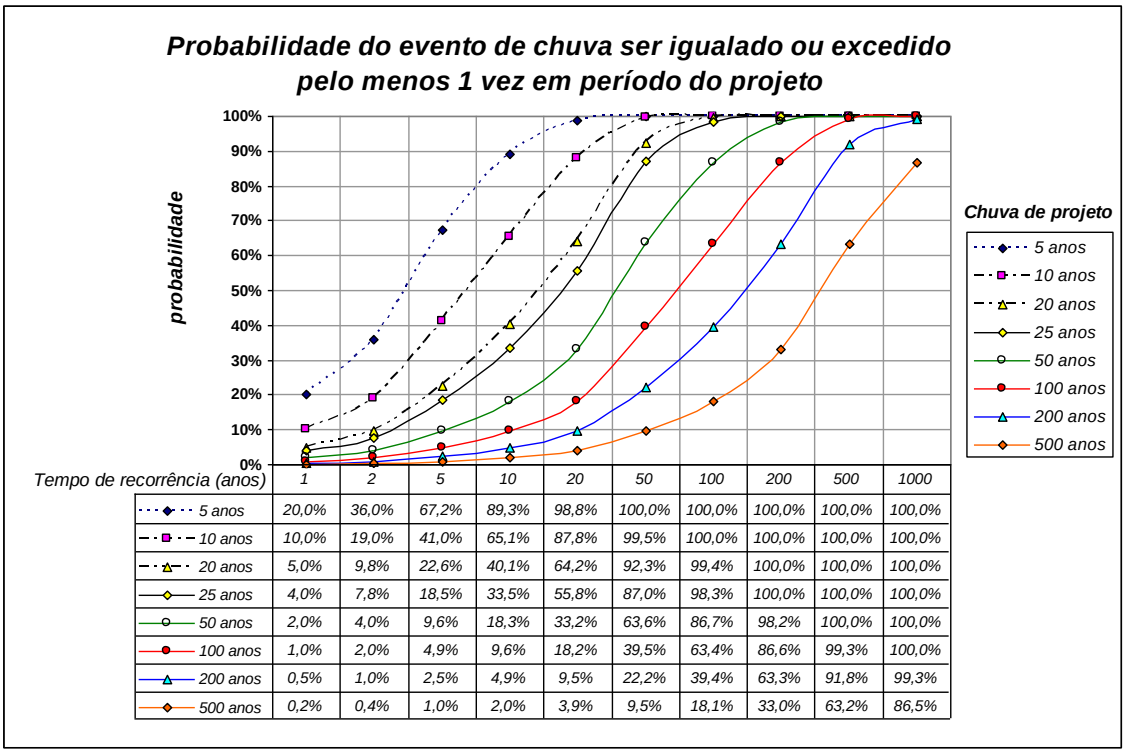
No dimensionamento racional de obras hidráulicas, como galerias pluviais, sistema de drenagem e vertedores de barragens, toma-se por base não a vazão máxima absoluta (sempre desconhecida) que poderia escoar, o que seria anti-econômico e, sim, uma solução de compromisso entre os estragos que podem ser causados pela falta de capacidade de escoamento e o custo da obra. Dada a existência comum de longas séries pluviométricas e as possibilidades de correlacionar as chuvas com as vazões procura-se, deste modo, obter uma proteção contra uma precipitação com certa probabilidade de ocorrer e não uma proteção total contra qualquer precipitação.

Por outro lado, para uma intensidade de chuva (constante) e igualmente distribuída sobre uma bacia hidrográfica, a vazão máxima que passa numa seção do exutório corresponde a uma duração de chuva igual ao tempo de concentração da bacia. Se a duração da chuva ultrapassar esse tempo de concentração, a vazão na seção, após atingir o máximo, manter-se-á constante.

Do exposto resulta que, para o correto dimensionamento dessas obras, é necessário conhecer-se, segundo Garcez (1988) a relação entre a intensidade da chuva para cada duração e a freqüência. Tradicionalmente e segundo Pinto et al. (1976) para se avaliar as intensidades médias máximas prováveis de precipitações (ou as máximas quantidades precipitadas em um ou mais dias consecutivos) é comum ajustar-se esses valores a uma distribuição de probabilidade dos extremos. O fator limitante da aplicação do método das curvas I-D-F é a carência de dados pluviográficos.[15]

A precipitação máxima provável é definida como a maior coluna pluviométrica, correspondente a uma dada duração, fisicamente possível de ocorrer sobre uma dada área de drenagem em uma época do ano (WMO, 1973). A precipitação máxima provável pode, portanto, ser vista não como um limite físico, que pode vir a ocorrer para as condições analisadas, mas, sim, como um evento cuja superação está associada a uma probabilidade muito baixa. Muitas organizações vinculadas à segurança de barragens recomendam explicitamente a precipitação máxima provável para o caso de grandes obras, em que a transposição envolve grandes riscos (SUGAI & FILL, 1990).[16]

[15] *F. DE A.S. DE SOUSA et al.,* ***ANÁLISE DE INTENSIDADE DE CHUVA PELA CURVA NORMALIZADA DA PRECIPITAÇÃO***
[16] *VARIA SCIENTIA | VOLUME 06 | NÚMERO 11 | AGOSTO DE 2006 | P. 119-127 EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS E PRECIPITAÇÃO PROVÁVEL...*



Tempo de recorrência (anos)	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000
5 anos	20,0%	36,0%	67,2%	89,3%	98,8%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
10 anos	10,0%	19,0%	41,0%	65,1%	87,8%	99,5%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
20 anos	5,0%	9,8%	22,6%	40,1%	64,2%	92,3%	99,4%	100,0%	100,0%	100,0%
25 anos	4,0%	7,8%	18,5%	33,5%	55,8%	87,0%	98,3%	100,0%	100,0%	100,0%
50 anos	2,0%	4,0%	9,6%	18,3%	33,2%	63,6%	86,7%	98,2%	100,0%	100,0%
100 anos	1,0%	2,0%	4,9%	9,6%	18,2%	39,5%	63,4%	86,6%	99,3%	100,0%
200 anos	0,5%	1,0%	2,5%	4,9%	9,5%	22,2%	39,4%	63,3%	91,8%	99,3%
500 anos	0,2%	0,4%	1,0%	2,0%	3,9%	9,5%	18,1%	33,0%	63,2%	86,5%

Como se observa nos gráficos, uma de projeto de 5 anos, tem probabilidade de ocorrência de 20% a cada ano. Uma chuva de projeto de 10 anos, tem 65,1 de probabilidade de ocorrer num período de 10 anos. Outra chuva de projeto de 100 anos, te 39,7% de probabilidade de ocorrer dentro de um período de 50 anos.

Isto significa que uma vez escolhido um determinado tempo para a chuva de projeto (por exemplo 10 anos), no mesmo período ele pode:

- não ocorrer naquele prazo, nenhuma vez (100% - 65,1% = 34,9% de não ocorrência)
- ser excedido antes do prazo (65,1% em 10 anos, 41% em 5 anos, 19% em 2 anos e 10% no primeiro ano);
- ser excedido mais de 1 vez.

O mesmo vale para as vazões, com a particularidade de que elas são alteradas, para maiores, em função do uso do solo (urbanização).

Diversos autores recomendam tempos de recorrência para diferentes obras em função do risco que as chuvas (e vazões) podem oferecer à vida das pessoas e aos investimentos.

Quadro - Tempos de retorno (recorrência) recomendados para diferentes tipos de obra

Tipo de obra[17]	**Padrões de ocupação**	**TR (anos)**
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Aeroportos	2 a 5
	Comercial densa – vias principais	5 a 10
Obras agrícolas	Terraceamento	10
Macrodrenagem (urbana)	Comerciais e residenciais	50 a 100
	Específicas (obras de grande porte)	500 ou mais
Bueiros rodoviários	Tráfego baixo	5 a 10
	Tráfego intermediário	10 a 25
	Tráfego intenso	50 a 100
Pontes rodoviárias	Galerias em pequenas cidades	2 a 25
	Galerias em grandes cidades	25 a 50
	Canalização de córregos	50 a 100
Diques (lagos e açudes)	Área Rural	2 a 50
	Área urbana	50 a 200
Pequenas barragens	Ausência de risco à vidas humanas	50 a 100
	Presença de risco à vidas humanas	100 a 1000
Grandes barragens	Riscos de grandes proporções em caso de rompimento	10.000

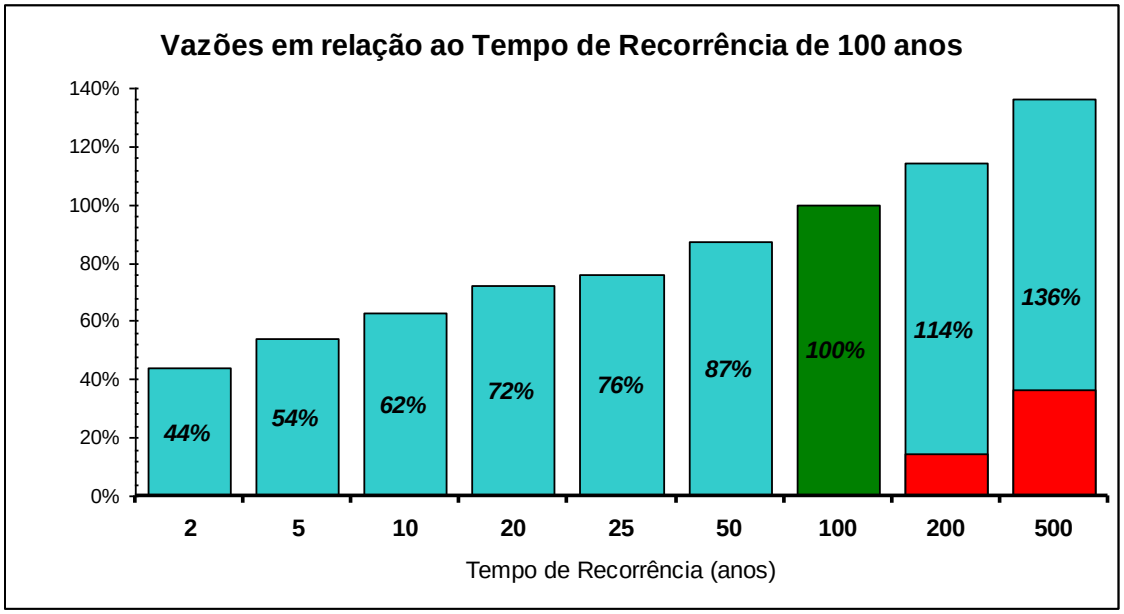
Os estudos e recomendações deste Plano se pautam nestes tempos de recorrência.

É importante salientar:

- Que as vazões de TR menor, representam parcelas importantes dos volumes de eventos de maior magnitude (TR maior).
- Que as medidas associadas (de microdrenagem e controle na fonte) tendem a aumentar a segurança. Como exemplo, se observa no quadro abaixo: num projeto contendo uma bacia de contenção (macrodrenagem), projetada par TR = 100 anos, associado à obras de microdrenagem e controle na fonte (caixas de retenção nos lotes) com TR = 2 anos, representam, juntas o controle de vazões de mais de 500 anos de TR.

Tempo de Recorrência (anos)	% da vazão de 100 anos	% da vazão de 500 anos
2	44%	31%
5	54%	39%
10	**62%**	**45%**
20	72%	52%
25	75%	55%
50	87%	64%
100	**100%**	**73%**
200	114%	84%
500	136%	100%

[17] *Obras de maior porte requerem tempos de concentração maiores e estudos mais aprofundados.*



III.2.2.2 Relação Chuva x Vazão x Tempo

A compreensão das relações entre a chuva a vazão e o tempo que um evento transcorre, é importante conhecer os componentes do hidrograma.

Hidrogramas

O hidrograma é a representação gráfica da relação da cota (ou vazão) de um curso d'água ao longo do tempo. É uma ferramenta fundamental para se conhecer o comportamento de um curso d'água em determinado ponto, estabelecer o cotas, vazões de projeto, etc. É um excelente indicador hidrológico do comportamento da bacia a montante do ponto de controle.

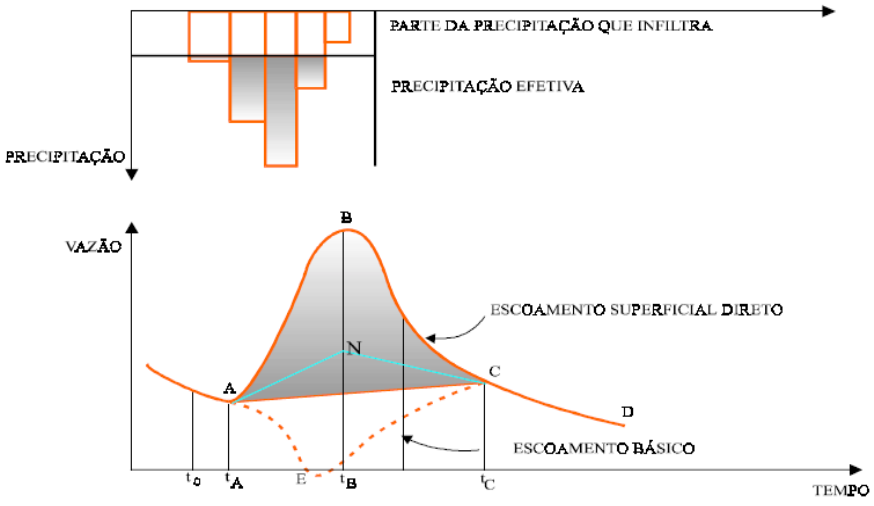


Figura 1 – Esquema de um Hidrograma característico- Fonte: Villela e Mattos (1975).

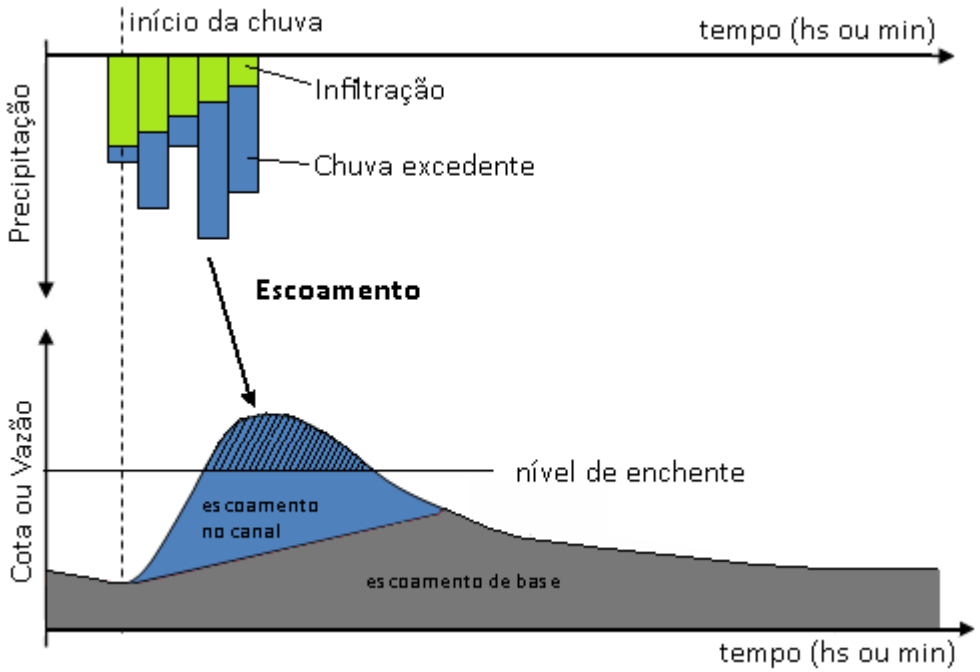
Em uma mesma bacia, para um mesmo volume de escoamento superficial (baixa infiltração):

- Se ele ocorre mais rápido, o pico é mais alto e a recessão (parte da curva que representa o escoamento após o pico) é menor. Há pouco armazenamento na bacia.
- Se ele é mais lento, os picos são menores (e menores cheias) e a recessão é mais volumosa e lenta. Há maior armazenamento na bacia.

Parte da chuva infiltra no solo. Quanto mais seco e permeável for o solo, maior a parcela da chuva que fará um caminho lento (dias, meses) no perfil do solo até chegar ao rio ou aqüíferos. A parcela de água que escoa na superfície, atinge a rede de drenagem e os cursos naturais em poucos minutos, produzindo as ondas de cheia.

A chuva que excede a capacidade de infiltração de água no solo, formará o escoamento superficial e, não encontrando nenhum local que possa ficar armazenada, escoará pelas galerias e cursos d'água, aumentando sua cota ou vazão. Esta parcela de chuva, chamamos de chuva excedente ou precipitação efetiva.

Assim, uma mesma chuva, dependendo da sua magnitude, pode não gerar escoamento em um dado momento, quando o solo está seco, e pode gerar escoamento se o solo estiver saturado (caso já tenha ocorrido alguma cheia), ou o solo está compactado ou simplesmente selado por coberturas, calçadas, pavimentação das ruas.



Chamamos de cheia ou inundação o volume de água que extravasa o leito dos rios, ou seja, quando as águas ultrapassam uma determinada cota que estabelecemos como cota de risco de cheias.

Quando a urbanização aumenta, aumenta o selamento do solo ou, de outra forma, reduz a infiltração de água da chuva no solo. Consequentemente, aumenta o escoamento e as cotas dos rios.

Tudo que sela o solo e canaliza as águas de chuva, aumenta o escoamento e a velocidade com que as águas chegam aos cursos d'água (galerias ou cursos naturais), causando enchentes.

Por estas razões é que o crescimento de uma cidade altera a dinâmica das águas e forma enchentes ou cheias. Quanto maior a densidade de ocupação de um lote, bairro ou região de uma cidade, aumenta a pressão sobre os cursos d'água, gerando vazões cada vez maiores. Conforme já citado, este processo pode aumentar as vazões, inicialmente naturais, em até sete (7) vezes. Daí a importância em se manter pelo menos parte dos lotes sem nenhuma impermeabilização - é a taxa de impermeabilização que o município estabelece por lei, no Plano Diretor, e que deve ser respeitado.

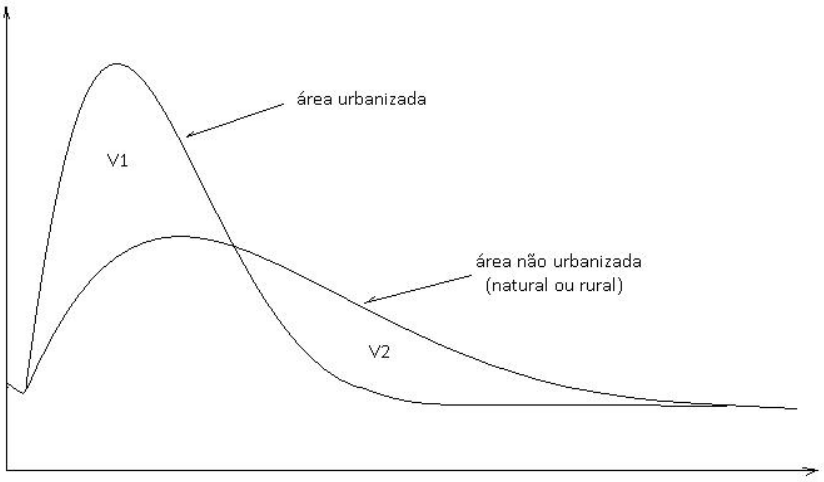
A taxa de permeabilidade depende da textura, porosidade dos solos e profundidade. Solos mais arenosos possuem mais poros (e poros maiores). Solos argilosos o contrário, embora tenha considerável porosidade, são os microporos que predominam, pois a textura é formada dominantemente por partículas muito pequenas (menos de 0,002 mm). Por isto, solos argilosos tendem a ser pouco permeáveis. Solos rasos também tem baixa permeabilidade a mediada que basta saturar a estreita camada de solo, logo a água encontra a rocha (impermeável), cessando a infiltração.

Os solos de Pato Branco são de argilosos a muito argilosos. A taxa de permeabilidade é baixa, entre 5 mm/h (ou menos em solos compactados) a, no máximo, 14 mm/h.

Evidentemente que a declividade das superfícies (encostas), das galerias e cursos d'água interferem na velocidade das águas. Em regiões mais planas as águas se deslocam mais lentamente, produzindo um certo armazenamento na superfície e nos canais. Em regiões mais declivosas (como é o caso de Pato Branco), as águas se deslocam mais rapidamente para as partes mais baixas do terreno e lá se acumulam.

A parte aleatória e que não temos controle é sobre as chuvas. A parte previsível e onde é possível interferir, é no uso do solo (minimizando a impermeabilização e privilegiando a infiltração) e sua ocupação (não ocupando fundos de vale e áreas vulneráveis às cheias).

O hidrograma de uma bacia é sua marca. Ao representar o escoamento das águas, indica o estado da bacia.



Conforme abordado anteriormente, A impermeabilização do solo, compactação e canalização, tudo que aumenta a velocidade e o volume das águas, resulta na mudança do hidrograma da bacia. O pico de cheia (cota ou ponto mais alto da curva), aumenta com a urbanização. Assim, todas as medidas de controle buscam reduzir o pico do hidrograma, à cotas menores que aquelas consideradas de enchente.

Três estratégias podem ser adotadas:
(a) a canalização, que aumenta a velocidade das águas para fora das regiões afetadas pelas cheias;
(b) a retenção ou detenção das águas, com o objetivo de harmonizar o escoamento o que reduz as cotas;
(c) a associação das duas medidas.

Nem sempre a canalização é uma medida eficaz uma vez que se há o processo de aumento de escoamento e aumento da velocidade pela urbanização, o problema tende a agravar-se proporcionalmente à velocidade que o selamento e impermeabilização do solo acontecem, vulnerabilizando cada vez mais os cursos d'água ao extravasamento. Embora se constituam nas medidas mais onerosas (por m3 de cheia), existem casos em que as canalizações são as únicas soluções viáveis, como por exemplo, a retificação e desobstrução de canais que geram acúmulo de água e cheias à montante.

De maneira geral, esta estratégia, portanto, não é uma solução para o problema, apenas remedia, uma vez que não atua nas causas.

A contenção das águas (controle na fonte) é a estratégia que tem sido adotada porque simula a retenção que antes acontecia pela infiltração ou escoamento mais lento na superfície. Os pavimentos permeáveis e os planos de infiltração são exemplos de controle na fonte, porque promovem o aumento da infiltração da água no solo. De forma semelhante, guardadas as proporções, as bacias de contenção ou retenção tem a função de armazenar os volumes excedentes de água e regular as vazões, através das suas comportas e vertedouros, portanto, também uma contenção.

Como não existe uma solução que atenda a todas as condições de contorno de cada caso, o que se observa é um conjunto de soluções integradas. O importante é ter em vista a estratégia básica. Neste caso, optou-se por:

- Privilegiar as medidas não estruturais (planejamento e regulação de vazões na bacia);
- Entre as medidas estruturais, utilizar as bacias de contenção como solução de macrodrenagem, ficando as canalizações para os casos de retificação e conservação da rede de drenagem e contenção na fonte;

III.2.3 Estimativa das vazões

O importante para o estudo das cheias é das vazões máximas e sua probabilidade de ocorrência.

A descarga ou vazão máxima de um rio é entendida como sendo o valor associado a um risco de ser igualado ou ultrapassado, onde as características de descargas ou vazões máximas utilizadas na prevenção de enchentes apresentam interesse de ordem técnica por sua freqüente aplicação nos projetos de obras hidráulicas tais como nos projetos dos vertedouros de barragens, açudes, no dimensionamento de canais, na definição das obras de desvio dos cursos d'água (OCCHIPINTI & SANTOS, 1966).

Há dois caminhos para se conhecer a vazão antes da chuva acontecer: a partir de séries de dados observados de chuva e vazão e métodos indiretos, baseados em parâmetros físicos das bacias e chuvas de projeto.

Como não há dados observados de vazão na bacia do rio Ligeiro (a mais próxima é no rio Pato Branco exceto a estação na captação da SANEPAR), a forma de se estiar vazões por séries históricas de dados de ouras bacias hidrologicamente semelhantes é o método de transposição de vazões.

O outro caminho, baseado em parâmetros físicos da bacia e chuva de projeto (intensas), o método mais utilizado é o do Soil Conservatinon Service.

III.2.3.1 Estimativa de vazões por transposição de vazões

Há estações pluviométricas no município que fornecem dados de chuvas diárias. Há apenas uma estação, no IAPAR, com pluviógrafo. Esta que fornece dados históricos, com algumas falhas, de chuvas com tempos menores de 1 dia, em minutos.

Não há dados de vazão, pelo menos nos cursos d'água foco deste Plano. Há uma régua na estação de captação de água da SANEPAR, no rio Pato Branco. Para se obter a estimativa das vazões máximas em função do tempo de recorrência, um dos métodos indicados (e aceitos) é técnica de transposição de vazões, baseada na proporção das vazões e função das áreas entre uma bacia com série de dados conhecidos e a bacia de

estudo (dados inexistentes), desde que possuam aspectos morfométricos e usos semelhantes.

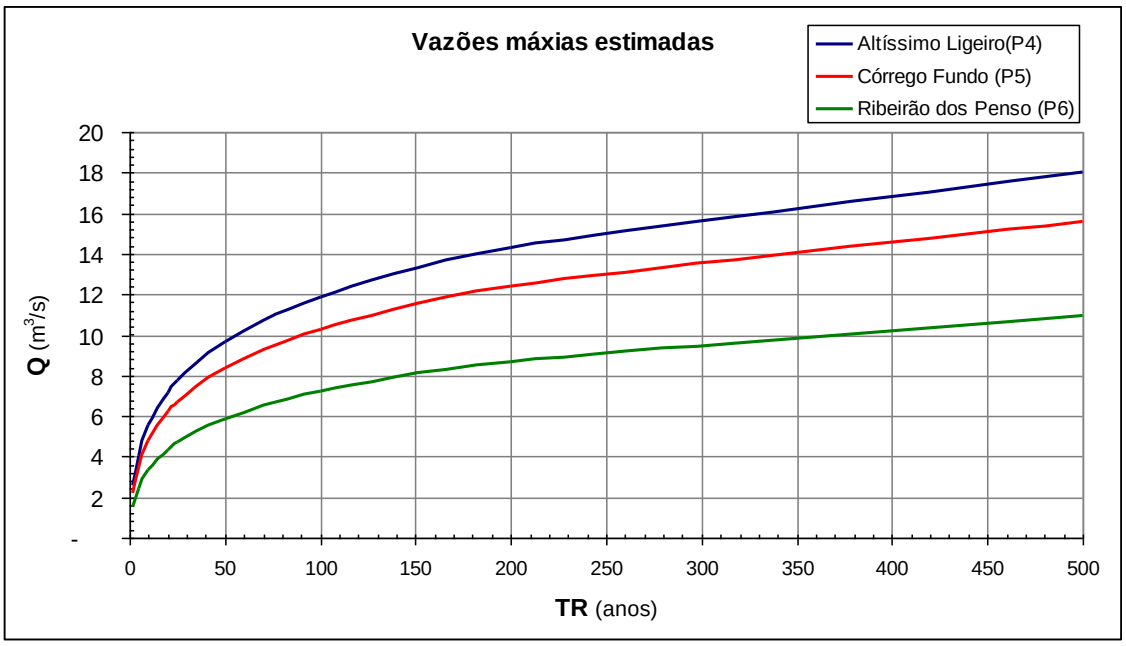
A tabela a seguir apresenta as vazões máximas em função tempo de recorrência, estimadas por transposição de vazões a partir das estações Ponte do Vitorino (cód.65945000), Captação do rio Pato Branco (65925800), e Porto Palmeirinha (cód. 65927000).

Observa-se que quanto maior a bacia, mais estáveis são as vazões, ou seja, não apresentam amplitudes entre máximas, mínimas ou ambas. O oposto acontece: quanto menores as bacias, há uma tendência aumento das vazões, tendo que as bacias menores tem maior sensibilidade no armazenamento de água. Como estas estimativas são de referência, utilizou-se método de regressão para estimar as vazões em função da redução das áreas. As vazões máximas estimadas resultantes estão no quadro a seguir.

Vazões máximas por TR de cada ponto selecionado.

TR (anos)	Porto Palmeirinha (65927000)	Ponte do Vitorino (65945000)	Captação P. Branco	Altíssimo Ligeiro[1] (P2)	Córrego Fundo[2] (P4)	Ribeirão dos Penso[2] (P6)
2	563,05	117,70		2,57	2,22	1,55
5	869,16	185,00		4,04	3,5	2,45
10	1.117,46	250,94		5,52	4,78	3,35
20	1.393,14	324,59		7,17	6,21	4,35
25	1.488,91	350,20		7,75	6,7	4,7
50	1.811,55	436,30		9,68	8,38	5,87
100	2.177,10	533,34		11,86	10,26	7,19
200	2.592,13	642,60		14,3	12,38	8,67
500	3228,79	808,12		18,01	15,58	10,92

[1] a montante do início da canalização, no bairro Baixada
[2] na foz, no rio Ligeiro.



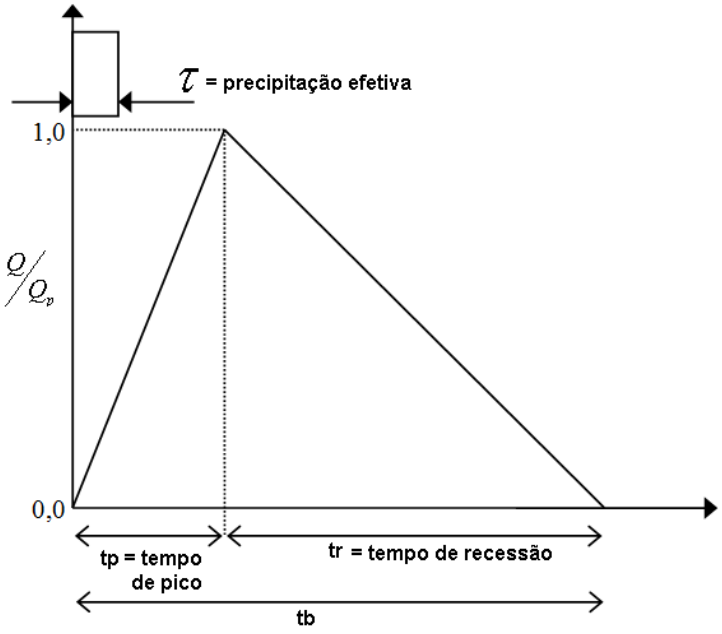
III.2.3.2 Estimativa das vazões máximas (vazão de pico) pelo método SCS.

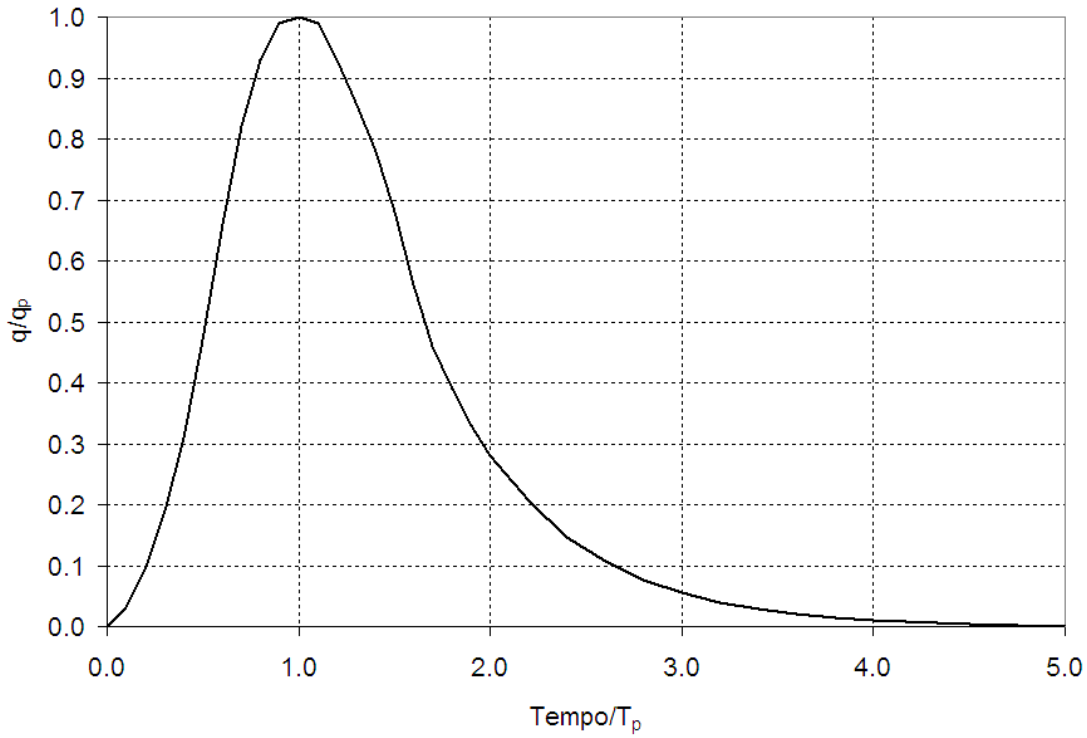
Entre as alternativas metodológicas disponíveis, optamos por estimar as vazões, a partir de chuvas de projeto, com base no método SCS – Soil Conservation Service. Este método é utilizado para:

- Determinar a chuva excedente (que gera enxurradas e escoamento), a partir de uma precipitação fornecida (chuva de projeto);
- Calcular o hidrograma de escoamento superficial e as vazões de pico (vazões de projeto) a partir do escoamento determinado.

É o modelo mais utilizado devido a sua simplicidade, facilidade de aplicação e qualidade dos resultados fornecidos. Foi desenvolvido a partir da observação do comportamento dos parâmetros relacionados à chuva e à vazão produzida, em uma considerável coleção de bacias hidrográficas.

Este método gera um hidrograma simplificado, triangular e adimensional, chamado hidrograma unitário. Adota as condições de que o tempo de pico (Tp) é o tempo de ascenção (tp) do hidrograma acrescido de metade do tempo da chuva excedente (tr); e o tp é 60% do Tempo de Concentração (Tc) da bacia. A vazão de pico (Qp), que interessa no dimensionamento de estruturas hidráulicas, é estimado pela expressão Qq = 0,208* A / Tp, sendo que A é a área da bacia em Km^2 e Tp em horas. A vazão Qp em, m3/s, corresponde à vazão de uma chuva unitária (τ), de 1 mm, sobre a bacia. Por isto é chamado hidrograma unitário.





A chuva pode ser fornecida – um determinado valor arbitrário que se deseja, ou podem ser utilizados valores obtidos a partir de equações I-D-F (de chuva de projeto).

A partir da escolha do Tempo de Retorno (TR) de um determinado evento, calcula-se a chuva de projeto. Para pequenas bacias, com área menor que 5 km2, adota-se uma chuva com duração igual ao tempo de concentração.

O Tempo de Concentração (Tc) pode ser definido pelo é o tempo necessário para a água precipitada no ponto mais distante da bacia deslocar-se até a seção principal.

Esse tempo é definido também como o tempo entre o fim da precipitação e o ponto de inflexão do hidrograma. Observa-se que o Tc tem relação com o tempo de pico. Este é um dos princípios do método SCS.

O Tempo de pico é compreendido como o tempo decorrido entre o início de um evento de chuva (ou abertura de comportas) para que o nível da água atinja o seu valor máximo para aquele evento. Considerando que é um componente do hidrograma, guarda reação com o tempo de concentração, o tempo de base e o tempo de recessão, todos característicos da resposta da bacia à montante do ponto de controle à magnitude, intensidade e duração da chuva ocorrida. Exprimem a dinâmica da água na bacia, em função de valores implícitos de comprimento do curso principal, declividade média, etc,

A estimativa do Tc é muito difícil, razão pela qual vários autores, com base em seus estudos, propuseram equações empíricas (baseadas nas suas observações) para calculá-lo. Entre as equações mais utilizadas está a de Kirpisch,:

$$Tc = 23{,}38 \times \left(\frac{L}{\sqrt{I}} \right)^{0{,}77}$$

Onde: Tc = tempo de concentração, em min.;
L = comprimento total da bacia, medido ao longo do talvegue principal até o divisor de água, em km;
I : declividade média (ou declividade equivalente), em %

Esta fórmula de Kirpisch é um dos métodos que fornecem os menores Tc, o que aumenta a segurança dos projetos, razão pela qual é mais utilizada.

O método SCS admite ainda que:

$$\frac{Fa}{S} = \frac{Pe}{P - Ia} \qquad \text{e} \qquad P = Pe + Ia + Fa \quad \therefore \qquad Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S}$$

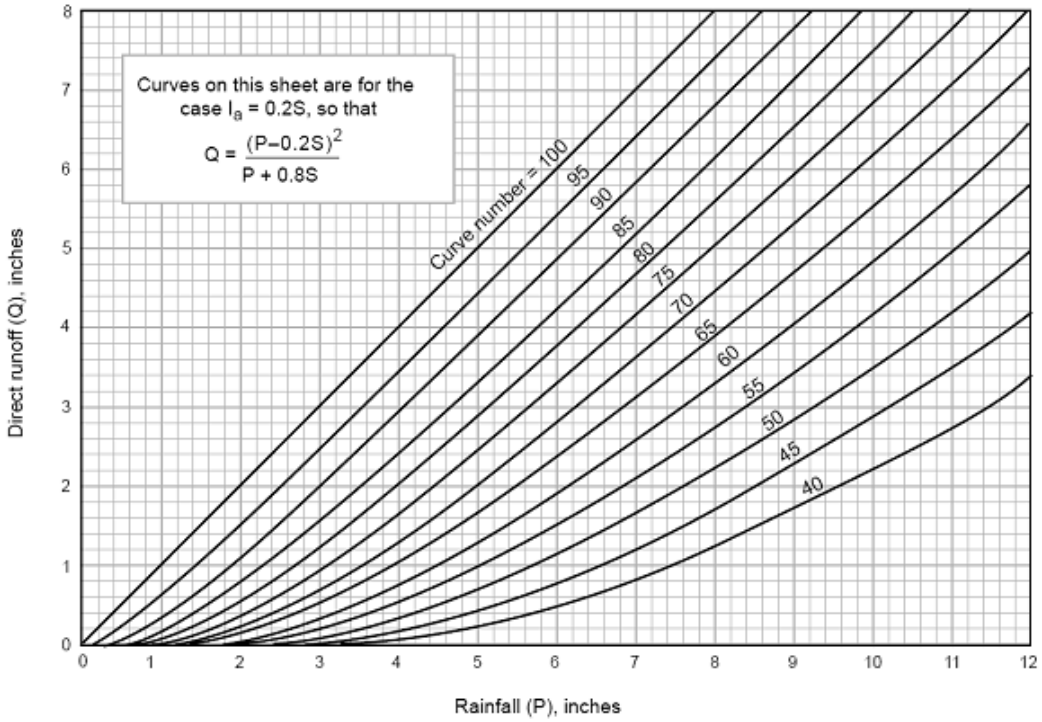
Onde : Pe = chuva excedente;
Ia = infiltração inicial;
P = precipitação total;
S = infiltração potencial máxima; e,
Fa = infiltração após o início do escoamento superficial direto.

A infiltração inicial é dada por , $Ia = 0{,}2 \times S$; Portanto, $Pe = \frac{(P - 0{,}2S)^2}{P + 0{,}8S}$; $P < 0{,}2S$

O CN e S (infiltração potencial) estão relacionados através da expressão:

$$S = 25{,}4 \times \left(\frac{100}{CN} - 10 \right)$$

Da relação entre P e Pe, que muda em relação ao tipo de solo e umidade antecedente à chuva, foi criado o CN (Curve Number) que, para áreas impermeáveis CN = 100 e outras superfícies CN < 100.



A infiltração depende do tipo de solo (textura) e tipo de uso (impermeabilização e grau de compactação). Assim, dependendo do tipo de uso e de solo, foram estabelecidos valores diferentes para CN, conforme tabelas a seguir:

Os tipos de solos identificados nas tabelas acima são (Tucci, 2000):

Solo A – produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração, solos arenosos profundos e com baixo teor de silte e argila;

Solo B – menos permeáveis que o anterior, solos arenosos menos profundos que o anterior e com permeabilidade superior a média;

Solo C – geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila;

Solo D – contem argilas expansivas e pouco profundos, com baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial.

No item 2.4 – Solos, consta a identificação dos tipos de solos e a estimativa de CN para cada bacia.

Valores de CN para áreas urbanizadas:

Tipo de solo/Tratamento/Condições Hidrológicas			Solos – Grupo Hidrológico			
			A	B	C	D
Uso residencial	Tamanho médio de lote	% impermeável				
	Até 500 m^2	65	77	85	90	92
	1000	38	61	75	83	87
	1500	30	57	72	81	86
Estacionamentos pavimentados, telhados			98	98	98	98
Ruas e estradas:						
Pavimentadas, com guias e drenagem			98	98	98	98
Pavimentadas, com cascalho			76	85	89	91
Sem pavimentação (de terra)			72	82	87	89
Áreas comerciais (85% de impermeabilização)			89	92	94	95
Distritos industriais (72% impermeável)			81	88	91	93
Espaços abertos, parques e jardins:						
Boas condições, cobertura de grama > 75%			39	61	74	80
Condições medianas, cobertura de grama > 50%			49	69	79	84
Terreno preparado p/ plantio, descoberto, plantio em linha reta			77	86	91	94
Áreas cultivadas			67	77	83	87
Florestas			25	55	70	77

Valores de CN para áreas rurais:

Uso da terra/Superfície	Tipo de solo			
	A	B	C	D
Solo lavrado				
Com sulcos retilíneos	77	86	91	94
Em fileiras retas	70	80	87	90
Plantações regulares				
Plantio em nível	67	77	83	87
Terraceamento em nível, em fileiras retas	64	76	84	88
Pastagens				
Pobres, em curvas de nível	47	67	84	99
Normais, em curvas de nível	25	59	81	88
Boas, em curvas de nível	6	45	75	83
Campos permanentes				
Pobres	30	58	71	78
Esparsas, baixa transpiração	45	66	77	83
Normais	36	60	73	79
Densos, de alta transpiração	25	55	70	77
Florestas				
Muito esparsas, de baixa transpiração	56	75	86	91
Esparsas	46	68	86	91
Densas, de alta transpiração	26	52	62	69
Normais	36	60	70	76

Os solos nas bacias urbanas de Pato Branco, são do tipo C, em função do teor de argila no solo, de 60 a 70% (dominantemente latossolos e cambissolos latossólicos) e, em torno de 20% deles, apresentam pouca profundidade efetiva (neossolos litólicos). Cabe observar que uma das formas de reduzir o valor de CN (o que aumenta a infiltração) é alterar o uso do solo, para formas mais conservativas (retenção e infiltração da água).

A pressuposição de cenários consiste, em parte, na formulação de hipóteses que alteram mudanças nestes parâmetros, em que o CN é um dos mais importantes uma

vez que representa diferentes situações do solo nas simulações, auxiliando na escolha de medidas e planejamento do controle de cheias.

III.2.3.3 O Plano Diretor e a infiltração das águas pluviais

Sendo os solos da bacia do rio Ligeiro do tipo C, com algumas inclusões do tipo D, a taxa de infiltração é relativamente baixa. Isto significa que a área de infiltração disponível tem pouco efeito em eventos mais intensos. Mas isto não significa que não deva ser seguida. Dadas estas condições, medidas de controle no local, como cisternas e caixas de infiltração podem ter um bom efeito na redução das enxurradas e nível das cheias.

O Plano Diretor da cidade privilegia a ocupação de lotes desocupados dentro do perímetro urbano, que somam mais de 4.000 lotes vagos (25% do total de lotes da cidade), portanto a densificação, o que resultara na tendência de aumento da área impermeável. Esta opção segue a tendência urbanística que busca otimizar os investimentos da infra-estrutura e aparelhos públicos, em conformidade com aspectos sócio-econômicos, de otimização dos investimentos e custos na infra-estrutura pública.

Cidades mais densificadas, tem redes de energia, redes de águas pluviais e esgoto, pavimentação das ruas, calçadas, etc., mais otimizadas, assim como é mais favorável ao transporte público, já que as distâncias são menores para atender o mesmo número de pessoas (maio densidade populacional).

Se a opção fosse pela expansão, seja através de lotes maiores, seja pelo planejamento de ocupação, haveria tendência de se obter maior taxa de infiltração de água mas extensões maiores das bacias seriam urbanizadas. Do ponto de vista de controle de cheias, o nível de investimentos provavelmente seja equivalente à expansão urbana. Neste aspecto, havendo planejamento urbano e este sendo seguido, há possibilidade de melhor aproveitamento dos recursos disponíveis e investimentos, compensados por investimentos na drenagem urbana.

Desta forma, em que pese o Planejamento Urbano e as taxas de permeabilidade estabelecidas (anexo 14 do PDU), o cenário de aumento da intensidade de uso do solo parece mais realista, razão pela qual será considerada na estimativa de vazões nas metas de implantação das medidas de controle de cheias, especialmente no dimensionamento de estruturas de contenção de cheias.

Além disto, o acréscimo do custo decorrente do aumento em altura nas estruturas (barragens) decorrentes dos volumes calculados para o cenário 3 e o cenário 2 (do Plano Diretor), justificam-se pela segurança tanto da população à jusante quanto da oportunidade dos investimentos.

III.2.3.4 Escolha dos pontos de controle

Considerou-se 6 sub-bacias na estimativa de vazões de pico e hidrogramas de cheias, delimitadas a partir de pontos de controle chave no planejamento do controle de cheias. A descrição física das bacias nos pontos selecionados já foram descritos anteriormente no item 3.3.

Duas sub-bacias foram delimitadas pela sua condição natural, sendo os seus exutórios nos pontos de desaguamento (foz) no rio Ligeiro, sendo elas a bacia do Córrego Fundo (P4) e a Bacia do Ribeirão dos Penso (P6)[18].

A sub-bacia denominada Altísssimo Ligeiro, corresponde à bacia delimitada a partir do exutório no início da canalização do rio Ligeiro (P2), no bairro Baixada. Evidentemente que este ponto deve ser escolhido diante do fato de que a partir deste ponto não se admitiu alternativa de investimentos em ampliação da capacidade da galeria do rio Ligeiro.

Os demais pontos de controle forma escolhidos com base na possibilidade de implantação de bacias de contenção e retenção, sendo que o critério de escolha dos pontos levou em consideração a conformação topográfica (melhor relação volume de armazenamento x área alagada x comprimento de barragens) e o menor impacto sobre edificações (o que remete a menores custos de indenização de lotes atingidos). Os pontos selecionados delimitam sub-bacias menores, dentro das três sub-bacias principais, que foram os pontos P1, P3 e P5, respectivamente, do Altíssimo Ligeiro, Córrego Fundo e Ribeirão dos Penso.

Além destes pontos, foram considerados as sub-bacias do rio Ligeiro nos pontos de desaguamento (foz) dos cursos Córrego Fundo e Ribeirão dos Penso, tendo em vista que nestes pontos há o somatório das vazões dos canais acrescidos das áreas urbanas de contribuição lateral não contempladas nos pontos anteriores.

III.2.3.5 Vazões de pico e hidrogramas unitários estimadas

A estimativa das vazões de pico seguem os critérios para o estudo das vazões máximas e planejamento do controle das cheias. Considerando-se o cenário 3 de uso do solo, o resultado das estimativas de tempo de pico, tempo de recessão e vazões (com atenção à vazão de pico), determinados a partir do método SCS (uma vez que não há dados observados de vazão), são apresentadas no quadro a seguir e nos hidrogramas subseqüentes, por bacia.

O tempo de concentração é dependente da declividade e co comprimento do curso principal. Portanto, depende apenas de parâmetros morfométricos, que raramente se alteram na bacia.

[18] Os códigos adotados não necessariamente seguem uma ordem numérica, tendo em vista que foram eleitos 22 pontos na primeira análise de pontos críticos, na fase de fotointerpretação.

O tempo de base depende do tempo de pico, que por sua vez, depende da duração da chuva e do tempo de concentração. O tempo de chuva escolhido, segue o critério de ser idêntico ao tempo de concentração. Assim, cada bacia tem chuvas intensas com durações diferentes e, portanto, intensidades diferentes, mas mesmos volumes. O que influencia os diferentes tempos de pico e de base das bacias é o uso do solo (cenários). Por isto, independem da magnitude das chuvas (TR), apenas dos cenários. A Tabela abaixo apresenta os tempos de concentração, tempos de pico e de base das bacias:

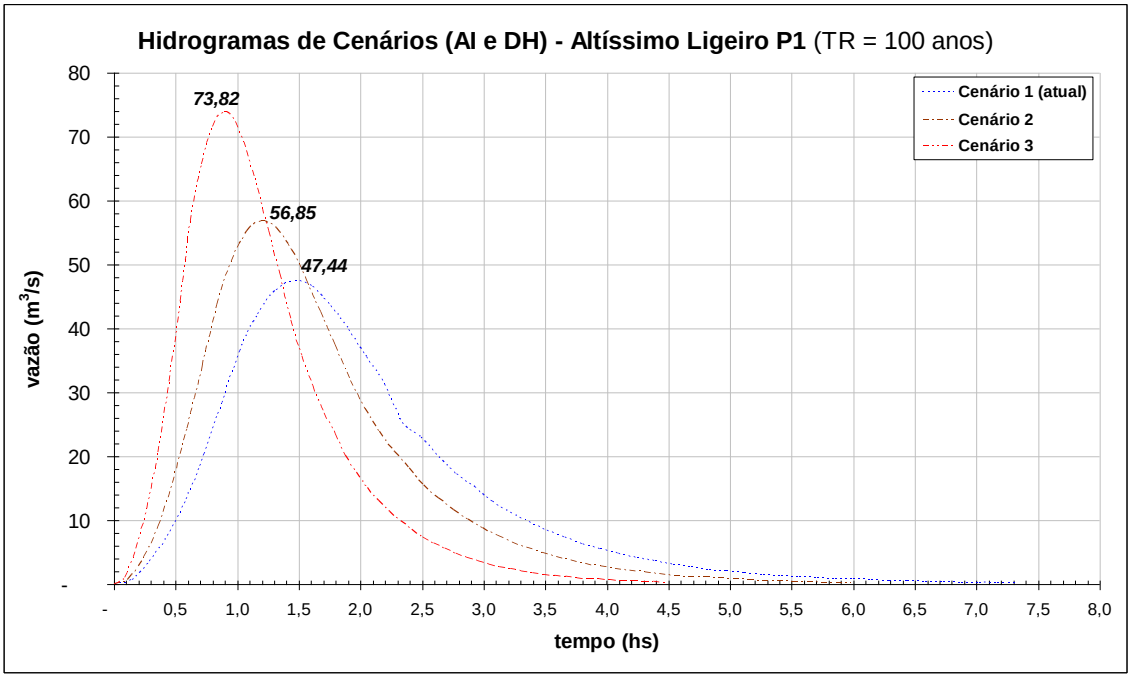
Bacias	Altíssimo Ligeiro		Córrego Fundo		Ribeirão dos Penso		Alto Ligeiro	
Pontos de controle	**P1**	**P2**	**P3**	**P4 (4)**	**P5**	**P6 (5)**	**P7 (4)**	**P8 (5)**
Tempo de concentração – Tc(1)	0,86	1,12	0,74	0,97	0,46	0,75	1,33	1,72
Cenário 1								
Tempo de pico – Tp(2)	1,46	1,71	1,49	1,58	1,14	1,36	2,26	2,69
Tempo de base – Tb(3)	7,31	8,55	7,47	7,89	5,72	6,81	11,30	13,43
Cenário 2								
Tempo de pico – Tp(2)	1,20	1,40	1,22	1,29	0,94	1,11	1,85	2,20
Tempo de base – Tb(3)	5,98	6,99	6,10	6,45	4,68	5,57	9,24	10,98
Cenário 3								
Tempo de pico – Tp(2)	0,89	1,04	0,91	0,96	0,70	0,83	1,38	1,64
Tempo de base – Tb(3)	4,47	5,22	4,56	4,82	3,49	4,16	6,91	8,20

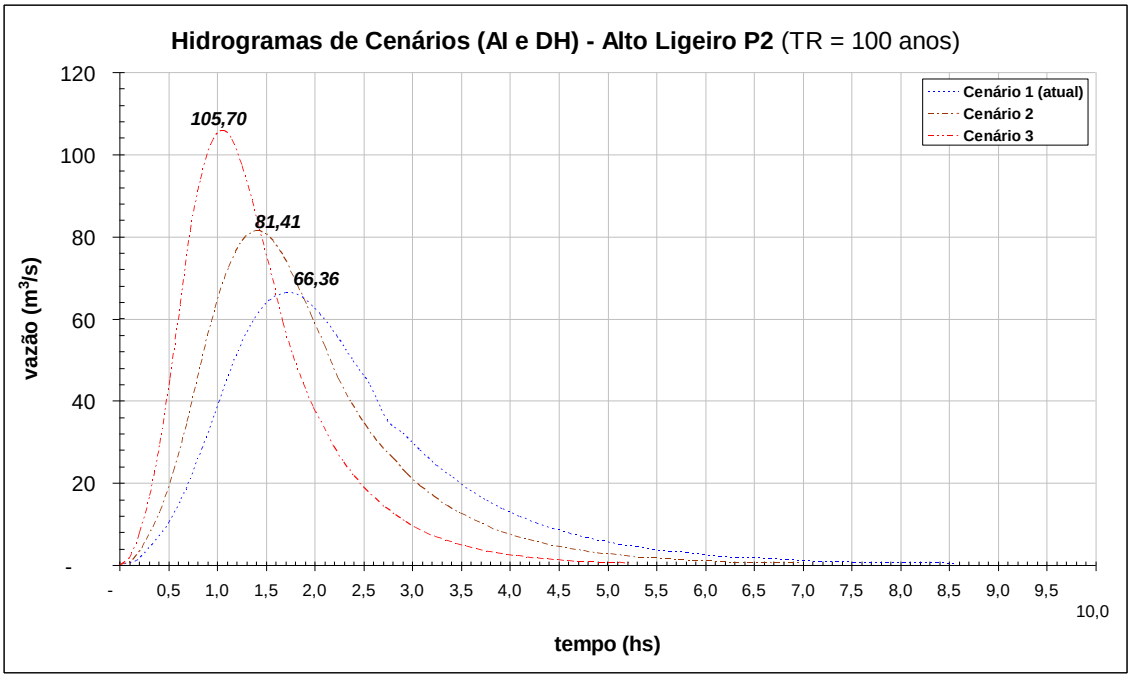
* P7 é imediatamente após P4, agregando as bacias P1, P2, P3 e P4; ** P8 é imediatamente após P6, agregando todas as bacias.

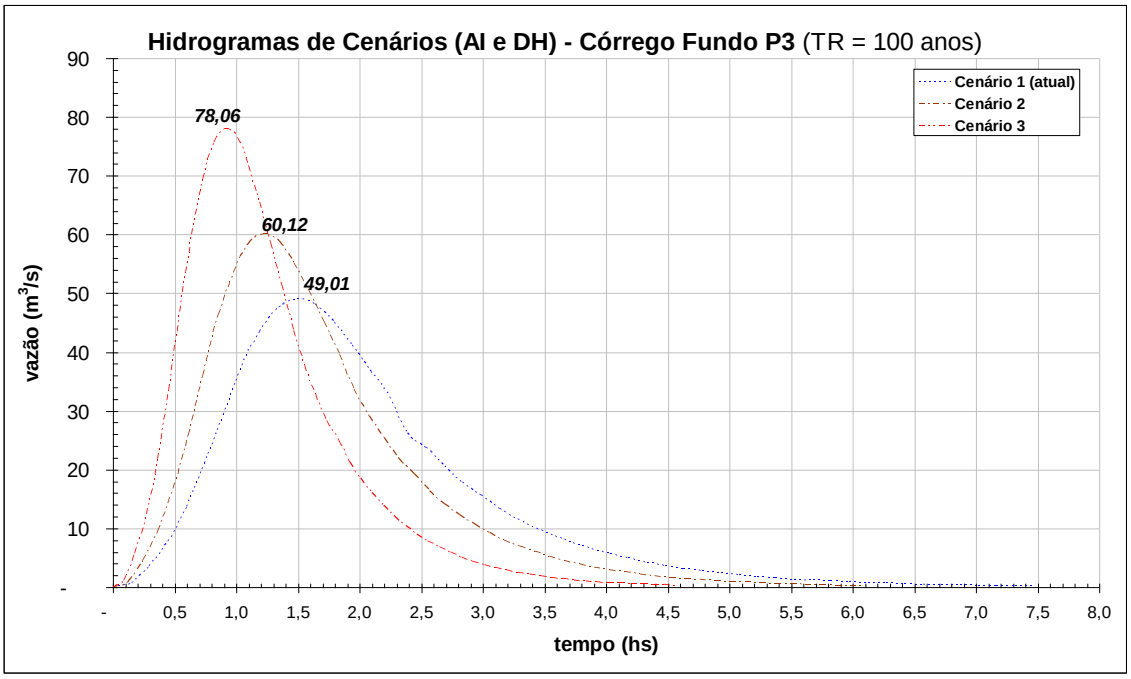
Vazões de pico (m^3/s), por cenário:

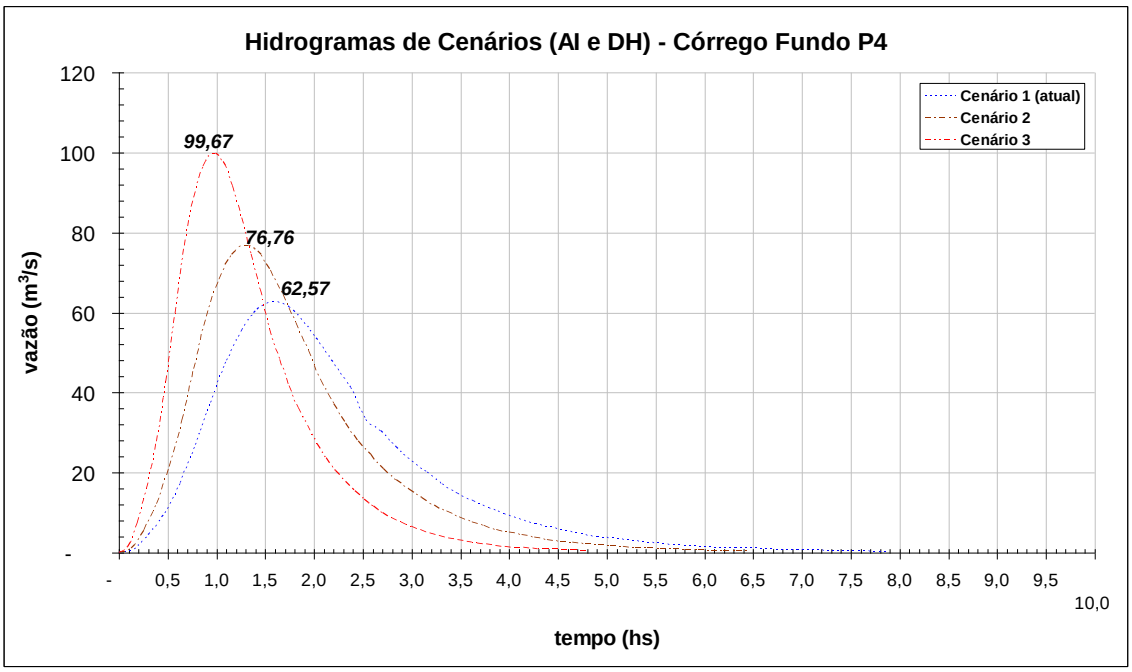
Cenário 1								
TR (anos)	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**
2	20,44	28,92	22,36	29,69	10,33	19,76	56,36	84,36
5	25,20	35,54	27,13	35,63	12,76	23,94	67,95	101,13
10	29,37	41,33	31,27	40,76	14,89	27,56	77,97	115,61
20	34,08	47,86	35,92	46,50	17,29	31,62	89,21	131,81
25	35,72	50,14	37,53	48,49	18,13	33,04	93,11	137,42
50	41,24	57,78	42,95	55,14	20,95	37,76	106,16	156,19
100	**47,44**	**66,36**	**49,01**	**62,57**	**24,13**	**43,06**	**120,74**	**177,14**
200	54,41	75,99	55,78	70,86	27,69	48,97	137,03	200,51
500	64,92	90,51	65,98	83,31	33,07	57,87	161,50	235,59
Cenário 2								
TR (anos)	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**
2	24,49	35,47	27,43	36,42	12,67	24,24	69,14	103,49
5	30,20	43,60	33,28	43,71	15,65	29,36	83,35	124,06
10	35,19	50,70	38,36	50,00	18,26	33,81	95,65	141,82
20	40,84	58,71	44,06	57,04	21,22	38,79	109,44	161,69
25	42,80	61,50	46,04	59,48	22,24	40,53	114,22	168,58
50	49,41	70,88	52,68	67,65	25,71	46,33	130,23	191,60
100	**56,85**	**81,41**	**60,12**	**76,76**	**29,60**	**52,82**	**148,12**	**217,30**
200	65,20	93,22	68,43	86,93	33,97	60,08	168,10	245,98
500	77,79	111,03	80,93	102,19	40,57	70,99	198,11	289,00
Cenário 3								
TR (anos)	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**
2	31,80	46,06	35,61	47,30	16,45	31,47	89,78	134,38
5	39,21	56,61	43,21	56,75	20,33	38,13	108,23	161,09
10	45,69	65,83	49,80	64,92	23,71	43,89	124,20	184,14
20	53,02	76,24	57,21	74,07	27,55	50,37	142,10	209,95
25	55,58	79,86	59,79	77,24	28,88	52,62	148,31	218,89
50	64,16	92,03	68,41	87,83	33,38	60,15	169,09	248,78
100*	**73,82**	**105,70**	**78,06**	**99,67**	**38,43**	**68,58**	**192,33**	**282,15**
200	84,65	121,04	88,86	112,88	44,11	78,01	218,27	319,39
500	101,01	144,17	105,09	132,69	52,68	92,17	257,24	375,25

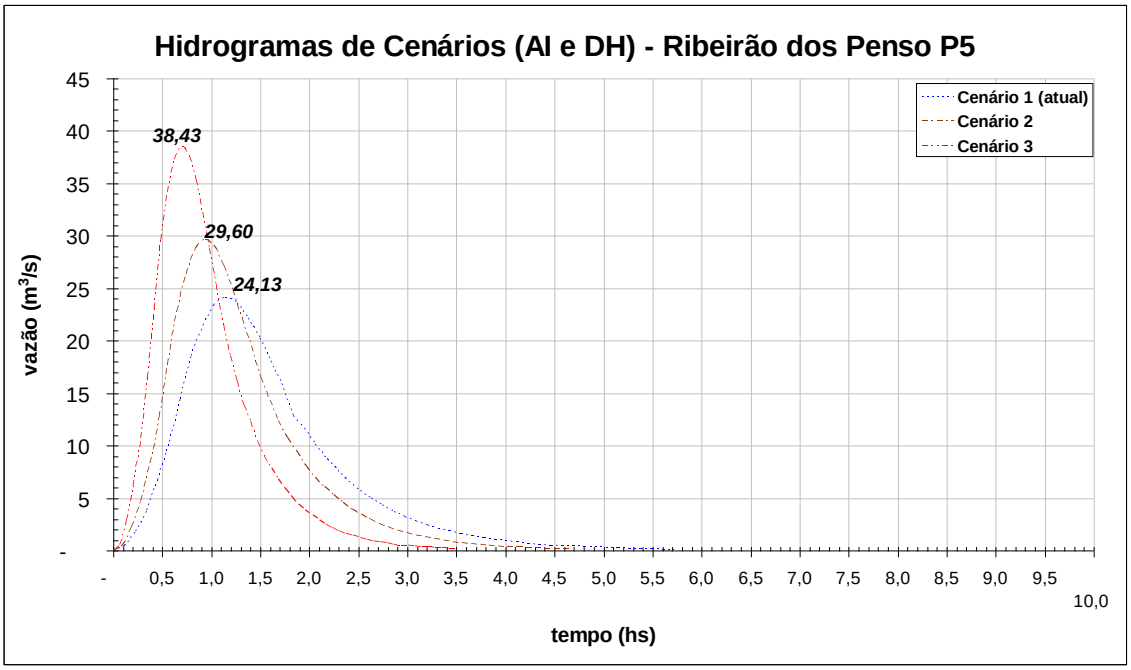
Hidrogramas das bacias, relativas à chuvas de TR = 100 anos.

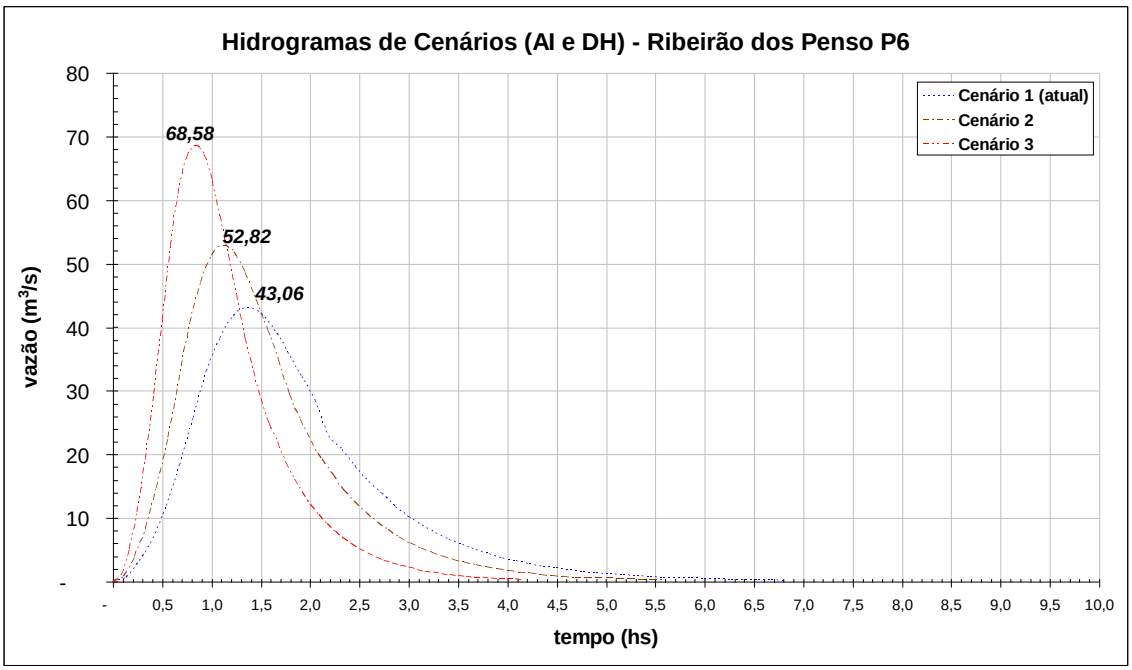


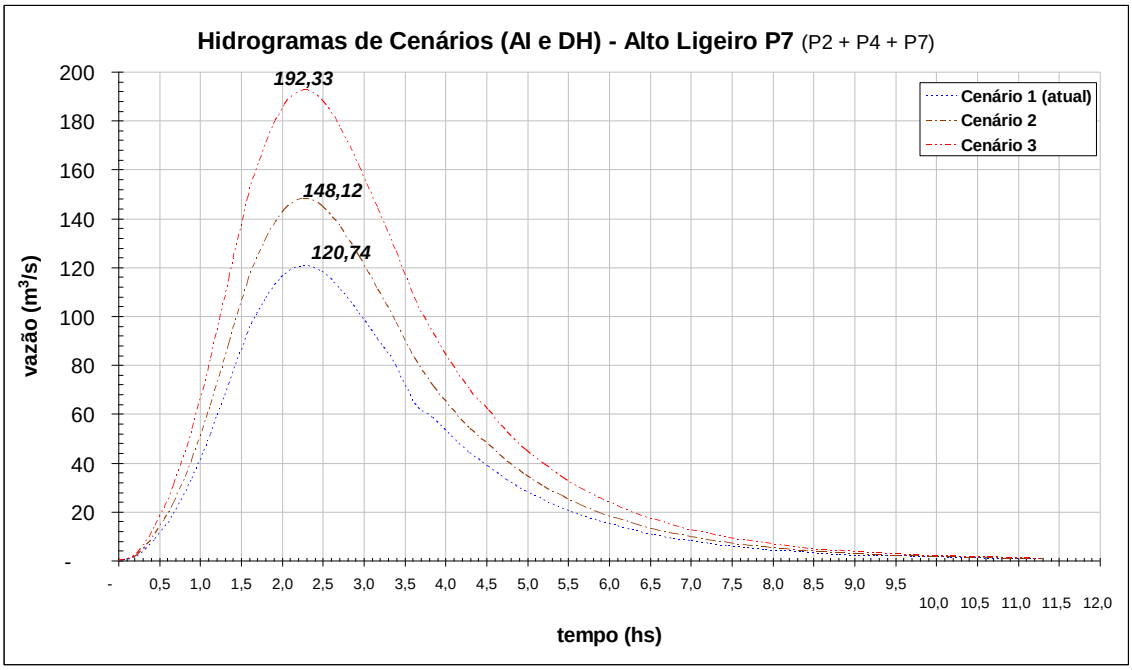


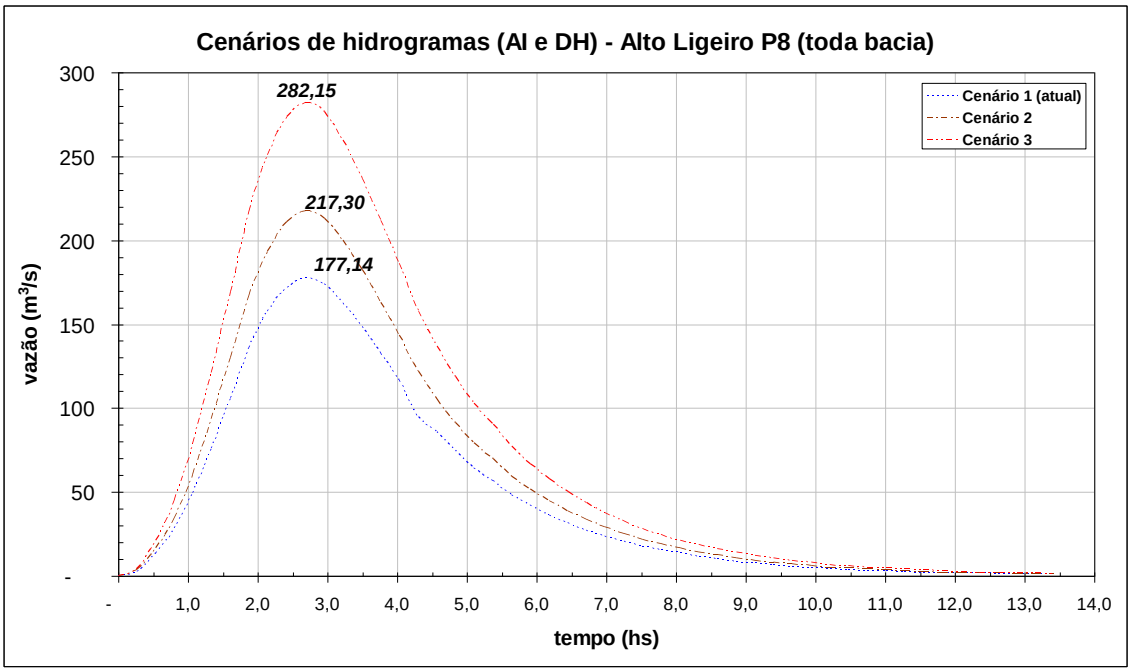

Hidrogramas de Cenários (AI e DH) - Córrego Fundo P3 (TR = 100 anos)
Cenário 1 (atual)
Cenário 2
Cenário 3
78,06
60,12
49,01
vazão (m³/s)
tempo (hs)


Hidrogramas de Cenários (AI e DH) - Córrego Fundo P4
Cenário 1 (atual)
Cenário 2
Cenário 3
99,67
76,76
62,57
vazão (m³/s)
tempo (hs)


Hidrogramas de Cenários (AI e DH) - Ribeirão dos Penso P5
Cenário 1 (atual)
Cenário 2
Cenário 3
38,43
29,60
24,13
vazão (m³/s)
tempo (hs)


Hidrogramas de Cenários (AI e DH) - Ribeirão dos Penso P6
Cenário 1 (atual)
Cenário 2
Cenário 3
68,58
52,82
43,06
vazão (m³/s)
tempo (hs)


Hidrogramas de Cenários (AI e DH) - Alto Ligeiro P7 (P2 + P4 + P7)
192,33
148,12
120,74
Cenário 1 (atual)
Cenário 2
Cenário 3
vazão (m³/s)
tempo (hs)


Cenários de hidrogramas (AI e DH) - Alto Ligeiro P8 (toda bacia)
282,15
217,30
177,14
Cenário 1 (atual)
Cenário 2
Cenário 3
vazão (m³/s)
tempo (hs)

IV Medidas propostas

Considerando os princípios e os objetivos estabelecidos (item 2), bem como os levantamentos do meio físico realizados, estabeleceu-se as seguintes diretrizes para a proposição de medidas e acões:

Diretrizes para realização dos estudos e proposição de medidas de controle de cheias:

- Realizar estudos hidrológicos das bacias e posteriormente realizar a análise hidráulica da rede de drenagem, visando medidas de controle na fonte.
- Harmonizar as medidas estruturais e não estruturais, dando prioridade à estas por razões econômicas e temporais;
- Priorizar a regularização das vazões, através da contenção e retenção das vazões (armazenamento temporário), visando harmonizá-las;
- Propor medidas que aumentem a taxa de infiltração da água no solo;
- Priorizar cenários de aumento da ocupação e densificação;
- Definir áreas de risco e critérios para sua ocupação.

IV.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS INTERVENÇÕES ANTERIORES NA REDE DE DRENAGEM

IV.1.1 Galerias do rio Ligeiro

O estudo anterior (1984), realizado para obras de redimensionamento e aumenta da capacidade do rio no trecho urbano, apresenta diferenças em relação ao presente estudo. Isto decorre basicamente de três razões:

(a) A ocupação da cidade difere da atual, sendo significativamente menor;
(b) A filosofia de controle das cheias mudou. Antes era na linha do saneamento, baseada em obras de canalização para transferência das águas para jusante. Hoje é de controle na fonte (redução da impermeabilização e da velocidade de escoamento, na detenção ou retenção das águas, etc,)
(c) Os métodos adotados diferem. Hoje, dada experiência acumulada nos centros de ensino e pesquisa, houve uma evolução importante, à medida que as técnicas foram aprimoradas.
(d) Mesmo que a série de dados de vazão ainda inexista na bacia do rio Ligeiro, os recursos técnicos hoje são indiscutivelmente melhores (imagens de satélite, uso de computadores, cartas geográficas, etc.) e que a 26 anos atrás não se dispunha.

Os pontos estudados à época do primeiro e segundo projetos de drenagem diferem entre si, sendo poucos coincidentes. Do segundo estudo para o atual (terceiro), apenas 2 pontos são coincidentes. Para exemplificar as diferenças entre os estudos, destacamos o ponto P2 (2010), que coincide com a Seção 5 (1984) do segundo estudo, no Rio Ligeiro, na confluência da Av. Tupy, Rua Paraná e Travessa Santo Colla:

Parâmetros	Estudos		diferenças
	atual (2010)	anterior (1984)	
Ponto/Seção	**Seção P2**	**Seção 5**	
Área da bacia (km2)	11,38	12,31	O estudo anterior estima + 8,10%
Tempo de concentração (min)	51,38	56,00	O estudo anterior estima + 9,00% (devido ao método e critérios escolhidos)
Tempos de recorrência avaliados (anos)	2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200 e 500 anos + cenários de crescimento da cidade	5, 10 e 25 (sem cenários de crescimento)	Subestimado em relação ao tipo de obra e risco e não avalia cenários de densificação da área urbana (impermeabilização)
Área urbana km2 (%)	2,15 (27,01 %)	5,42 (44%)	63% maior que a atual
Método de estimativa de vazões	SCS	Racional	Hoje o Método Racional é recomendado para bacias rurais e até 5 km2. A partir deste tamanho de bacia há uma superestimação das vazões.
Vazões de projeto estimadas (m3/s)	VTR100 = 46,3; 57,7 e 73,8 (3 cenários), alem dos demais TR	VTR=5 = 73,0; VTR=10 = 82,0 e VTR=25 = 95,0	De 29 a 58% maiores que os estudos atuais.

Outro ponto coincidente entre os estudos anteriores, as seções 2o (do primeiro levantamento, de 1979) e 4a (de 1984), na confluência das ruas Tapir e Tapejara:

Parâmetros	Estudos		diferenças
	original (1979)	anterior (1984)	
Ponto/Seção	**Seção 2**	**Seção 4**	
Área da bacia (km2)	25,8	25,81	Praticamente iguais
Área urbana (km2)	3,7 (14,3%)	15,28 (59,2%)	Aumento de 413%

Neste ponto (seção), observa-se um aumento expressivo na área urbana da cidade. Equívocos podem ocorrer, em função dos recursos que se dispunha na época, mas neste caso fica registrado o forte crescimento da ocupação urbana na cidade num período curto, de 5 anos.

Em síntese, os critérios utilizados em 1984 superestimaram alguns parâmetros de estimativa de vazões, tal como a área da bacia, a área urbanizada, tempo de concentração e alguns critérios, assim como e o uso de um método de cálculo de vazão que gera vazões superiores às reais. Com isto, embora não tenha sido considerado cenários de densificação e impermeabilização do solo, a avaliação da época equiparou a vazão de TR=25 anos (73 m3/s) à TR = 100 anos atual (73,9 m3/s), no cenário de maior densificação. Desta forma, supõe-se que o dimensionamento da galeria do rio Ligeiro atende a capacidade de vazões superiores (TR = 100 anos).

O estudo foi realizado para redimensionar o sistema hidráulico e sugere (conclui) a ampliação da galeria em alguns trechos, através de seções adicionais.

Portanto, a ocorrência de cheias indica que:
(a) A referida ampliação não foi realizada;
(b) Há obstruções ao longo da galeria

Vale destacar ainda que foram considerados no estudo anterior (1984), os seguintes TR: 5, 10 e 25 anos. A vazão de TR = 25 anos equivale a 76% da vazão de TR= 100 anos[19]. Obras como a galeria do rio Ligeiro, responsável pela drenagem central do sistema de águas pluviais da cidade, é recomendável a adoção de chuva de projeto de TR = 100 anos, estimada em 75,38 mm num período. A chuva de projeto com TR = 25 anos, é estimada em 61,06 mm, 21% menor que a chuva de TR = 100 anos. A vazão de pico para a chuva de projeto TR = 100 anos na bacia P2, por exemplo, é estimada em 47,44 m3/s (vide gráfico "Vazões em relação ao TR de 100 anos", do item 3.9.2.1). Já no projeto anterior (desconhece-se maiores detalhes para os critérios de cenários), foi estimada vazão de pico equivalente a 95 m3/s para o TR = 25 m3/s, o dobro da estimada atualmente, embora a área ocupada hoje seja maior que à época (1984). Esta vazão é acima do cenário 3 estabelecido, que representa o dobro da população atual.

Portanto, houve uma superestimação no estudo anterior, não por erro do projetista, mas e decorrência dos métodos utilizados. Esta superestimação nos remete a concluir que a galeria do Rio Ligeiro foi dimensionada acima da capacidade de drenagem para a época, o que trouxe o benefício de um dimensionamento compatível com a demanda atual. Em que pese a evolução e nas diferenças metodológicas utilizadas, conclui-se que o dimensionamento da galeria do rio Ligeiro não é a causa das cheias e que há três "causas" para as cheias ocorridas recentemente (2009/2010):

- A ocorrência de eventos críticos excepcionais (mudanças climáticas, com as quais é preciso ser incorporada),
- O aumento da impermeabilização associado à canalização de águas pluviais (telhados, sarjetas, pavimentação, etc.) decorrente do aumento da ocupação,
- Possível existência de obstruções nos canais e na galeria.

Obstruções em bocas de lobo e tubulações são observadas a cada evento de cheia, quando populares buscam a desobstrução. Já em canais, registra-se relatos de tubulações da rede de água e esgoto que transpassam alguns pontos da galeria do rio Ligeiro e o estreitamento desta galeria pela implantação de pilares de edifícios na área central (estes não confirmados).

O efeito da redução das seções livres da galeria do rio Ligeiro é proporcional à redução da capacidade da galeria, que fica restrita à seção com menor área livre. Este efeito é potencializado pelo acúmulo de rejeitos e resíduos. São partes (ou todo) de móveis, eletrodomésticos, pneus, galhos, entre outros tantos, mal dispostos na superfície ocupada pelas águas em eventos de cheia. Daí a importância de ações e de cunho

[19] É recomendável projetos de macrodrenagem com capacidade para eventos com TR = 100, que tem 63,4% de probabilidade de ocorrência em períodos de 10 anos, e TR = 10 anos para a microdrenagem. Observa-se que a vazão de TR = 10 anos corresponde a 44% da vazão de TR = 100 anos, e a vazão de TR = 200 anos é 14% maior que a TR = 100 anos).

educativo e instrumentos de comando e controle (legislação, fiscalização, autuações, etc.).

Vale avaliar a conveniência de se realizar diagnóstico ao longo das galerias do rio Ligeiro, inicialmente através de filmagem, percorrendo-se à pé o trecho canalizado e as passagens de ruas nos trechos de canais abertos. Somente desta forma é possível avaliar a necessidade de intervenções em pontos que possivelmente apresentem desgaste ou ofereçam obstruções à vazão e acúmulo de sedimentos, resíduos ou detritos. Se este trabalho for realizado, é importante que o seja através do Corpo de Bombeiros, dados os aspectos credibilidade, segurança e especialização do pessoal.

IV.1.2 Rede de águas pluviais

A rede de águas pluviais foi implantada na cidade ao longo dos últimos 30 anos, sendo a maior parte nas áreas de influência das cheias (no local e a montante).

Observa-se que em eventos de chuva intensa, é comum e significativa a ocorrência de rompimentos desgaste erosivo (crateras) nas calçadas, decorrente, evidentemente, do fluxo das águas. Para este efeito ocorrer, há as seguintes causas que podem ocorrer isolada ou associadamente:

(a) Tubulação em más condições (antigas) e/ou má construção ou reforma, deixando falhas ou orifícios onde as águas fluirão com velocidade suficiente para promover o desgaste e a erosão paulatina ou durante um único evento (depende da intensidade, velocidade e vazão);

(b) Ocorrência de escoamento supercrítico, que se constitui no fenômeno de desgaste pela água, semelhante ao anterior, porém a erosão de maior magnitude ou intensidade, decorrente da associação do volume (altura) do escoamento e a sua velocidade. Uma tubulação antiga, subdimensionada em função do aumento do volume de escoamento pela densificação urbana, em regiões de encostas íngremes (como ocorre em Pato Branco), evidentemente que por alguns minutos, parte da a rede (mais baixa) trabalha afogada (ou tubulação 100% cheia), o que estabelece o escoamento supercrítico e o rompimento rápido da rede;

(c) Entupimento por entulhos e resíduos;

(d) Redução da capacidade por sedimentação;

(e) Obstrução ou falhas decorrentes de outras intervenções, como obras ou passagem de veículos muito pesados.

A solução de substituição da rede é pouco provável. Dado o custo, o transtorno e sua baixa longevidade em termos de capacidade, ela é realizada em etapas ao longo do tempo e conforme oportunidades financeiras. Aqui a contenção também se mostra

mais eficaz e viável, uma vez que reduz os escoamentos e as vazões decorrentes. Isto possibilita o retorno da capacidade de escoamento, redução do desgaste (aumento da longevidade) e, consequentemente, a economia de recursos.

As áreas públicas e lotes de populares de menor renda, são responsabilidade do poder público. Assim, até um teto de renda em loteamentos e nas áreas públicas (lotes e vias), os investimentos tem finte de recursos em programas governamentais. Por outro lado, é certo que, no caso do controle na fonte, parte dos investimentos ficam por conta dos proprietários dos lotes e imóveis. Porém, é assegurada a responsabilidade individual pela geração de impactos (as cheias), que decorrem das águas pluviais, fazem parte desta responsabilidade.

Cabe comentar que retenção de água nos lotes pode significar aos proprietários vantagens econômicas no médio e longo prazos, através do reuso de água (desde que adequadamente condicionada, já que o armazenamento irresponsável tem implicações sanitárias, como por exemplo a disseminação de vetores, como da dengue).

Estes aspectos, relacionados à microdrenagem, são tratados no próximo relatório.

IV.2 ARRANJO PROPOSTO

A Estratégia adotada é de controle do escoamento nas fontes, reduzindo as cotas de cheias dos cursos das áreas mais baixas e urbanizadas (maior impermeabilização e maior densidade de ocupação), através da regularização das vazões.

Medidas estruturais

- **Macrodrenagem**: Redução das cotas de cheias do rio Ligeiro, do Córrego Fundo e do Ribeirão dos Penso, através da implantação de três bacias de controle de cheias, uma em cada sub-bacia. Em todas o uso múltiplo das áreas, tais como parques, áreas de lazer, cultivo florestal, etc.

- **Microdrenagem**:
  (a) Reservatórios de amortecimento ou caixas de detenção nas vias públicas;
  (b) Recomendações para o dimensionamento hidráulico futuro da rede de condutos (ruas, sarjetas, bocas-de-lobo e galerias)

- **Controle na fonte**
  (a) Implantação de caixas de armazenamento e infiltração ou percolação nos lotes ou de caixas de retenção e reuso de água nos lotes;
  (b) Implantação de terraços agrícolas nas áreas rurais (nos solos que permitem);
  (c) Incentivo da construção de açudes com capacidade aumentada - volume útil para piscicultura e volume de espera para controle de cheias;

(d) Incentivo ao uso de pavimentos permeáveis;

Medidas não estruturais

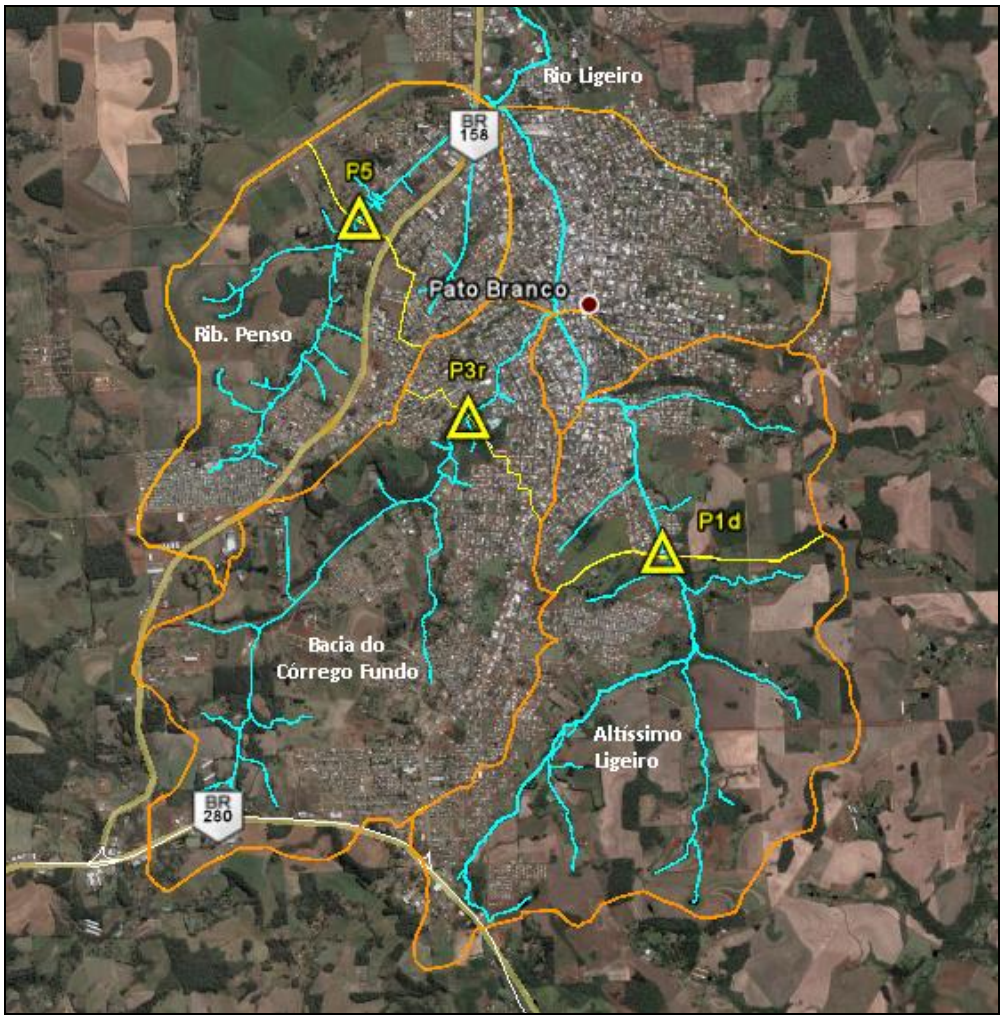
- Zoneamento de áreas de risco (fundos de vale):
  (a) zona não edificável - cota de alto risco;
  (b) zona edificável com restrições (sob pelotis) - cota de médio risco

- Legislação:
  (a) Ocupação dentro dos critérios do Plano Diretor de desenvolvimento Urbano (perímetro urbano definido);
  (b) Atendimento da área mínima de infiltração (máxima de impermeabilização);
  (c) Ampliação das caixas de detenção como mecanismo compensatório para lotes com mais de 50% de área impermeável;
  (d) Desobstrução dos caminhos das águas, tais como: cervas em lugar de muros, construções sob pelotis ou piso na cota máxima de cheia (TR = 100 anos), elementos vazados sob pisos;
  (e) Não ocupação de áreas íngremes;
  (f) Disposição adequada de resíduos e entulhos;
- Monitoramento de cheias e sistema de alerta
- Educação ambiental, com foco na disposição de resíduos e entulhos e não ocupação de áreas de risco;
- Incentivos econômicos, de crédito e isenções fiscais, pela adoção de medidas sinérgicas ao controle de cheias, ou para o atendimento da legislação municipal;
- Fiscalização – conformidades com o Plano de Diretor.

IV.2.1 As medidas estruturais de macrodrenagem

Na macrodrenagem, a proposta é da implantação de três bacias de regularização de vazões, dimensionadas para chuvas de projeto com Tempo de Retorno de 100 anos. (vide figura a seguir):

- No ponto P1, na sub-bacia Altíssimo Ligeiro, no bairro Bonato, uma bacia de detenção, devido ao aspecto da limitação de espaço disponível;
- No ponto P3, na sub-bacia Córrego Fundo, no bairro Santa Teresinha, entre a garagem da prefeitura e o Clube Grêmio Industrial, uma bacia de retenção. Justifica pela disponibilidade de área e possibilidade de uso múltiplo (lazer público);
- No ponto P5, na sub-bacia Ribeirão dos Penso, no bairro Pagnoncelli, sob o eixo da rua Jacó Morelatto, uma bacia de retenção ou detenção (dependerá dos recursos disponíveis).



Estas bacias promovem a redução das cotas de cheia à jusante das barragens, reduzindo as vazões, obtém-se também o aumento da capacidade e longevidade dos canais abertos e galeria do rio Ligeiro.

IV.2.1.1 Regularização através de bacias de armazenamento para TR=200 anos.

Trata-se de uma estratégia com princípio semelhante ao controle na fonte, onde o objetivo é o controle da vazão em lugar de aumentar a capacidade de transferência das águas para jusante (canais), o que é mais eficiente do ponto de vista do menor custo relativo (R$/m3), de maior longevidade das obras, possibilita o usos múltiplos das águas e áreas de entorno ao reservatório.

Os seguintes critérios para a localização de bacias de contenção ou retenção foram estabelecidos:

1. Estar em local que de menor impacto imobiliário (menor desapropriação e mobilização de ocupantes dos lotes) e menor impacto ambiental;
2. Ter boa relação cota-área-volume;
3. Estar ponto estratégico da bacia, de forma a interceptar o maior número de canais afluentes, portanto maior área possível da bacia;

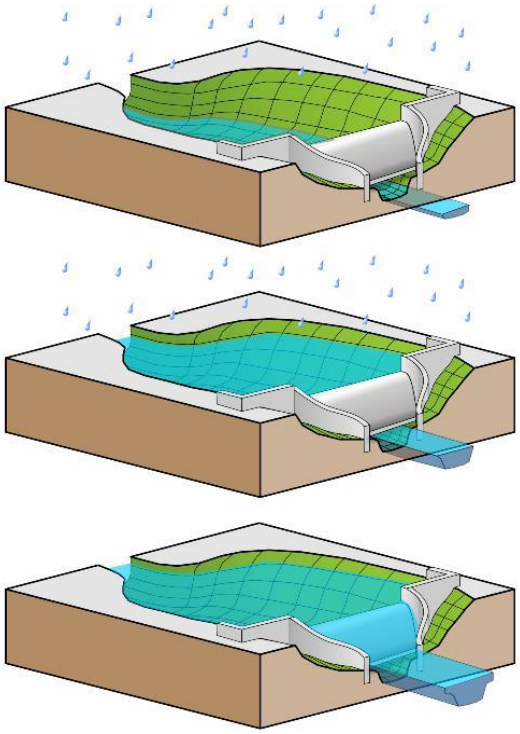
4. Na estimativa de vazões, hidrogramas, capacidade e balanço de armazenamento os locais devem possibilitar implantar bacias capazes de regularizar volumes equivalentes a chuva de projeto com TR = 100 anos;
5. Para fins de cálculo, adota-se os três cenários quanto à densidade de ocupação e área impermeável, optando-se na elaboração de projetos, pelo pior deles (o cenário 3);
6. Adotou-se as vazões efluentes (Qs) de reservatórios equivalentes ao TR = 10 anos, compatível com as estruturas de drenagem de jusante, ou seja, evitando ou minimizando a necessidade de ampliações na rede de águas pluviais, o que seria oneroso.

A partir da análise do relevo, da densidade de ocupação e da hidrografia das bacias urbanas onde ocorrem cheias em Pato Branco, uma seleção prévia, baseada em dados secundários, foram selecionados 17 seções nas sub-bacias em estudo com potencial para implantação de bacias de detenção ou retenção. Ainda com dados secundários (relevo de cartas geográficas), estabeleceu-se as curvas cota-área-volume de cada ponto (vide anexo III), com o objetivo de se verificar a conveniência de cada local, do ponto de vista da otimização de obras (barragens) e investimentos.

Após análise in loco e, levando-se em conta o grau de ocupação de cada local, análise ambiental e relação cota-área-volume, foram selecionadas 3 das 17 seções, uma em cada bacia de montante, que se mostraram os mais favoráveis para a localização das bacias de regulariação, conforme localização na imagem a seguir (vide ANEXO I).

(a) Características das bacias de regularização (barragens)

Funcionamento das bacias de contenção/retenção

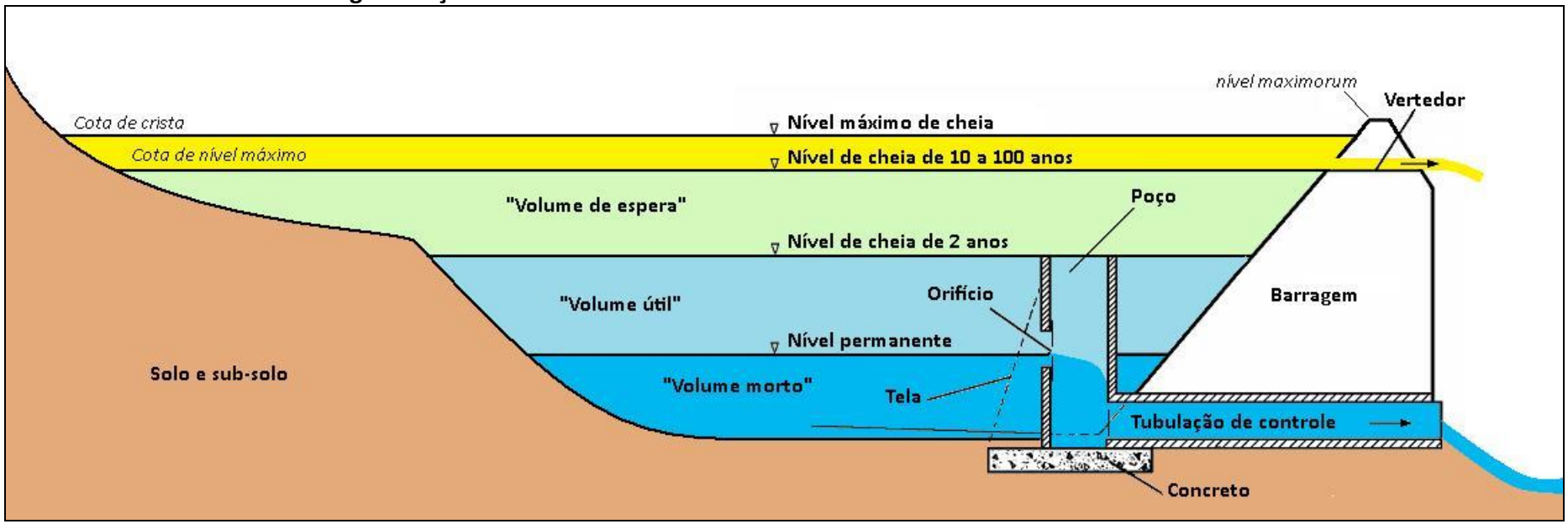


À medida que a vazão (e cota) do curso d'água aumenta (Qa - vazão afluente ao reservatório), num primeiro estágio, até que a vazão (Qs - vazão efluente ou de saída) atinja a cota pré-estabelecida, a água passa livremente pelo canal. Normalmente este canal é dimensionado no leito menor e/ou para vazões cuja chuva de projeto tem TR = 2 anos, próxima da vazão média.

Com o aumento da vazão, a vazão de saída (Qs) da bacia de detenção é limitada, "regulando" assim a vazão efluente e proporcionando um armazenamento. Há uma "quebra" na onda de cheia. O volume armazenado, reduzirá paulatinamente após o início a recessão da vazão, após o momento do pico de cheia.

Para proteção de eventos excepcionais, o vertedouro é implantado. Mesmo que algum excedente de água ultrapasse o nível de vertedouro, o volume de cheia produzido será bastante reduzido, pois o amortecimento da onda de cheia já terá ocorrido.

Características das bacias de regularização de vazões



Adaptado de Collichonn, 2001.

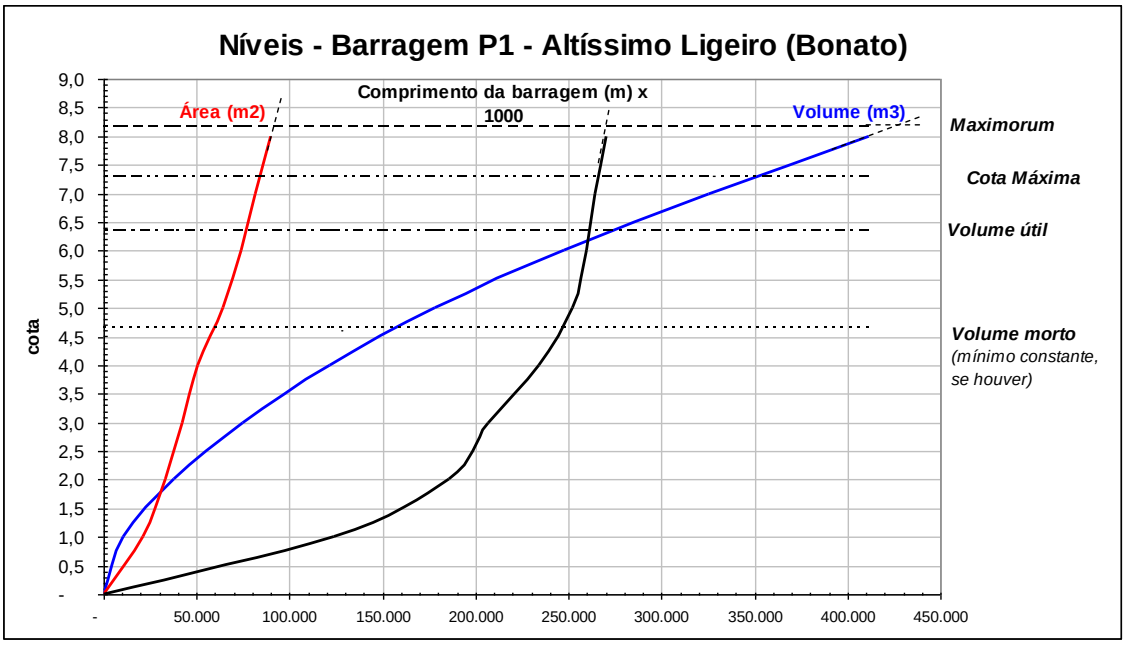
Bacia de retenção:

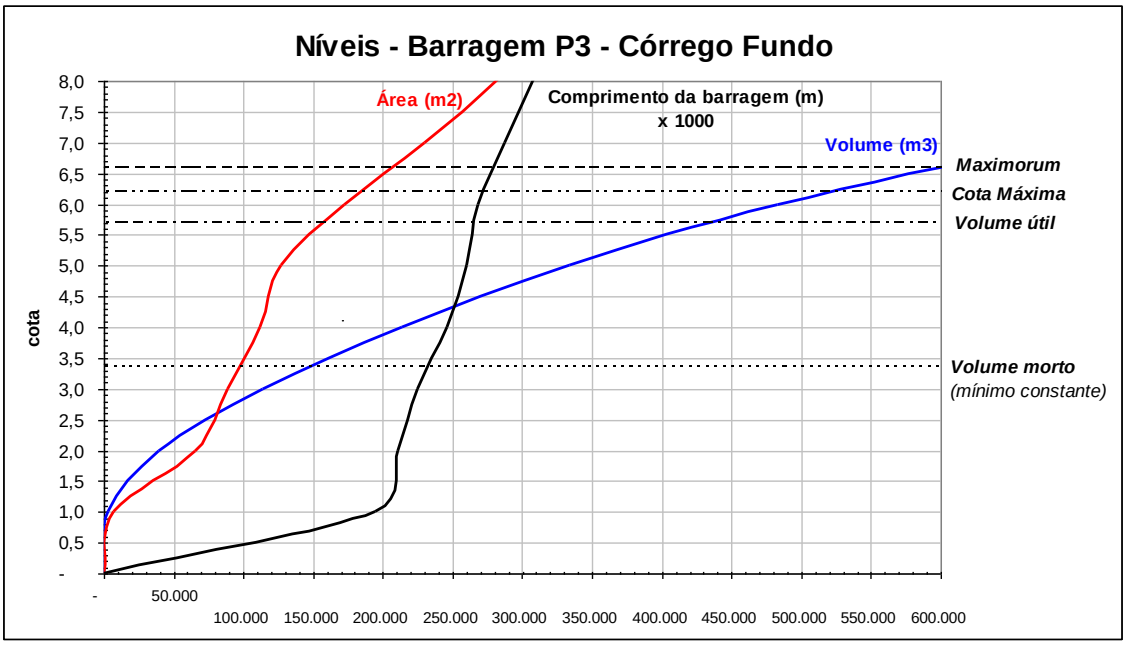
1. Volume morto: visa manter determinada lâmina d'água com fins estéticos e redução da poluição hídrica (não existem em bacia de detenção);
2. Volume útil: destinado às variações mais freqüentes (comuns) das cotas, regularizando as vazões para cotas próximas à média de longo prazo;
3. Volume de espera: destinado a conter cheias maiores que 2 anos e menores que 100 anos de recorrência;
4. Vertedor: destinado ao extravasamento dos excedentes de vazões maiores que 100 anos.

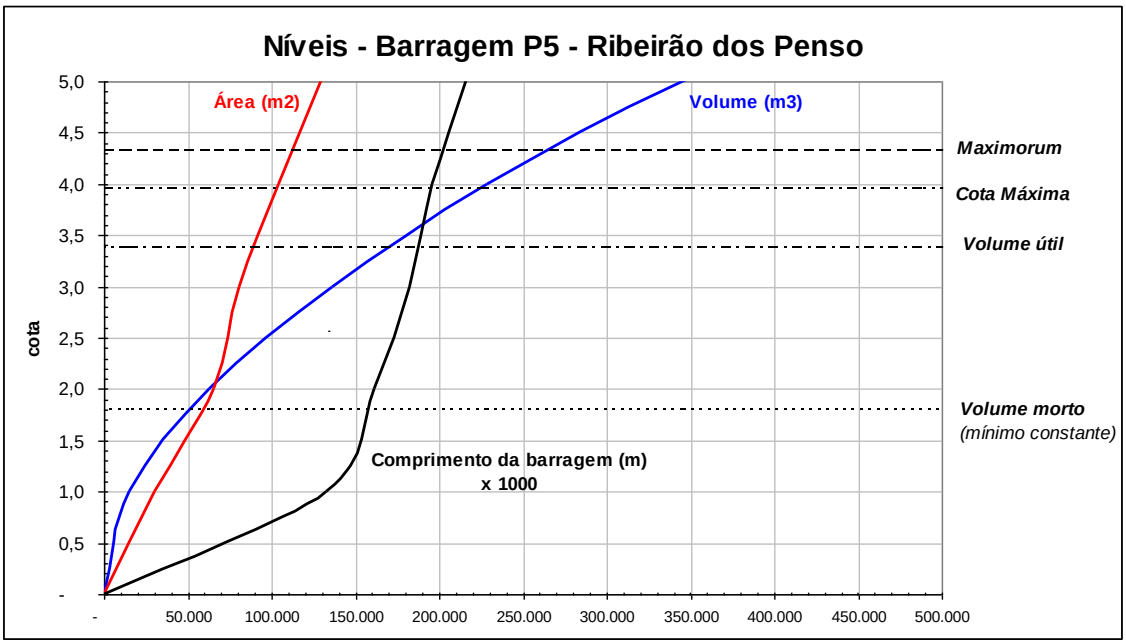
Bacia de detenção: Difere da retenção por não possuir um volume morto (lâmina d'água) e possuir apenas um volume útil de espera, uma vez que o canal é dimensionado para vazões entre a vazão média e a vazão de TR = 10 anos. Entra na bacia uma vazão de TR = 100 anos e sai uma vazão de TR = 10 anos, compatível com a capacidade dos canais a jusante.

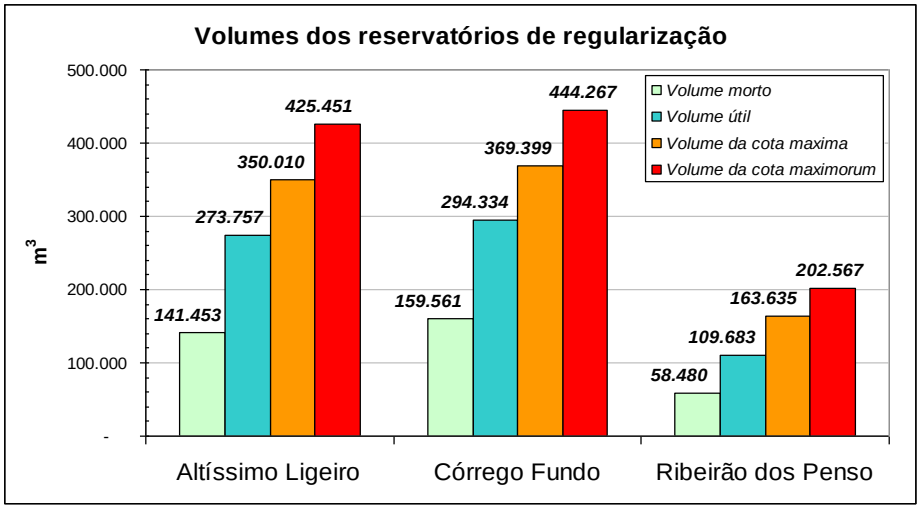
(b) Concepção (parâmetros de projeto) das bacias de regularização

Parâmetros: ▪ Cenário 3 (expansão), ▪ Chuva de projeto TR = 100 anos	Sub-bacia		
	Altíssimo Ligeiro	Córrego Fundo	Ribeirão dos Penso
Cota maximorum (m)	8,19	6,61	4,34
Cota do máxima (TR = 200 anos) (m)	7,31	6,21	3,98
Cota do volume útil (TR=100 anos - vertedouro) (m)	6,38	5,72	3,39
Volume de armazenamento útil (TR = 100 anos) (m^3)	425.451	453.894	168.164
Cota do volume morto (TR = 2 anos – comporta) (m)	4,42	4,82	1,94
Volume morto (TR = 2 anos) (m^3)	141.453	159.561	58.480
Área na Cota maximorum (ha)	9,3	21,0	11,5
Área de volume morto (ha)	Não considerado	9,2	5,5
Vazão de pico afluente (TR = 100 anos) (m^3/s)	73,82	76,50	38,43
Tempo de pico de armazenamento (enchimento) (hs)	2,92	3,10	1,81
Vazão média efluente (TR = 10 anos) (m^3/s)	3,87	3,08	3,39
Tempo total (armazenamento util e esvaziamento) (hs)	22,99	31,30	23,59




Níveis - Barragem P3 - Córrego Fundo
Área (m2)
Comprimento da barragem (m)
x 1000
Volume (m3)
Maximorum
Cota Máxima
Volume útil
Volume morto
(mínimo constante)
cota
8,0
7,5
7,0
6,5
6,0
5,5
5,0
4,5
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
-
50.000
100.000
150.000
200.000
250.000
300.000
350.000
400.000
450.000
500.000
550.000
600.000


Níveis - Barragem P5 - Ribeirão dos Penso
Área (m2)
Volume (m3)
Maximorum
Cota Máxima
Volume útil
Volume morto
(mínimo constante)
Comprimento da barragem (m)
x 1000
cota
5,0
4,5
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
-
50.000
100.000
150.000
200.000
250.000
300.000
350.000
400.000
450.000
500.000


Volumes dos reservatórios de regularização
m3
500.000
400.000
300.000
200.000
100.000
-
Volume morto
Volume útil
Volume da cota maxima
Volume da cota maximorum
141.453
273.757
350.010
425.451
159.561
294.334
369.399
444.267
58.480
109.683
163.635
202.567
Altíssimo Ligeiro
Córrego Fundo
Ribeirão dos Penso

(c) Dinâmica das bacias de regularização

Duração do enchimento dos reservatórios, Tempos de pico de armazenamento e volumes a armazenar, considerando chuva s de projeto com TR = 100 anos:

		Qe (vazão efluente) equivalente aos Tempos de Recorrência da bacia a montante do ponto/seção				
		2	**5**	**10**	**50**	**100**
Altíssimo Ligeiro	**Qe** (vertedouro)**	**1,8**	**2,83**	**3,87**	**6,79**	**8,31**
P1 Cenário 1	D_arm (hs)	51,93	33,06	24,28	14,04	11,56
	Tp_arm (hs)	**4,97**	**4,53**	**4,24**	**3,66**	**3,51**
	V_max_reserv. (m^3)	297.328	280.234	**264.569**	226.776	209.319
	Δ_Volume	**-12%**	**-6%**	**0%**	**14%**	**21%**
P1 Cenário 2	D_arm (hs)	50,22	32,53	23,92	13,63	11,24
	Tp_arm (hs)	**4,19**	**3,83**	**3,59**	**3,11**	**2,99**
	V_max_reserv. (m^3)	292.852	283.144	**270.563**	236.369	221.004
	Δ_Volume	**-8%**	**-5%**	**0%**	**13%**	**18%**
P1 Cenário 3	D_arm (hs)	49,34	31,46	23,06	13,23	10,82
	Tp_arm (hs)	**3,31**	**3,04**	**2,86**	**2,50**	**2,41**
	V_max_reserv. (m^3)	294.437	283.019	**272.282**	245.694	233.277
	Δ_Volume	**-8%**	**-4%**	**0%**	**10%**	**14%**
Córrego Fundo	**Qe (vertedouro)**	**1,96**	**3,08**	**4,21**	**7,38**	**9,04**
P3 Cenário 1	D_arm (hs)	51,93	33,06	24,28	14,04	11,56
	Tp_arm (hs)	**4,97**	**4,53**	**4,24**	**3,66**	**3,51**
	V_max_reserv. (m^3)	297.328	280.234	**264.569**	226.776	209.319
	Δ_Volume	**-12%**	**-6%**	**0%**	**14%**	**21%**
P3 Cenário 2	D_arm (hs)	50,22	32,53	23,92	13,63	11,24
	Tp_arm (hs)	**4,19**	**3,83**	**3,59**	**3,11**	**2,99**
	V_max_reserv. (m^3)	292.852	283.144	**270.563**	236.369	221.004
	Δ_Volume	**-8%**	**-5%**	**0%**	**13%**	**18%**
P3 Cenário 3	D_arm (hs)	49,34	31,46	23,06	13,23	10,82
	Tp_arm (hs)	**3,31**	**3,04**	**2,86**	**2,50**	**2,41**
	V_max_reserv. (m^3)	294.437	283.019	**272.282**	245.694	233.277
	Δ_Volume	**-8%**	**-4%**	**0%**	**10%**	**14%**
Ribeirão dos Penso	**Qe (vertedouro)**	**1,04**	**1,64**	**2,24**	**3,94**	**4,82**
P5 Cenário 1	D_arm (hs)	35,57	22,65	16,70	9,84	8,01
	Tp_arm (hs)	3,77	3,43	3,20	2,75	2,52
	V_max_reserv. (m^3)	116.511	108.962	**102.217**	86.406	78.706
	Δ_Volume	**-14%**	**-7%**	**0%**	**15%**	**23%**
P5 Cenário 2	D_arm (hs)	35,72	22,72	16,74	9,63	8,14
	Tp_arm (hs)	3,27	2,99	2,71	2,34	2,24
	V_max_reserv. (m^3)	119.731	113.262	**107.321**	93.004	88.514
	Δ_Volume	**-12%**	**-6%**	**0%**	**13%**	**18%**
P5 Cenário 3	D_arm (hs)	34,67	22,02	16,15	9,30	7,62
	Tp_arm (hs)	2,59	2,31	2,17	1,89	1,82
	V_max_reserv. (m^3)	118.919	113.810	**109.091**	97.434	91.991
	Δ_Volume	**-9%**	**-4%**	**0%**	**11%**	**16%**

*Observações:

Qe = vazão efluente ou de saída;

D_arm = duração do armazenamento;

Tp_max = tempo para atingir o pico de armazenamento;

V_max_reserv. = Volume máximo do reservatório (para eventos que geram vazões de TR = 100 anos).

Δ_Volume = comparação relativa entre volumes gerados a partir de vazões de eventos de TR de 2 a 100 anos, comparados com volumes gerados a partir de vazões de eventos com TR = 10 anos.

As vazões de saída devem ser compatíveis com a capacidade de drenagem da rede a jusante. É recomendável que a rede tenha capacidade para vazões de projeto equivalentes ao TR = 10 anos.

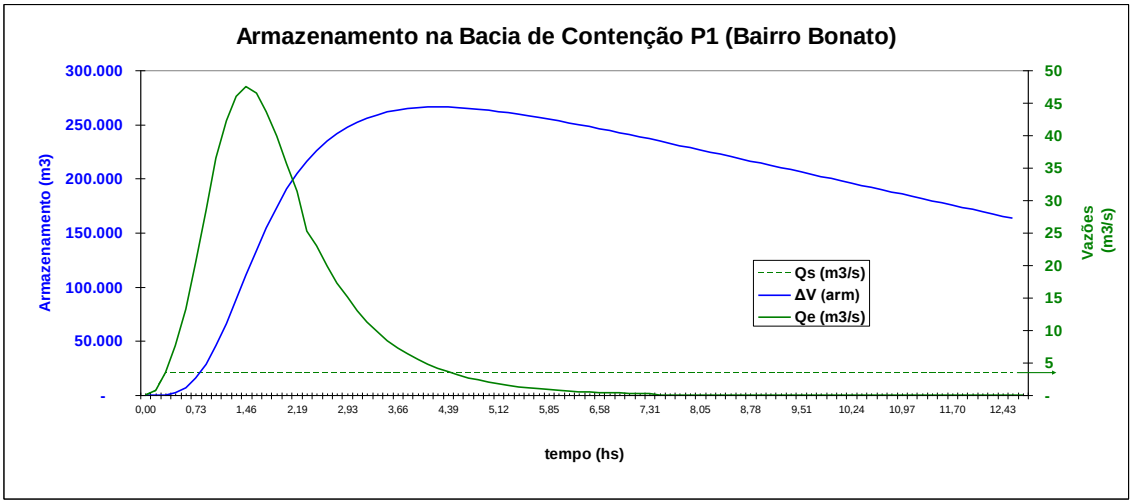
É salutar que as vazões de saída dos reservatórios (bacias de contenção), sejam compatíveis à capacidade da rede hidráulica (rede de águas pluviais). Vazões efluentes menores, significam maior volume de armazenamento e maior tempo para que os reservatórios retornem à conta normal de operação (esvaziamento), e vazões efluentes maiores, resultam em tempos menores de esvaziamento e requerem menor volume de armazenamento. Daí a importância do dimensionamento e operação do reservatório.

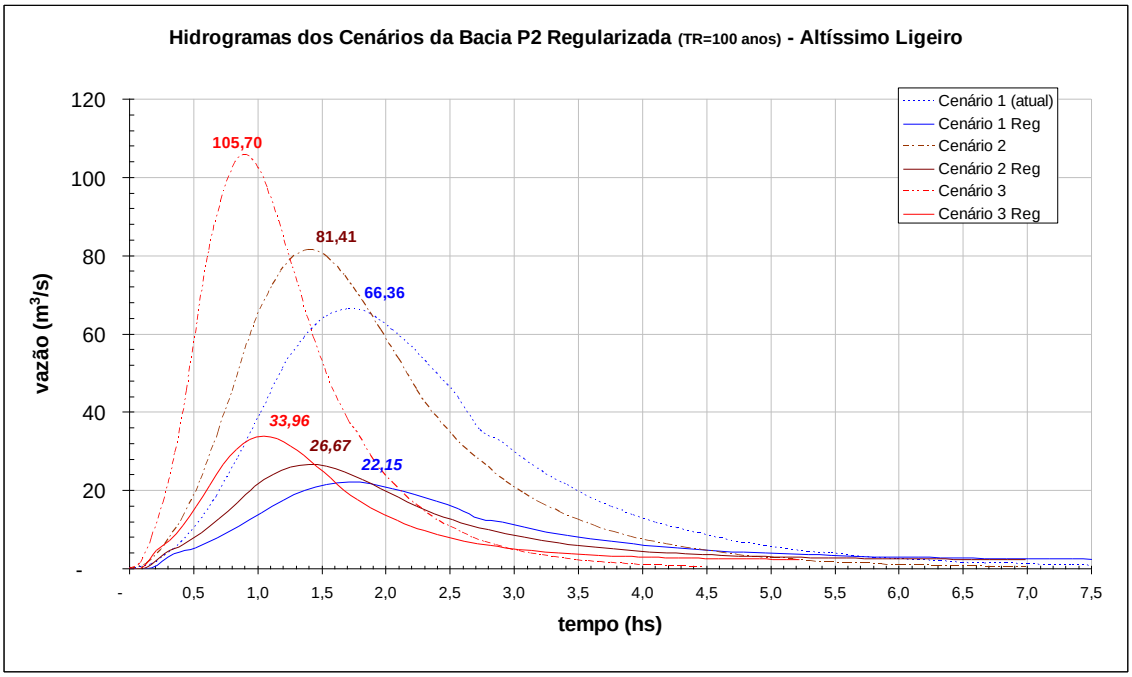
Assim, é recomendável que se utilize a vazão efluente equivalente à vazão da bacia com TR = 10 anos. Nesta vazão, tanto o volume a armazenar nos reservatórios quanto o tempo de esvaziamento são razoáveis (menos 24 hs). Além disto, a comporta a ser instalada, deverá ter flexibilidade operacional para vazões decorrentes de eventos de magnitude de TR entre 2 e 20 anos.

(d) Eficiência das bacias na regularização

Os gráficos abaixo demonstram armazenamento nas bacias regularizadas (de contenção na P1 e P5 e de retenção na P3) e os respectivos hidrogramas, demonstram os efeitos da retenção na vazão de cada bacia a jusante. Todas considerando o cenário 3, de aumento populacional, com expansão da ocupação urbana, aumento da densificação e da impermeabilização .

- **Regularização do Altíssimo Rio Ligeiro (P2)**



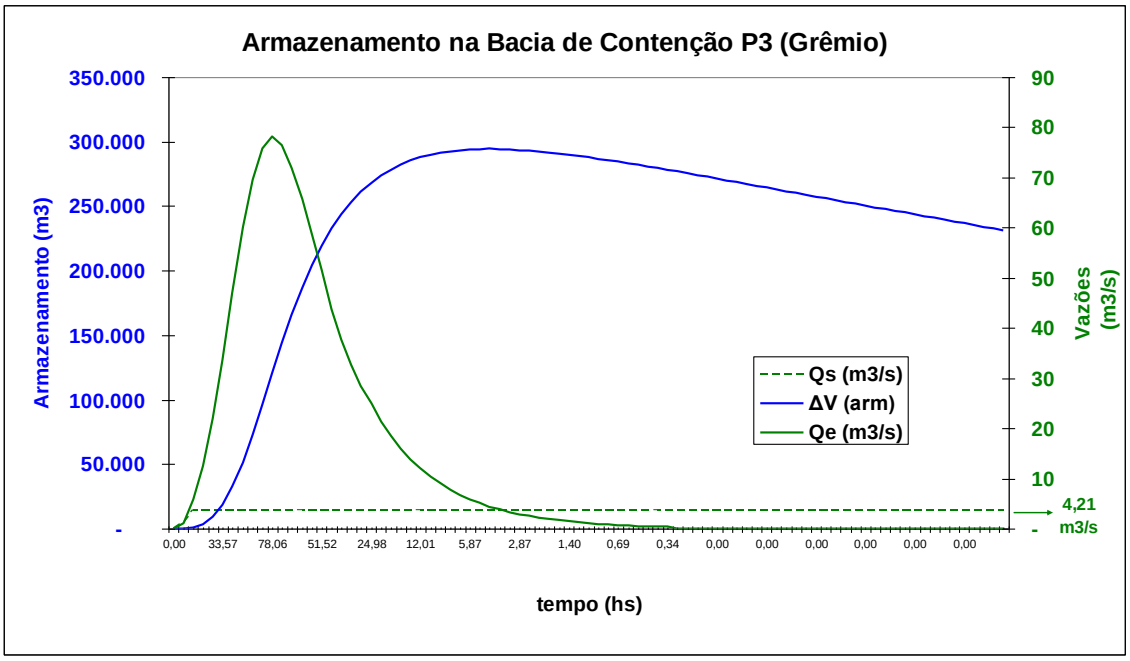


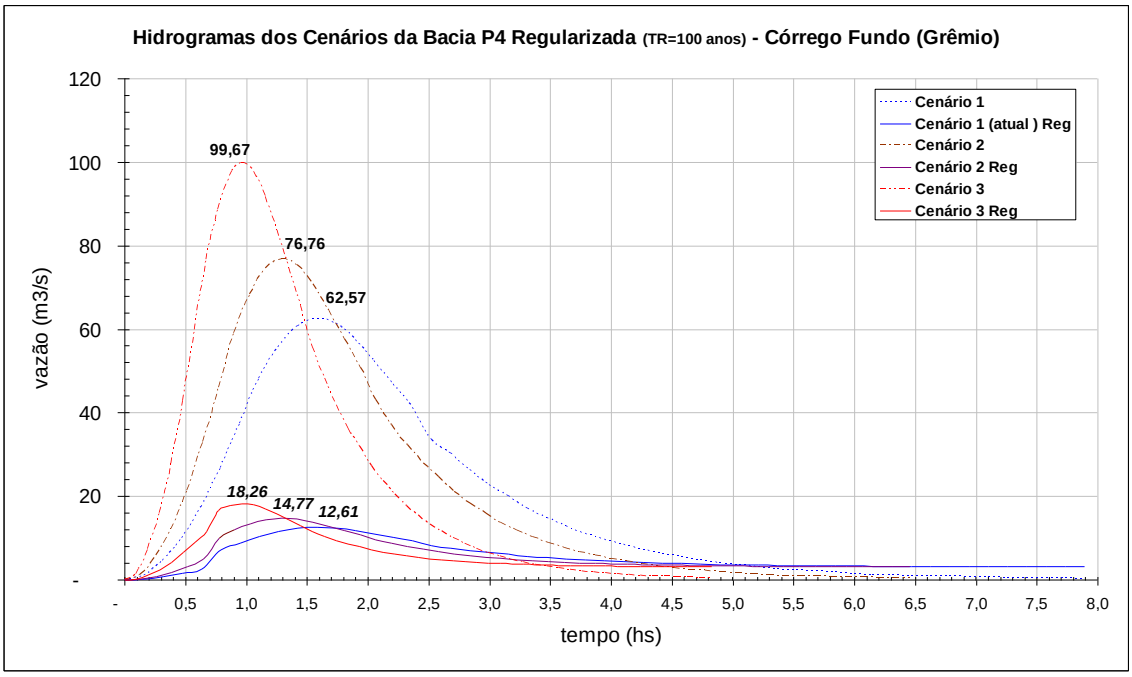
Como pode-se observar, o volume das cheias produzidas armazenado e com vazão controlada na bacia P1 (bairro Bonato), produz redução das vazões de pico de cheia (67%) e ampliam de os tempos de pico (+10%), como pode ser observada no quadro a seguir:

P2 (AL)	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
Tempo de pico – Tp s/reg (hs)	1,71	1,40	1,04
Tempo de pico – Tp c/reg (hs)	1,88	1,54	1,15
Vazão de pico – Qp s/reg (m^3/s)	66,36	81,41	105,70
Vazão de pico – Qp c/reg (m^3/s)	22,15	26,67	33,96
Eficiência	67%	67%	68%
Vazão de saída – Qs (m^3/s)	2,24	2,24	2,24
Volume máximo armazenado	266.065	272.034	273.757

O ponto P2 demarca a bacia à montante do início da canalização (galeria) do rio Ligeiro. A redução de 67% da vazão significa a mesma redução da cota na galeria, tem seção retangular (de dimensões 6,00 m x 3,55 m). Em que pese a presença de estruturas que reduzem a área da seção e acúmulo de detritos e resíduos, uma redução nesta proporção amplia sensivelmente a capacidade da galeria.

- **Regularização do Córrego Fundo (P4)**





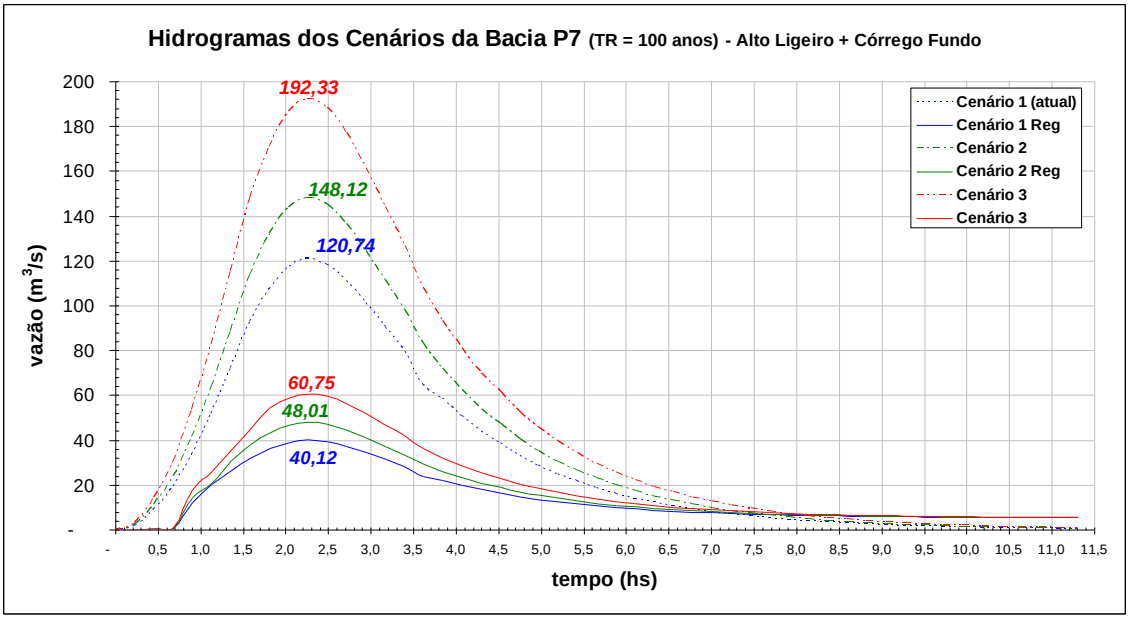
O reservatório de regularização do córrego fundo tem maior eficiência que os outros reservatórios, em função da forma da bacia, declividade e posição mais favorável que foi locada a bacia. A eficiência é maior que 80%, para chuvas de projeto de TR = 100 anos, aumento populacional e impermeabilização de 95% da população atual.

Ainda as condições locais desta bacia permitem a manutenção de um volume morto, afim de promover o uso múltiplo do reservatório, especialmente para lazer (parque no entorno) e uso municipal de água em períodos de estiagem.

P4 (CF)	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
Tempo de pico – Tp s/reg (hs)	1,58	1,29	0,96
Tempo de pico – Tp c/reg (hs)	1,74	1,42	1,06
Vazão de pico – Qp s/reg (m^3/s)	62,57	76,76	99,67
Vazão de pico – Qp c/reg (m^3/s)	12,61	14,77	18,26
Eficiência	80%	81%	82%
Vazão de saída – Qs (m^3/s)	3,08	3,08	3,08
Volume máximo armazenado	277465	290557	294334

- **Regularização do Alto Ligeiro e Córrego Fundo (P7)**

O efeito acumulado das bacias P2 – Altíssimo Ligeiro regularizada e P4 – Córrego Fundo, produzem uma eficiência de 67% a 75%, como pode ser observado no gráfico, hidrogramas e tabela a seguir, referente à bacia P7 - Alto Ligeiro (imediatamente após a foz do Córrego Fundo.

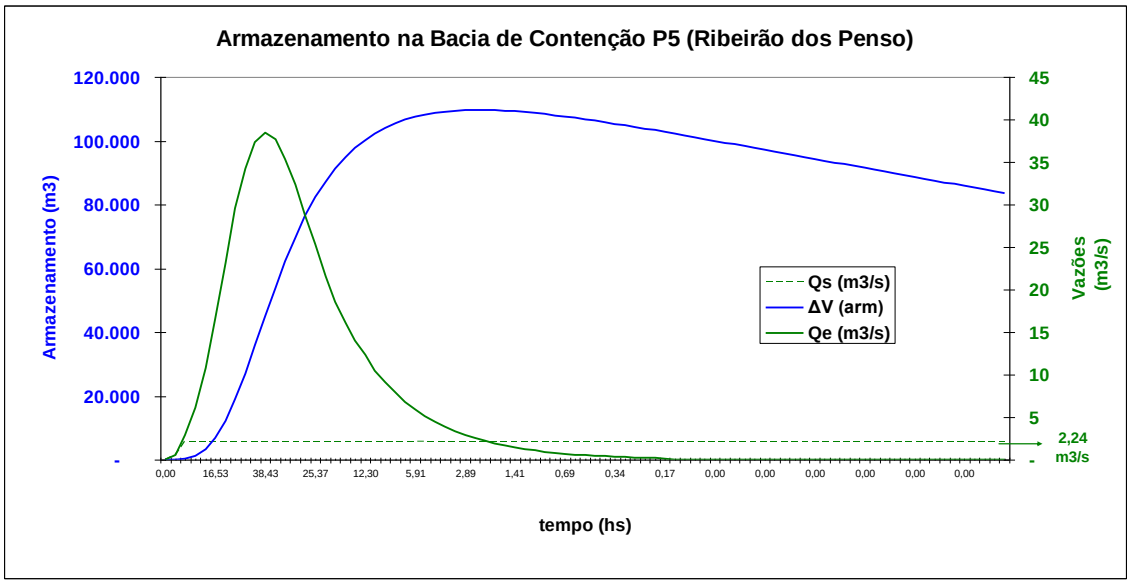


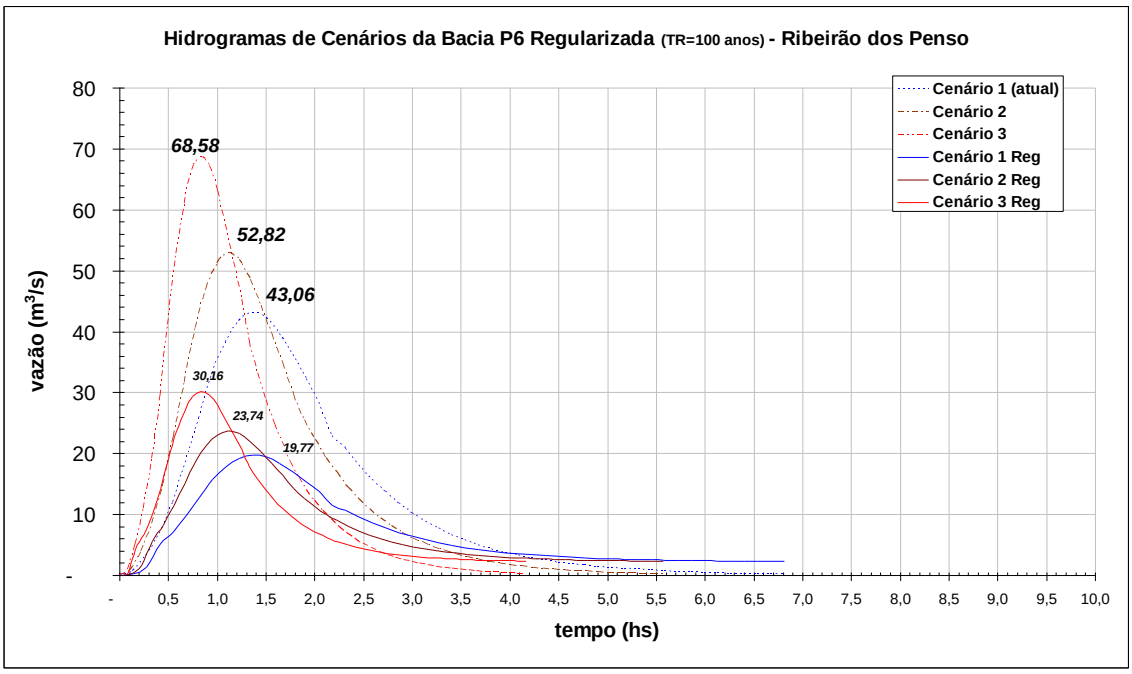
P7 (Rio Ligeiro)	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
Tempo de pico – Tp s/reg (hs)	2,26	2,26	2,26
Tempo de pico – Tp c/reg (hs)	2,49	2,49	2,49
Vazão de pico – Qp s/reg (m^3/s)	120,74	148,12	192,33
Vazão de pico – Qp c/reg (m^3/s)	40,12	48,01	48,01
Eficiência	67%	68%	75%

- **Regularização do Ribeirão dos Penso (P6)**

O Ribeirão dos Penso, dentro dos mesmos critérios de chuva de projeto (TR = 100 anos) e de vazão de saída (ou efluente = 2,24 m3/s), apresenta eficiência média de 55%.

Esta bacia poderá suportar volume morto, caso seja definido uso múltiplo das águas, uma vez que este volume não implica em acréscimo significativo na obra da barragem (acréscimo menor que 1 metro).



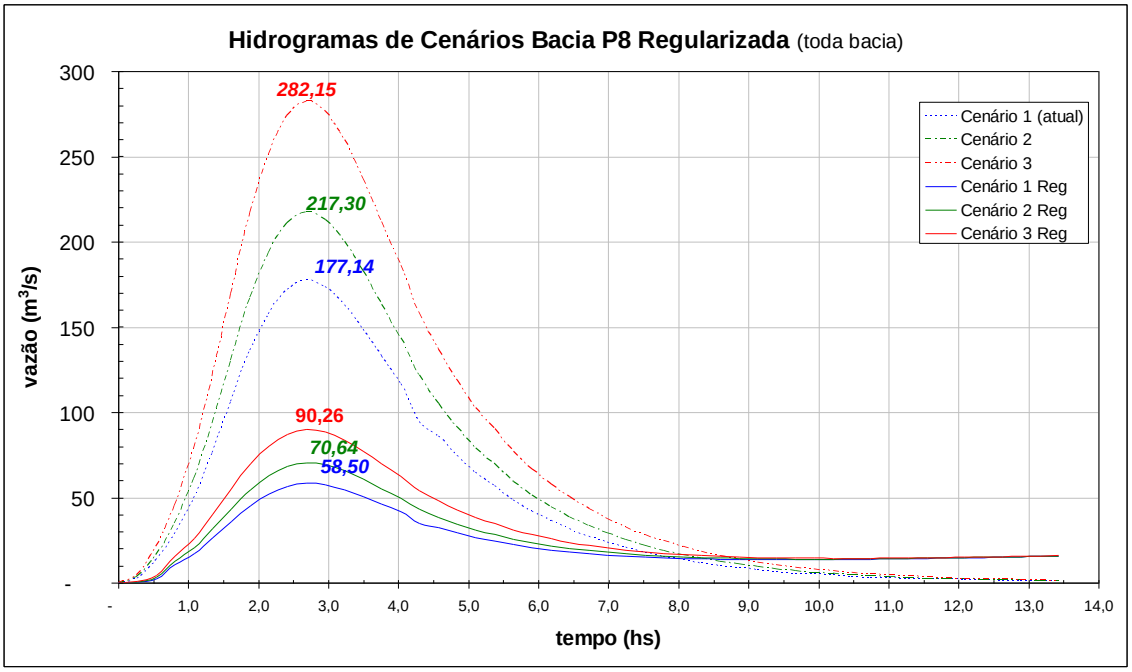


P6 (Ribeirão dos Penso)	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
Tempo de pico – Tp s/reg (hs)	1,36	1,11	0,83
Tempo de pico – Tp c/reg (hs)	1,50	1,23	0,92
Vazão de pico – Qp s/reg (m^3/s)	43,06	52,82	68,58
Vazão de pico – Qp c/reg (m^3/s)	19,77	23,74	30,16
Eficiência	54%	55%	56%
Vazão de saída – Qs (m^3/s)	2,24	2,24	2,24
Volume máximo armazenado	102.794	107.918	109.683

A menor eficiência da regularização da bacia do Ribeirão dos Penso, entre 54% e 56%, deve-se à posição da bacia de contenção na bacia.

- **Regularização do Alto Ligeiro (P8)**

O efeito cumulativo das três bacias regularizadas, no ponto imediatamente após a foz do Ribeirão penso, produz uma eficiência no Rio Ligeiro, em torno de 67%, conforme pode ser observado a seguir.



P8 (Rio Ligeiro)	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
Tempo de pico – Tp s/reg (hs)	2,69	2,69	2,69
Tempo de pico – Tp c/reg (hs)	2,95	2,95	2,95
Vazão de pico – Qp s/reg (m^3/s)	177,14	217,30	282,15
Vazão de pico – Qp c/reg (m^3/s)	58,50	70,64	90,26
Eficiência	67%	67%	68%

Como pode-se observar, há uma expressiva redução nas vazões na macrodrenagem, especialmente na galeria do rio Ligeiro, cuja seção retangular permite estabelecer uma relação direta com a cota de cheia.

Vencida a etapa de reduzir os riscos via macrodrenagem, resta aumentar a segurança através de medidas estruturais de microdrenagem e de controle na fonte, além das medidas não estruturais, especialmente o zoneamento (fundos de vale), abordados e concluídos também no próximo relatório.

CONTEÚDO DOS PRÓXIMOS RELATÓRIOS:

Relatório 02:

IV (continuação)
IV.2.2 As medidas estruturais de microdrenagem
IV.2.3 As medidas de controle na fonte
IV.2.4 Dispositivos de redução do escoamento superficial *e dimensionamento*
IV.2.4.1 Infiltração e percolação
IV.2.4.2 Armazenamento

V Medidas não estruturais
V.1 Zoneamento das áreas de risco
V.2 Educação ambiental
V.3 Sistema de alerta às cheias
V.4 Controle e fiscalização ambiental

VI Viabilidade (avaliação econômica das alternativas e custos de operação),

VII Produtos:
VII.1 Plano de controle de cheias e Planejamento das ações,
VII.2 Legislação e regulamentação (sugestão)
VII.3 Instrumentos e mecanismos financeiros e econômicos para viabilizar as medidas,

VIII Monitoramento

IX Relatório da audiência pública

X Recomendações para intervenções

Relatório 03

- Plano de Controle de Cheias (final)
- Manual de Drenagem Urbana
- Levantamentos Planialtimétricos

CONSIDERAÇÕES FINAIS (do relatório)

Tendo em vista a necessidade de análise e discussão dos resultados, informamos que a continuidade ocorrerá a partir da audi6encia pública que ocorrerá da 22/09/2010. Até esta data, sugerimos que seja realizada pelo menos 01 reunião com o corpo técnico da prefeitura, afim de discutir os critérios adotados e definir as diretrizes definitivas para o Plano.

Sugerimos os seguintes aspectos:
- os cenários e áreas de impermeabilização;
- a concordância com a estratégia e as medidas propostas;
- definição das medidas estruturais e áreas para levantamento planialtimétrico;

Sendo o que tínhamos para o momento, subscrevemo-nos em Pato Branco, 02 de setembro de 2010.

Ricardo Germano Kürten Ihlenfeld
Iguassu Consultoria Ambiental Ltda

Plano Diretor de Controle de Cheias das bacias do Alto Ligeiro, Riacho Fundo e Ribeirão dos Penso, em Pato Branco

Contrato n.° 1.796/2010 – Convite n.° 10/2010

Relatório parcial 02/03

Elaboração:
Iguassu Consultoria Ambiental Ltda

Pato Branco, novembro de 2010

Informações gerais:

Institucionais e cadastrais:

Detentora: Prefeitura Municipal de Pato Branco
CNPJ: 76.995.448/0001-54
Rua Caramuru, 271
CEP85.501-060
Prefeito Municipal: Roberto Viganó

Elaboração: Iguassu Consultoria Ambiental Ltda
CNPJ: 09.477.631/0001-70
CREA/PR: 47.395
Rua Tocantins, 2084 - Centro
CEP 85.5010-010 – Pato Branco - PR
Fone (46) 9911-1107
iguassu_ambiental@terra.com.br
Representante legal e responsável técnico:
Ricardo Germano Kürten Ihlenfeld
CREA/PR 16.760-D

SUMÁRIO

Pág.

IV. Medidas Estruturais (continuação) 01
IV.2.1.2 Aspectos construtivos das bacias de retenção 01
IV.2.2 Aspectos climáticos e níveis de segurança 02
IV.3 **As medidas estruturais de microdrenagem e controle na fonte** 04
IV.3.1 Intervenções na microdrenagem 07
Amortecimento das vazões na microdrenagem 09
IV.3.2 As medidas de controle na fonte 10
IV.3.2.1 Infiltração e percolação 13
IV.3.3.2 Alternativas recomendadas para o controle na fonte 16
IV.4 Dispositivos de redução do escoamento superficial e dimensionamento 17
V.4.1 Dispositivos de controle na fonte e na microdrenagem (quadro, fotos e figuras) 17
IV.4.2 Dimensionamento de caixas de retenção na fonte ou em vias públicas 29
IV.5 Aspectos construtivos para novo padrão climático 34

V. Medidas não estruturais 35
V.1 Zoneamento das áreas de risco 35
V.2 Educação ambiental 37
V.3 Monitoramento e Sistema de alerta às cheias 38
V.3.1 Previsões de curto prazo e modelagem 40
V.3.2 Rompimento de barragens 41
V.4. Controle e fiscalização ambiental 44
Destinação adequada de resíduos e entulhos 45

VI. **Viabilidade** (avaliação econômica das alternativas e custos de operação)..... 45
VI.1 Custos das medidas não estruturais 49
VI.2 Instrumentos e mecanismos financeiros e econômicos para viabilizar as medidas 50

VII. Legislação e regulamentação 50

VIII. Relatório da audiência pública 51

IX. Recomendações para intervenções 51

X. Síntese das estratégias propostas 52

(a itemização deste segue a do relatório anterior)

IV.2.1.2 - **Aspectos construtivos das bacias de retenção**

Destacamos que nesta fase de Planejamento do controle das cheias, os cálculos são elaborados com enfoque pré-projeto. Desta forma na etapa seguinte, de projeto das bacias de contenção, todos os cálculos devem ser revistos, utilizando inclusive mais de um para a tomada de decisão sobre os parâmetros construtivos. Em se tratando de bacias com mais de 2 km^2, podem ser utilizados ainda os métodos hidrológicos simplificados que permitem estimar o volume da bacia de retenção, dos quais se destacam os seguintes (Lima, et.Al., 2006):

(a) Método HTS - hidrograma triangular simplificado (FHWA, 1999; CGSD, 2000 e GDOE, 2001);
(b) Método de regressão de Pagan (VDOT, 2001);
(c) Método da duração crítica do acontecimento de precipitação (MGONDC, 1988);
(d) Método de Debo e Reese, (1995), baseado no método racional modificado;
(e) Método de regressão proposto por Wycoff & Singh (1976).

Destes, o método de *Debo e Reese* tende a subestimar volumes e o método de *Pagan* a superestimar. Os métodos de regressão podem, em alguns casos, apresentar discrepâncias, assim, os métodos numéricos são mais confiáveis.

Lima et. al. (2006), salientam os seguintes aspectos que devem ser levados em consideração no dimensionamento da bacia de retenção:

(i) Os taludes protegidos com vegetação devem ter um declive $\leq$ 33% (3H:1V) e uma altura não superior a 6 metros. Caso os taludes tenham uma proteção de enroncamento, o declive pode ir até 50% (2H:1V). A avaliação da estabilidade geotécnica do talude deve ser considerada para a situação de talude com altura superior a 3 metros, como apresentado em Sandvik e Sowers (1970) e Spangler e Handy (1982).

(ii) Situações que requerem elevado grau de segurança, onde não é viável a colocação de barreiras laterais de proteção, deve atribuir-se aos taludes laterais um declive não superior a 4H:1V (VDOT, 2001). Ainda de acordo com a mesma referência, o declive de fundo das bacias de retenção seca deve situar-se entre 0.5 e 2%.

(iii) Deve considerar-se uma folga que é, geralmente, de 0.30 metros acima do nível obtido para o período de retorno de 100 anos.

(iv) Quando a bacia de retenção possui um volume permanente de água, a sua profundidade é determinada pelas condições locais, constrangimentos de dimensionamento e necessidades ambientais. É necessário assegurar uma profundidade que não provoque o desenvolvimento de condições anaeróbias (CGSD, 2000);

(v) A bacia de retenção deve ser dimensionada com capacidade para armazenar, no mínimo, o escoamento referente ao período de retorno de 10 anos (NRCS,

1999 e VDOT, 2001). Contudo essa situação deve ser analisada em função do risco associado ao projeto, i.e., o grau de exigência de proteção face à sensibilidade do meio receptor de jusante. A erodibilidade da área em que se enquadra a bacia de retenção é também outro fator que se deve ter em consideração, visto que uma afluência excessiva de sedimentos pode comprometer a capacidade de armazenamento da bacia.

(vi) Devem-se adaptar descarregadores de superfície com largura da crista superior à profundidade, de modo a reduzir a velocidade do escoamento, na secção de saída da bacia de retenção, evitando-se problemas de erosão e degradação do meio receptor.

Outros aspectos que devem ser considerados antes da instalação e definição da profundidade da bacia de retenção, são:

a) A avaliação do nível de cheia.
b) Segurança pública.
c) Disponibilidade de espaço físico.
d) Valor da terra.
e) Ocupação e uso presente e futuro dos terrenos.
f) Flutuações do nível freático.
g) Características do solo.
h) Necessidades e facilidades de manutenção.
i) Aspectos estéticos relativos à integração na paisagem.

Na seleção dos pontos propostos para a implantação das bacias de retenção, estes aspectos foram considerados. Ressaltamos atenção no aspecto da segurança, ou risco, que depende dos aspectos construtivos (projeto e execução) e da operação dos reservatórios.

IV.2.2 Aspectos climáticos e níveis de segurança.

Embora já comentado, há que se destacar que além da ocupação urbana que fragiliza o ambiente e amplia os escoamentos e agrava o problema das cheias à medida que reduz a permeabilidade e aumenta as velocidades de escoamento, estamos diante de um novo paradigma: as alterações climáticas, causadas pelo aquecimento global.

Com o aquecimento da atmosfera, os processos de evaporação da água são acelerados. A atmosfera fica saturada rapidamente e, associada aos ventos, há tendência de aumento do volume e intensidade das chuvas. Eventos recentes inferem um aumento da freqüência e intensidade de eventos intensos. Como os dados, além de escassos, são consistidos de séries históricas curtas, há incerteza estatística na previsão das tendências de eventos intensos ou extremos. Há, portanto, uma tendência de que o padrão de chuvas (e cheias) tenda a se conformar em eventos mais intensos, independente dos aspectos relacionados à urbanização, controlada ou não.

Neste quadro, é recomendável que se ampliem os critérios de segurança no dimensionamento das medidas, tanto estruturais quanto não estruturais. Ou seja: diante de uma nova realidade, para se obter margens de risco menores, é recomendável o aumento no rigor das metas a serem alcançadas no controle da água, seja no dimensionamento de estruturas (que devem ser ampliadas e regularizadas) seja na mudança de comportamento da população e no rigor da fiscalização.

No dimensionamento das bacias de regularização de macrodrenagem (bacias de retenção), mantém-se o critério para dimensionamento em função de eventos com temo de recorrência de 200 anos (volume de 14% a mais que eventos de 100 anos). Tendo que a segurança para atingir eventos previsíveis de 500 anos representa um volume de 36% maior que o TR de 100 anos, adota-se este volume adicional como referência mínima de contenção na fonte e na microdrenagem.

O volume de chuvas com tempo de recorrência de 2 anos representa 44% do volume da chuva de 100 anos e o volume do TR de 5 anos corresponde a 54% daquele volume. Assim, as metas de controle através das medidas a serem adotadas ao longo da microdrenagem e de controle na fonte devem corresponder a volumes de, no mínimo 44% do volume ou vazão da chuva de TR = 100 anos.

A vazão mínima efluente de referência e o volume de armazenamento a ser contido na microdrenagem e na fonte é a vazão de pré-desenvolvimento (vazão natural antes da urbanização)., calculada com base em métodos empíricos e na chuva de projeto de 10 anos. Como nem todas as áreas dentro do perímetro urbano serão contidas na fonte ou na microdrenagem, é de se esperar que a meta anteriormente definida (contenção da Chuva de TR = 5 anos), seja atingida.

Quanto aos extravasores (vertedouros), é necessário observar a precipitação máxima provável (PMP). Esta precipitação total projeta diferentes precipitações efetivas e vazões máximas em função dos cenários adotados (CEN). Em Pato Branco, a PMP apresentou os valores contidos no quadro a seguir. São decorrentes da precipitação máxima de 24 hs observada[1] na estação 02652013, em 01/06/1983.

		Altíssimo Ligeiro		Córrego Fundo		Ribeirão dos Penso		Alto Ligeiro	
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Prec. Efetiva (mm)		304,5	303,43	313,81	314,08	309,43	312,12	310,31	311,30
Vazões Máximas (m^3/s)	CEN1	294,17	332,29	307,71	357,81	179,85	239,06	528,46	695,40
	CEN2	329,99	420,31	345,18	383,64	227,49	302,38	668,45	879,61
	CEN3	490,15	624,30	512,71	569,83	337,91	449,14	992,88	1.306,52
Área (km^2)		7,98	11,38	8,36	9,48	4,55	6,78	21,56	31,92

[1] Multiplicada por 1,2.

IV.3 As medidas estruturais de microdrenagem e controle na fonte

As intervenções de macrodrenagem propostas visam regularizar grandes volumes nos cursos d'água e visam resolver parte do problema. Há necessidade de controlar as águas na microdrenagem e na fonte (lotes, loteamentos e vias públicas).

A microdrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais de um loteamento ou de rede primária urbana, inclusive de dispositivos de drenagem superficial que conduzem as águas até a macrodrenagem. Alterações na rede de microdrenagem, em uma cidade, são realizadas paulatinamente, ao devido aos elevados custos. É através do planejamento urbano e o estabelecimento de critérios técnicos para sua realização ao longo do tempo que a adequação é realizada num horizonte de 20, 30 ou mais anos.

No dimensionamento, tanto de redes existentes quanto novas áreas urbanizadas, devem-se adotar:

- A subdivisão das bacias urbanas e definir os traçados compatíveis com toda a rede;
- A correta determinação de vazões que afluem à rede de condutos;
- O correto dimensionamento dos condutos, prevendo detenções e processos de desgaste.

A recomendação é que a subdivisão das bacias urbanas seja realizada em áreas menores que 2 km^2 (200 ha) e que o método utilizado seja o Método Racional, expresso pela fórmula:

$$Qp = 0.275 \times C \times I \times A$$

Onde: Qp= vazão de pico (m^3/s); I= intensidade média da chuva (mm/hora), determinada a partir de uma relação IDF para D= Tc e F= 1/T (critério de projeto); C= coeficiente de escoamento superficial direto (adimensional) ou *run-off*, função da ocupação do solo (tabelas) e A= área da bacia em km^2. O fator C é tabelado conforme tabela abaixo:

Valores do coeficiente de escoamento superficial direto adotados pela Prefeitura do Municipio de São Paulo (P.S. Wilken, 1978).

ZONAS	*C*
Edificação muito densa: Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 - 0,95
Edificação não muito densa: Partes adjacente ao centro, de menos densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 - 0,70
Edificações com poucas superfícies livres: Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 - 0,60
Edificações com muitas superfícies livres: Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 - 0,50
Subúrbios com alguma edificação: Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção	0,10 - 0,25
Matas, parques e campos de esporte: Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação	0,05 - 0,20

Podem ser adotados métodos empíricos para estimar C, como a fórmula de Honner:

$$C=0,364 \log t + 0,0042 p - 0,145$$

Onde: t = tempo de duração da chuva e p = taxa de impermeabilização do solo.

É recomendável adotar os tempos de duração coincidentes com os utilizados no dimensionamento das bacias de contenção, uma vez que são escolhidas chuvas de mesma magnitude (TR= 100 e 200 anos), utilizando-se a curva IDF para Pato Branco. Lembramos que adota-se o Tc (tempo de concentração) igual à duração da chuva de projeto (d), e o cálculo pela fórmula de Kirpish[2].

Em se tratando de microdrenagem, são recomendados os seguintes tempos de retorno:

Tipo de Obra	Tipo de ocupação da área	Período de retorno
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviço público	5
	Aeroportos	2-5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10

Estes métodos fornecem parâmetros das estruturas de microdrenagem, matéria de competência dos projetistas da engenharia civil que, no detalhamento, realizam o dimensionamento necessário e adequado. Nosso foco é o dimensionamento prévio de armazenamento e controle das vazões excedentes às de cheias, complementares às bacias de contenção (macrodrenagem) e adequação de vazões à rede de microdrenagem existente com capacidade superada.

Observa-se que é comum que o cálculo do tempo de concentração varia de método para método adotado, cuja escolha criteriosa é fundamental a fim de evitar transbordamentos na rede (que ocorre quando se superestima o tempo de concentração). Para a macrodrenagem, nas condições brasileiras, o método de Kirpish tem se mostrado satisfatório, porém, em microdrenagem é adotado o método ou fórmula racional para o dimensionamento de redes de águas pluviais, que admite coeficiente de deflúvio em função do tipo de uso ou permeabilidade do solo.

Em todos os escoamentos é necessário observar número de Froude, que deve ficar abaixo do valor 1,0 (um). Acima deste valor caracteriza-se o escoamento supercrítico, que causa desgastes nas estruturas, resultantes da combinação das declividades naturais dos talvegues com a diminuição da rugosidade, inerente ao revestimento (normalmente de concreto), e velocidades de escoamento. Na maioria dos casos, o escoamento passa a ser supercrítico, quando se considera a tendência limite de regime

[2] No estado de SP, são utilizadas também outras fórmulas, como a de Kerby e George Ribeiro.

uniforme. Porém, aos serem incorporadas as singularidades das curvas e seções de controle hidráulico, ou mesmo procedendo-se a uma análise de sensibilidade do coeficiente de rugosidade, por conta de irregularidades construtivas ou assoreamento dos fundos dos canais, verificam-se a ocorrência de seções com mudanças de regime, produzindo ressaltos e ondas transversas no perfil de escoamento.

Compreendem-se por seções, as seções hidráulicas ou fluviais de interesse, todas as singularidades hidráulicas (travessias, mudanças de seções em trechos canalizados, locais críticos de ocorrência de inundações, emboques de canais e galerias) e confluências dos cursos de água principais das bacias elementares.

Destaca-se que em determinadas declividades as redes que transbordam (quando "afogadas"), agravando por rejuntes da tubulação e curvas ao longo da rede que alteram o regime de escoamento, ocasionam escoamento supercrítico. Têm-se observado, nos últimos eventos de chuvas intensas, o rompimento da rede pluvial em diversos pontos da cidade, resultado da superação da capacidade da rede, a ocorrência de escoamento em regime supercrítico e prováveis falhas na rede.

O amortecimento das vazões máximas, através da regularização na fonte, na microdrenagem ou na macrodrenagem, resulta na redução de cotas e a regularização da capacidade dos canais a jusante. Daí a importância desta estratégia, inclusive no aspecto econômico resultante. É esperado que os problemas de escoamento supercrítico sejam reduzidos com estas medidas.

Destaca-se que a solução não está apenas no dimensionamento e substituição paulatina da rede de drenagem, que conduz as águas de montante para jusante, mas na redução dos volumes proporcionada pela regularização na etapa inicial dos escoamentos, ou seja, pelo controle na fonte. Assim, com o controle integrado do sistema de drenagem, a rede de microdrenagem fica readequada a custos sensivelmente menores.

As medidas estruturais de microdrenagem propostas são:

1. Correção das singularidades hidráulicas, como estrangulamentos, junções mal acabadas e outras irregularidades;
2. Correção de trechos da rede com diâmetro ou capacidade subdimensionados;
3. Implantação de bocas de lobo ou bueiros em números compatíveis com a vazão de projeto;
4. Dimensionamento do sistema para capacidade de drenagem de volumes de escoamento decorrentes de precipitações com tempos de recorrência recomendados para cada uso predominante do solo e coeficientes de escoamento. (tabela a seguir) e declividades de cada sub-bacia.
5. Adoção de sistemas de detenção de água ao longo das vias públicas, iniciando-se pelas de maior declividade e microbacias urbanas de maior área a montante.

Conforme será comentado mais adiante, um sistema de detenção das águas de chuva ao longo da rede de águas pluviais da cidade (seja tubuladas, sejam a partir de

sarjetas), promove a amortização ou retardamento dos escoamentos, ou seja uma regularização das vazões, mesma estratégia adotada na macrodrenagem.

O volume total armazenado deverá contribuir com o aumento da segurança ou redução dos ricos, com a vantagem adicional da adequação da capacidade da rede já instalada.

Tipo de ocupação	Período de retorno (anos)
Residencial	2
Comercial	5
Áreas com edifícios de serviço público	5
Aeroportos	2-5
Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10

Em áreas cuja declividade é mais acentuada (> 5%) associada a áreas relativamente grandes a montante, ou nos trechos inferiores (de jusante) das redes é salutar a implantação de caixas de redução de velocidade, além das caixas de detenção.

Este dimensionamento não exige especialização excepcional, porém dada a complexidade, em volume de cálculo, foge da etapa de planejamento (deste Plano), devendo ser executado em projetos específicos, em consonância com os cronogramas das intervenções estabelecidas no conjunto do Plano Diretor e do planejamento executivo municipal.

IV.3.1 Intervenções na microdrenagem

À medida que o escoamento de águas pluviais aumenta com a impermeabilização do solo, as estruturas de microdrenagem (tubulação, bocas-de-lobo, sarjetas, etc,) ficam obsoletas, subdimensionadas. A substituição destas estruturas é feita no decorrer do tempo à medida que há reformas e em locais específicos.

Uma forma de resolver o problema no curto prazo e com maior eficiência é o controle na fonte, que diminui as vazões de descarga sobre a rede de microdrenagem. Porém, há que se realizar a regularização da rede para que esta tenha maior longevidade e eficiência. Assim, uma intervenção imprescindível na rede de macrodrenagem de Pato Branco é a regularização de canais obstruídos por estrangulamentos e pelas passagens da rede de água e esgoto.

No Córrego Fundo há alguns pontos de estrangulamento da seção do canal principal, que necessitam de retificação, especialmente na rua Xingu, esquina com a rua Clarice Cerqueira, ponto onde começa a obra de canalização (retificação e revestimento) do Córrego Fundo. O estrangulamento neste ponto, em especial, é parte da causa das cheias que ocorrem nas dependências da SANEPAR, do SENAI e adjacências.

Ressaltamos que a desobstrução deste cruzamento e a canalização antes da construção da bacia de contenção a montante (atrás do Grêmio Industrial), transferirá os volumes de cheia para jusante (centro da cidade). Além disto, com as vazões regularizadas, a canalização do Córrego Fundo é facilitada. Portanto, o ajuste no cronograma das obras é indispensável.

Há que avaliar cruzamentos nas galerias do rio Ligeiro das redes de água e esgoto, avaliando o grau de redução da capacidade do canal. São os pontos[3]:

Rede de água:	Ruas Itacolomi, esquina com a Av. Brasil Rua Ibiporã
Rede de esgoto:	Av. Tupy esquina com a Rua Paraná; Rua Pedro Ramirez de Melo; Rua Iguaçu; Rua Ibiporã esquina, com a Rua Caramuru; Rua Itabira e Rua Guarani; Rua Tapir

A avaliação deve ser feita sob a perspectiva da redução das cotas regularizadas após a implantação das bacias de regularização no Altíssimo Ligeiro (bairro Bonato) e Córrego Fundo (Grêmio Industrial), já que a regularização das vazões resulta em rebaixamento das cotas e, consequentemente, uma restituição na capacidade do canal. Isto traz certa flexibilidade na tomada de decisão nas obras de regularização das passagens das redes de água e esgoto.

Havendo obstruções importantes, uma solução paliativa é o rebaixamento ou a elevação da rede, com preenchimento de concreto no formato de lombada, visando eliminar a possibilidade de retenção de entulhos. Trata-se de uma sugestão que necessita de avaliação especializada.

Destaca-se ainda que:

(a) Até que estas bacias não sejam implantadas, o cruzamento de redes reduz a capacidade da galeria do rio Ligeiro, interferindo na sua vazão e no nível das cheias que porventura possam ocorrer. A falta de cota e dados da curva de descarga ao longo do rio Ligeiro dificulta a estimativa do impacto desta redução de seção (ou obstrução), embora seja possível realizá-la.
(b) Cruzamento de tubulações na seção da galeria agrava a redução da capacidade uma vez que retém entulhos.

Diante destes aspectos é imprescindível que se busquem alternativas naqueles pontos onde a obstrução é importante. A gestão deste problema é de interesse tanto da municipalidade quanto da concessionária de água e esgoto, uma vez que há responsabilidade sobre os efeitos que a rede possa causar aos proprietários ou cidadãos que porventura sejam prejudicados.

[3] Vide, em anexo, arquivos digitais (.dwg) das redes, do cadastro da SANEPAR.

Amortecimento das vazões na microdrenagem

Ao longo da rede pluvial é recomendável a utilização de caixas de detenção para que haja um amortecimento das vazões. O controle na fonte retém e libera de forma controlada a água incidente nos lotes. A rede microdrenagem localizada nas vias públicas recebe estas águas somadas às águas que precipitam na superfície de ruas e calçadas.

Em Pato Branco, parte das ruas tem como pavimento pedras irregulares, que propiciam uma razoável infiltração e rugosidade (que retarda um pouco o escoamento superficial), e parte com pavimento asfáltico. Por outro lado, o escoamento maior e concentrado ocorre nas sarjetas e na rede pluvial subterrânea. Assim, a rede pluvial absorve a vazão dos lotes e vias públicas. Mesmo que as estruturas de contenção de vazões nos lotes sejam adotadas pelos proprietários e lançada na rede pluvial a vazão excedente à de pré-desenvolvimento, a vazão das vias públicas estará muito acima da vazão de pré-desenvolvimento, necessitando também de um amortecimento.

As estruturas indicadas para este caso – o amortecimento das vazões na rede de microdrenagem – são pequenos reservatórios de detenção ao longo da rede, que levam diversos nomes e podem ter as mais diversas formas (microreservatórios, caixas de retenção, etc).

O dimensionamento destas estruturas de retenção na microdrenagem é feito com os mesmos critérios das utilizadas na fonte, adotando-se 100% da área impermeável (C = 0,95 a 1,0).

No dimensionamento destas estruturas é possível considerar:

1. O armazenamento maior para que as caixas de detenção dos lotes sejam menores. Há casos que os proprietários dos lotes não tenham espaço ou condições técnicas para a implantação no lote;
2. Nos loteamentos onde preponderam lotes pequenos (200 a 400 m^2) associados à baixa profundidade de solo e/ou da rede pluvial. Neste caso é possível somente caixas de detenção acima do solo, que captam as águas dos telhados. As estruturas de detenção localizadas na rede pública podem absorver os volumes excedentes dos lotes que representam as vazões provenientes das suas áreas impermeáveis, que não seriam captadas.

Há estruturas construídas de forma a propiciar a infiltração (caixas de infiltração, valas de infiltração, etc.), o que não se recomenda sem uma análise criteriosa de cada local, devido à baixa eficiência da infiltração (solos argilosos a muito argilosos) e a possibilidade de afetar a estrutura e a sustentabilidade física dos solos e estruturas (fundações e pavimentos).

IV.3.2 As medidas de controle na fonte

O controle na fonte consiste no controle do escoamento superficial, seja pelo armazenamento em reservatórios, seja no armazenamento via infiltração da água no solo.

Nas áreas urbanas, o controle na fonte refere-se à regularização (via retenção ou detenção) das vazões que ocorrem nos lotes, loteamentos, vias públicas. Para tanto se utiliza reservatórios de pequena dimensão, proporcionais à área de drenagem.

Nas áreas rurais, ou de uso agrícola, genericamente o controle na fonte representam todas as práticas de conservação de solos. Entre as práticas mecânicas, os terraços são bacias de retenção e infiltração longitudinais. A vegetação e o *mulching* produzido no sistema de plantio direto proporcionam expressiva interceptação de água e infiltração no solo entre terraços. Desta forma, pelo menos as duas práticas devem estar associadas. Embora nem todas as áreas não urbanas tenham possibilidades de implantação de terraços ou representem áreas não cultivadas (portanto não é possível o plantio direto), parcelas significativas das bacias com influência urbana em Pato Branco podem e devem utilizar tais práticas.

Bacias/sub-bacias	Altíssimo Ligeiro		Córrego Fundo		Ribeirão dos Penso		Alto Ligeiro	
Seção / Ponto	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Área urbanizada (km^2)	2,154	2,432	6,112	7,239	2,374	4,487	12,115	19,656
% urbanizada (km^2)	27,0%	21,4%	73,1%	76,3%	52,2%	66,2%	56,2%	61,6%
% não urbanizada	73,0%	**78,6%**	26,9%	**23,7%**	47,8%	**33,8%**	43,8%	**38,4%**

Nos lotes os reservatórios são enterrados ou construídos nas superfícies, ligados ao telhado de uma casa. A água da chuva no restante do lote é retida através de valas de infiltração (superfícies impermeabilizadas, como calçadas), pavimentos permeáveis ou vegetação (grama).

Os solos de Pato Branco apresentam boa porosidade, porém, dado que a textura é de argilosa a muito argilosa, a taxa de infiltração é relativamente baixa quando se considera um evento de chuva intensa. A primeira medida para promover a infiltração e retenção é o uso de grama e arborização. As folhas retêm volumes significativos de água (interceptação) e retardam o escoamento superficial. Além disto, o contato das raízes no solo promove caminhos preferenciais, o que aumenta a taxa de infiltração.

Os pavimentos permeáveis potencializam a infiltração de água no solo, embora possam ser utilizados para a captação de água em reservatórios subsuperficiais (enterrados).

Os reservatórios, superficiais ou enterrados, normalmente são utilizados para o armazenamento de água dos telhados, por uma razão prática relacionada à manutenção (águas superficiais contêm sedimentos diversos, que provocam entupimentos). Uma vez captada e armazenada água de chuva, é possível: (a) escoá-la de forma regulada para a rede, (b) promover a infiltração (fundo permeável do reservatório), (c) fazer-se reuso da água ou (d) as alternativas acima associadamente.

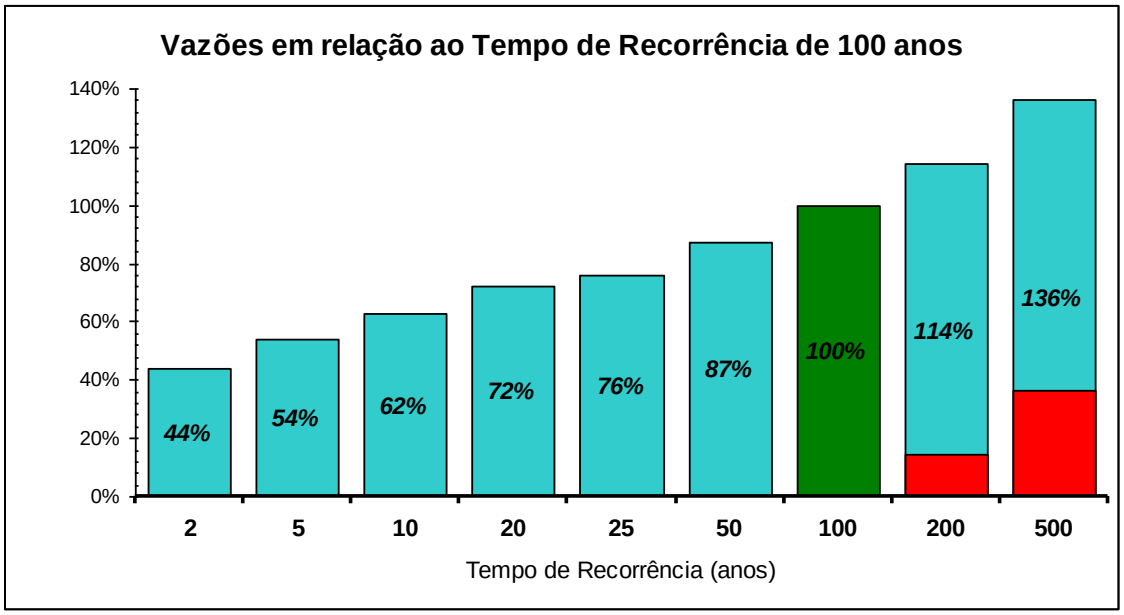
Em relação aos volumes a controlar, observa-se:

(a) as medidas de macrodrenagem (bacias de retenção), visam fundamentalmente o controle de vazões que causam cheias nas áreas mais baixas da cidade (tanto região central como nos bairros). O volume sugerido de retenção é de eventos com TR = 200 anos.

(b) A microdrenagem não controla enchentes, apenas transfere as águas de montante para jusante. Obstruções ocasionam cheias localizadas, daí a necessidade de um saneamento das singularidades.

(c) O controle na fonte reduz o escoamento, harmonizando-o. Os volumes regularizados na fonte (via retenção, detenção, infiltração ou interceptação), aumentam a segurança do sistema de drenagem (micro e macro).

Isto posto e, conforme pode-se observar no gráfico abaixo, considerando os volumes como metas de controle, é possível estabelecer uma margem de segurança significativa para o controle da fonte, para eventos de mais de 500 anos.



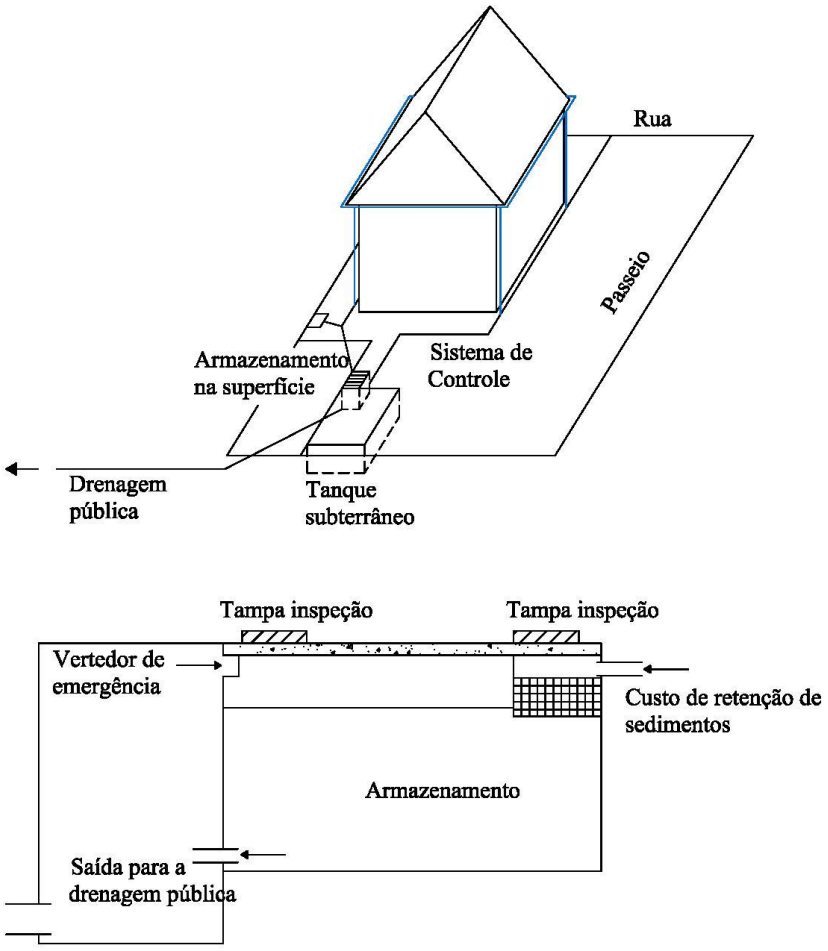
Sendo uma medida distribuída nas bacias urbanas, a eficiência do controle na fonte depende da efetiva implantação dos sistemas de controle individuais. Neste caso, o Poder Público tem controle direto somente nas estruturas de controle na fonte nas vias é áreas públicas, pois acabe a ela implantá-las. Considerando a área, representam aproximadamente 35% da superfície de captação de águas pluviais .

A recomendação da maioria dos autores é que o controle na fonte seja dimensionado para volumes correspondentes a eventos de 2, 5 ou 10 anos de recorrência. Nem sempre é possível implantar o controle na fonte, que depende de condicionais de cada local. Diante da possibilidade de mudanças no padrão climático e ocorrência de eventos intensos localizados, adotou-se a chuva de referência (de projeto) com tempo de recorrência de 10 anos[4] (com volume de 8% maior que a chuva de TR = 5 anos).

[4] Critério adotado em Porto Alegre, que possui um dos planejamentos mais eficazes no controle de cheias.

No lote como um todo, recomenda-se utilizar o dimensionamento inicial das estruturas se detenção (caixas) para chuvas de projeto com TR = 10 anos e caixas de retenção de águas de telhados para eventos co TR = 5 anos.

As condições básicas para o controle na fonte são (a) o limite da vazão de saída da área e (b) o volume que permitirá o controle da vazão da saída. As condicionantes para o dimensionamento são a (i) cota da rede pluvial e (ii) a cota e conformação do terreno (evidentemente que as caixas de detenção devem estar no ponto mais baixo do terreno).

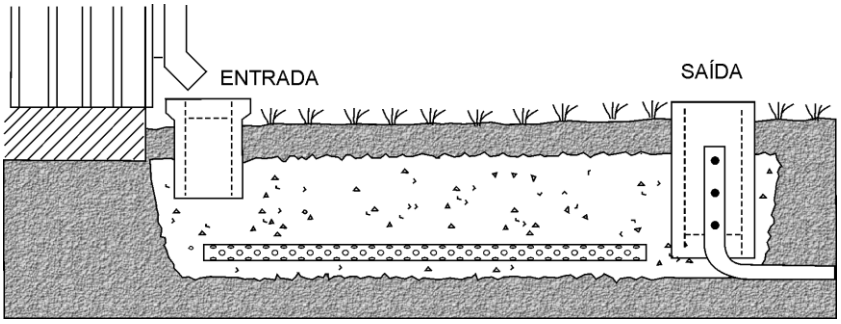


Caixa de armazenamento ou detenção

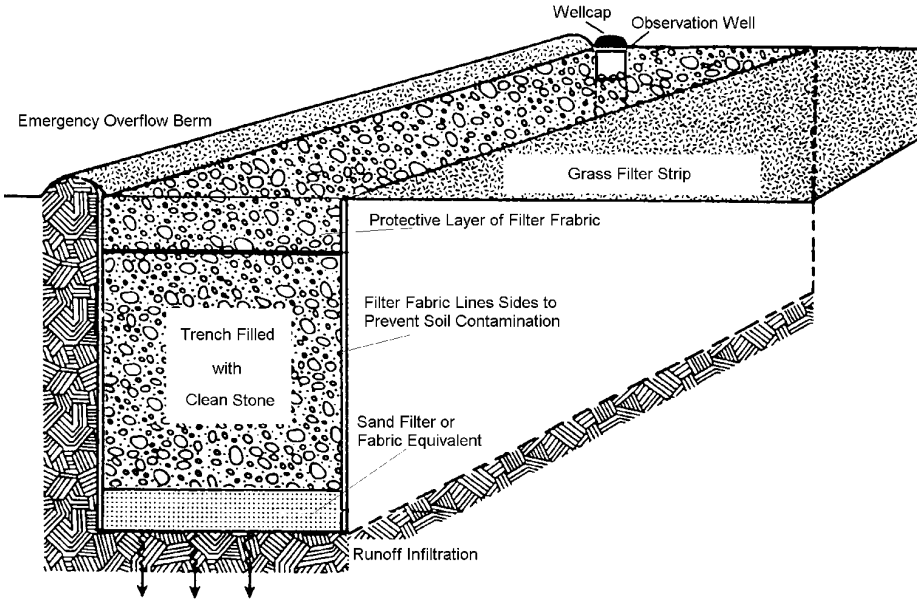
Além da canalização das calhas de água de chuva dos telhados, as águas superficiais podem ser coletadas através da implantação de rede de drenagem e superfícies permeáveis, interligados à caixa de retenção.

IV.3.2.1 Infiltração e percolação

Entre as estruturas de amortecimento das vazões do lotes, há aquelas que utilizam a infiltração como estratégia de descarga. Ao infiltrar no solo, a água demora dias ou meses para chegar à macrodrenagem natural, repondo inclusive as águas nos aqüíferos.



Trincheira de infiltração e percolação



Infiltração: Vantagens e Desvantagens

- redução das vazões máximas à jusante;
- redução do tamanho dos condutos;
- aumento da recarga do aqüífero;
- preservação da vegetação;
- redução da poluição transportada para os rios;
- impermeabilização do solo de algumas áreas pela falta de manutenção;
- aumento do nível do lençol freático, atingindo construções em subsolo.

A infiltração ou percolação, através de caixas ou trincheiras, não são recomendadas quando:

- Profundidade do lençol freático no período chuvoso menor que 1,20 m, abaixo da superfície infiltrante;
- Camada impermeável a 1,20 m ou menos da superfície infiltrante;

- A superfície infiltrante está preenchida (ao menos que este preenchimento seja de areia ou cascalho limpos);
- Os solos superficiais e subsuperficiais são classificados, segundo o SCS, como pertencentes aos grupos hidrológicos C (Pato Branco) e D, ou a taxa de infiltração saturada é menor que 7,60 mm/h ou menor que 2.10^-5 m/s, como relatado pelas pesquisas de solo do SCS;

Como pode-se perceber, o uso generalizado da infiltração, em alguns casos, não é recomendado, como o de Pato Branco, onde os solos são argilosos a muito argilosos, há locais com solos rasos e declividades mais acentuadas. A infiltração excessiva somente pela superfície pode causar problemas de saturação da massa de solo e resultar em solapamento, desde que os volumes de chuva sejam significativos, as chuvas tenham longa duração e sejam freqüentes, não permitindo que o solo diminua a umidade e restabeleça sua estrutura.

A eficiência da caixa, vala ou trincheira de infiltração é proporcional à sua área, por onde ocorre a infiltração. Portanto são estruturas que buscam a máxima eficiência no processo de infiltração concentrada – o que infiltraria num lote inteiro, infiltra concentradamente um local. Isto agrava problemas relacionados à infiltração. Por esta razão não se recomenda o uso desta estratégia, além da infiltração proporcionada pelas áreas vegetadas (gramas) de lotes e áreas públicas e, embora reduzida, das ruas revestidas com pedras irregulares.

É salutar que as calçadas sejam constituídas (construídas ou reformadas) com parte da faixa com grama e parte com pavimentos impermeáveis. Nestes locais a infiltração não causaria problemas e contribuiria na redução dos volumes a serem amortizados.

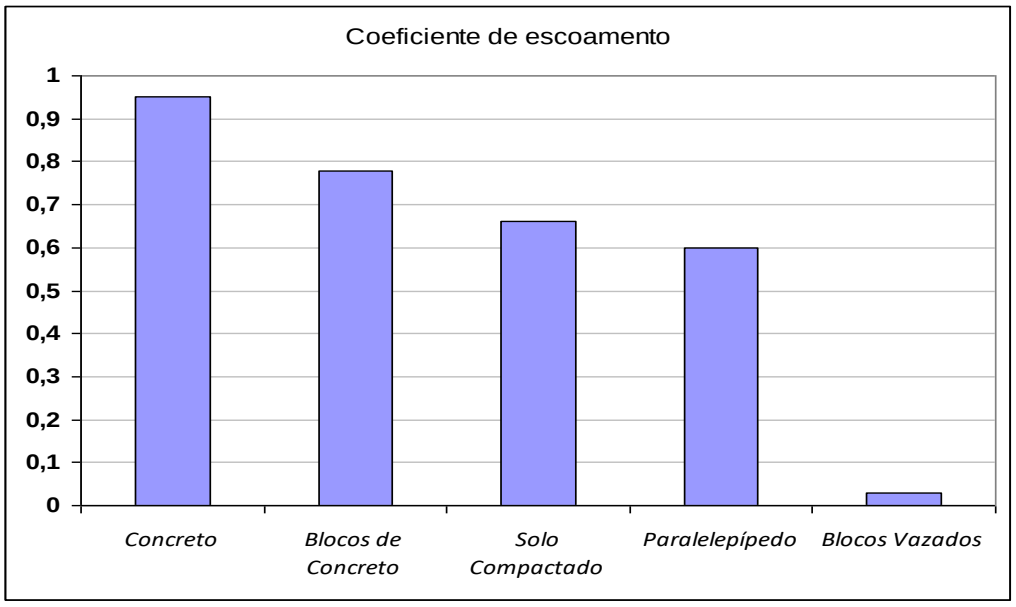
A permeabilidade tende, com o tempo, a igualar-se à condutividade hidráulica saturada. Muitos dos solos de Pato Branco possuem Condutividade Hidráulica Saturada próxima a 2.10^{-5} m/s, o que remete à não recomendação generalizada do uso e trincheiras de infiltração, limitando-se o seu emprego em casos especiais. Esta recomendação baseia-se em dois aspectos importantes: (a) a taxa de infiltração sendo baixa resulta em baixa eficiência da infiltração desejada (minimamente necessária); e (b) a saturação do solo altera a estrutura do solo (sustentabilidade) o que pode afetar a estrutura das construções ou pavimentos adjacentes, o que pode comprometer as suas integridades.

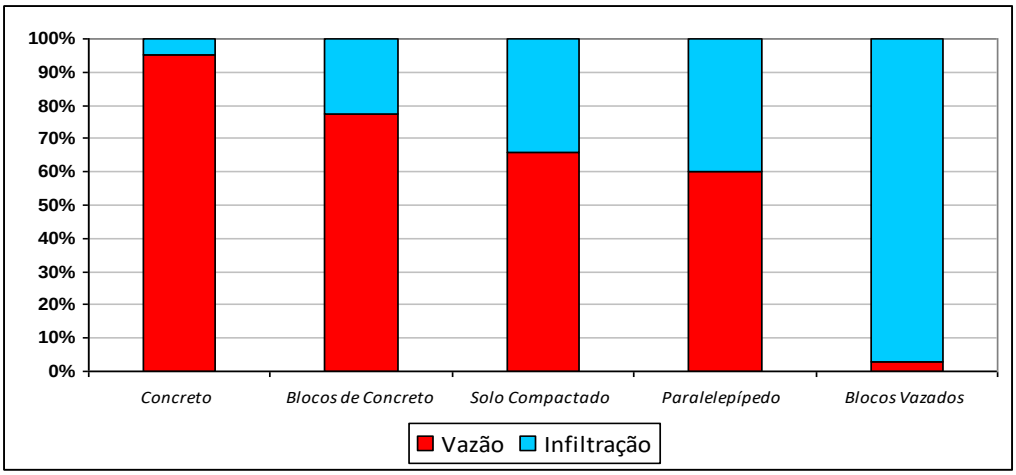
A título de exemplificação, um solo agrícola[5] sob cultivo convencional (aração e gradagem), apresenta uma taxa de infiltração final de 57 mm/h ($15,8*10^{-5}$ m/s), sob cultivo mínimo 62 mm/h ($17,2*10^{-5}$ m/s) e Plantio Direto 48 mm/h (13,3*10^-5 m/s). Se considerarmos que estes mesmos solos sob uso urbano têm expressiva compactação, a taxa de infiltração é reduzida sensivelmente, chegando a valores críticos à recomendação para a o uso da infiltração como forma de redução do escoamento e controle na fonte.

[5] Latossolo vermelho escuro, de Passo Fundo (Barcelos et al. 1998), semelhante aos Latossolos de Pato Branco.

Assim, a estratégia de infiltração de água no solo deve ser utilizada com critério, uma vez que podem, sob eventos freqüentes (sucessivos) e de longa duração, fragilizar massas significativas de solo, retirando sua consistência, estrutura e sustentabilidade. De outra forma, as infiltrações excessivas nos solos argilosos podem ocasionar solapamentos, como se observou nos eventos de 2009 no litoral de Santa Catarina e janeiro de 2011 na região serrana do Rio de Janeiro ou retirar a sustentação de estruturas, edificações ou pavimentos.

As caixas de retenção podem ser mistas, associando pavimentos permeáveis para a captação de águas, desde que a altura de fundo das estruturas de retenção em relação à rede pluvial permita o escoamento. Os pavimentos permeáveis podem ser implantados com o uso de blocos vazados, asfalto poroso, concreto poroso ou pedras.





Experimento IPH/UFRGS

Exemplos de dispositivos de infiltração

Dispositivo	Características	Vantagens	Desvantagens	Condicionantes físicos para a utilização da estrutura
Planos e Valos de Infiltração com drenagem	Gramados, áreas com seixos ou outro material que permita a infiltração natural	Permite infiltração de parte da água para o subsolo.	Planos com declividade > 0,1% não devem ser usados; o transporte de material sólido para a área de infiltração pode reduzir sua capacidade de infiltração	Profundidade do lençol freático no período chuvoso >1,20 m. A camada impermeável deve > 1,20 m de profundidade. A taxa de infiltração do solo quando saturado > 7,60 mm/h.
Planos e Valos de Infiltração sem drenagem	Gramados, áreas com seixos ou outro material que permita a infiltração natural	Permite infiltração da água para o subsolo.	O acúmulo de água no plano durante o período chuvoso não permite trânsito sobre a área. Planos com declividade que permita escoamento para fora do mesmo.	Profundidade do lençol freático no período chuvoso > 1,20 m. A camada impermeável deve > 1,20 m de profundidade. A taxa de infiltração do solo quando saturado > 7,60 mm/h.
Pavimentos permeáveis	Superfícies construídas de concreto, asfalto ou concreto vazado com alta capacidade de infiltração	Permite infiltração da água.	Não deve ser utilizado para ruas com tráfego intenso e/ou de carga pesada, pois a sua eficiência pode diminuir.	Profundidade do lençol freático no período chuvoso maior que 1,20 m. A camada impermeável deve estar a mais de 1,20 m de profundidade. A taxa de infiltração de solo saturado > 7,60 mm/h.
Poços de Infiltração, trincheiras de infiltração e bacias de percolação	Volume gerado no interior do solo que permite armazenar a água e infiltrar	Redução do escoamento superficial e amortecimento em função do armazenamento	Pode reduzir a eficiência ao longo do tempo dependendo da quantidade de material sólido que drena para a área.	Profundidade do lençol freático no período chuvoso > 1,20 m. A camada impermeável deve > 1,20 m de profundidade. A taxa de infiltração de solo saturado >7,60 mm/h.Bacias de percolação a condutividade hidráulica saturada > 2.10^{-5} m/s.

IV.3.2 Alternativas recomendadas para o Controle na Fonte

- A infiltração somente através da vegetação superficial, especialmente com grama e pavimentos permeáveis, desde que distantes de fundações. Desta forma, tendo que os eventos de chuva que causam enchentes são rápidos, não há comprometimento com a estrutura do solo e promovem uma redução do volume de escoamento.
- Como estratégia principal a implantação de caixas de retenção de telhados ou coberturas, com incentivo ao reuso de água.
- Associação dos volumes a serem armazenados e escoados dos lotes à capacidade de armazenamento e amortização na rede pluvial pública.
- Há possibilidade de uso de sistemas de amortecimento com fundo vazado e revestido por membrana permeável ou areia e brita, ou ainda perfurada. A área total dos furos e do fundo não deve ser maior que a área superfícial ocupada pela estrutura.

Estas medidas devem promover o controle e a redução dos volumes de escoamentos na rede de microdrenagem de águas pluviais, hoje obsoleta e que tem apresentado problemas por escoamento supercrítico.

Um dos grandes desafios à urbanização no futuro é a reposição da rugosidade (que retarda a velocidade dos escoamentos) e da permeabilidade do solo às enxurradas.

Há áreas agrícolas nas três bacias com influência urbana de Pato Branco, onde a conservação de solo e águas é indispensável. Nem todas as terras são aptas à construção de terraços agrícolas, mas outras práticas devem ser implantadas.

IV.4 Dispositivos de redução do escoamento superficial *e dimensionamento*

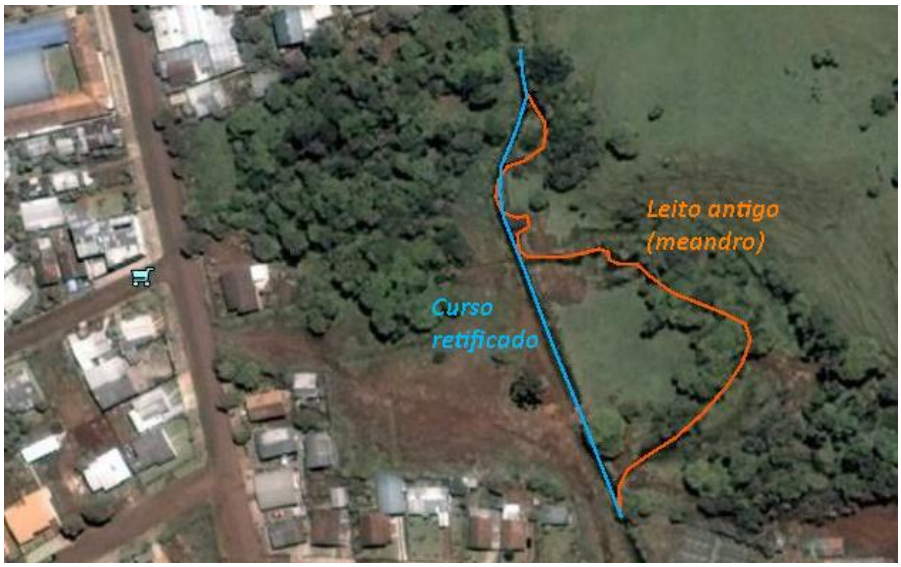
V.4.1 – Dispositivos de controle na fonte e na microdrenagem

Dimensão/local	Dispositivo	Tipos	Estratégia
Macrodrenagem (rede hidrográfica)	1. Retificação de canais	Desvio, dragagem, retificação de cursos	Aumento da eficiência da drenagem
	2. Canalização	Galerias ou canais, revestidos ou não	Condução da água para jusante
	3. Diques	Barragens longitudinais	Proteção das áreas inundáveis
	4. Armazenamento/ Barragens	a) Retenção ou detenção, b) Aberta ou fechada c) on-line ou off-line d) com ou sem bombeamento	Regularização de vazões / amortecimento de cheias
	5. Revitalização de cursos	Estabilização de encostas e calhas Recomposição da vegetação ripária	Estabilidade de canais Redução da celeridade das ondas de cheia
Microdrenagem (vias públicas)	6. Adequações na rede	Dimensionamento Melhorias no acabamento/construção	Adequar à capacidade de escoamento Reduzir singularidades hidráulicas prejudiciais
	7. Canalização (rede pluvial)	Rede pluvial canalizada Bocas de Lobo Sarjetas	Condução da água
	8. Armazenamento	Caixas de detenção	Amortecimento de vazões
	9. Infiltração e percolação	Caixas, valas ou trincheiras	Infiltração ou percolação
Na Fonte (lotes)	10. Armazenamento	Caixas de detenção Reuso de água (telhados)	Armazenamento
	11. Estruturas de Infiltração e percolação	Caixas, valas ou trincheiras de infiltração	
	12. Pavimentos permeáveis	Asfalto e concreto poroso Vegetação (grama) Areia e Brita Membranas porosas	Captação e armazenamento, com ou sem infiltração profunda
Áreas Agrícolas	13. Práticas de Conservação de solo e da água	*Mecânicas:* Terraceamento e bacias de retenção e infiltração *Vegetativas:* plantio em nível, rotação de culturas, Plantio Direto, etc.	Retenção de enxurradas Armazenamento de água na superfície Infiltração

As figuras a seguir exemplificam alguns dos dispositivos do quadro anterior.



Retificação de Curso d'água



Meandro retificado (Parque da Baixada).



Canalização



Diques e polders



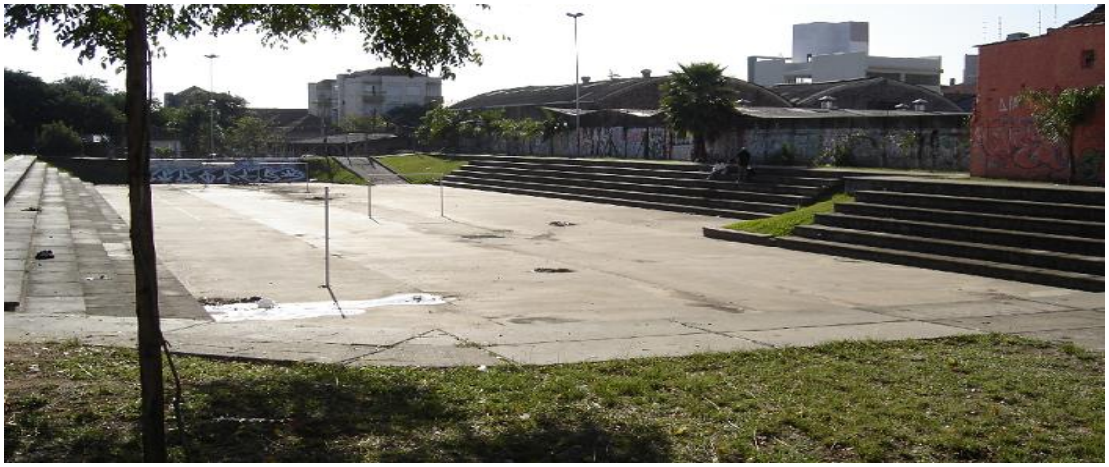
Barragem



Bacia de retenção (em construção)



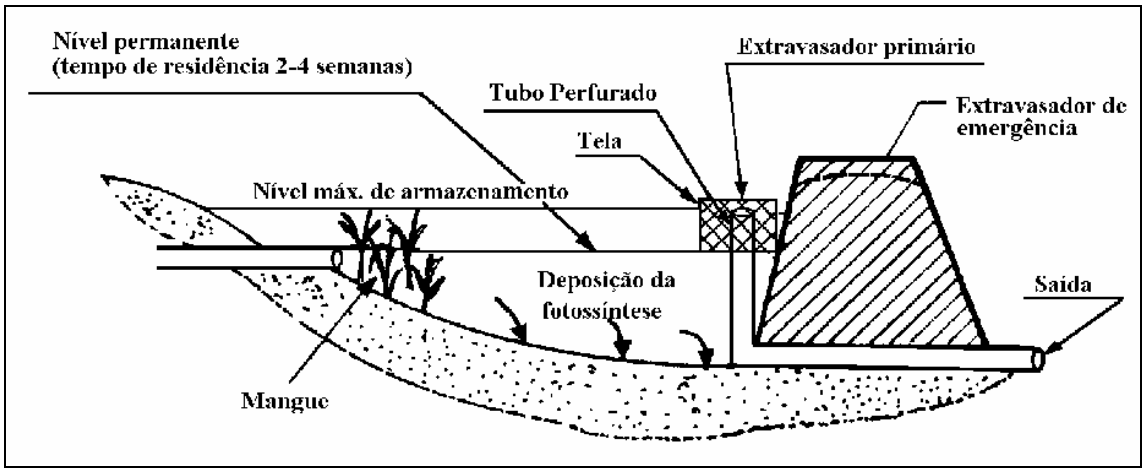
Bacia de retenção (on-line)



Bacia de detenção (off-line)



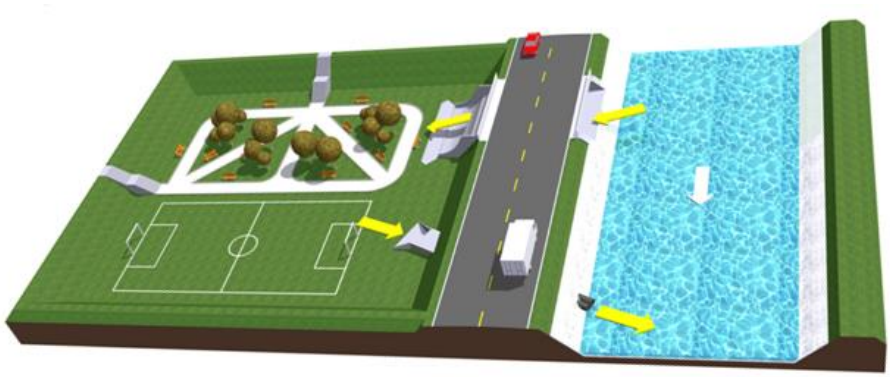
Bacia de retenção (Parque Barigui, Curitiba)

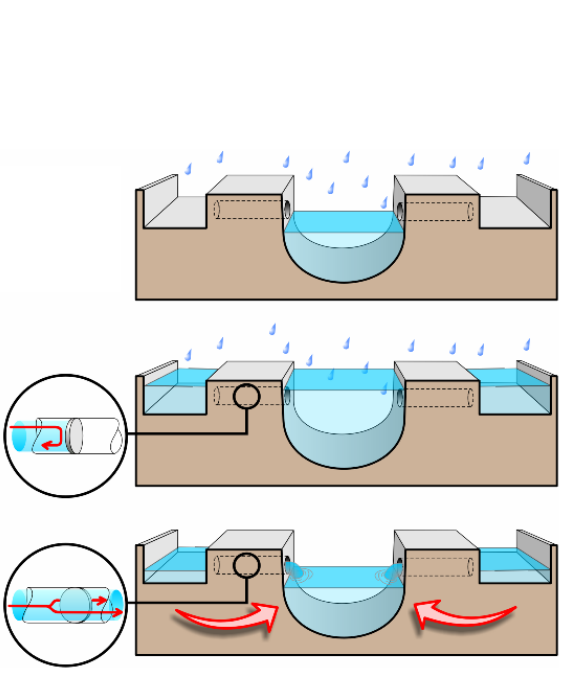


Bacia de retenção

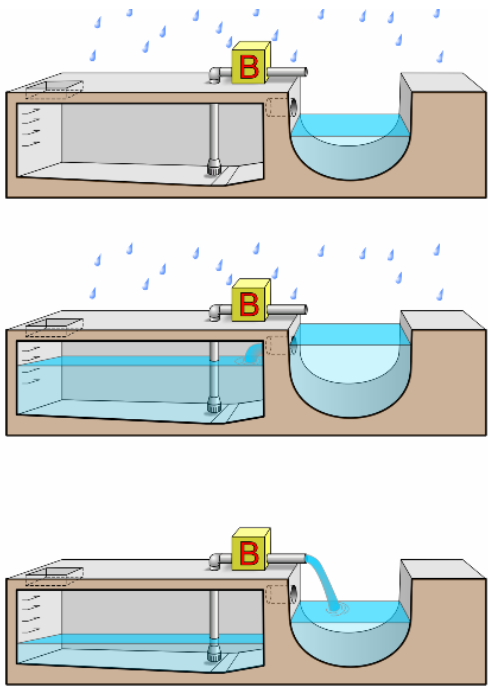


Bacia de detenção off-line (piscinão com bombeamento, São Paulo)

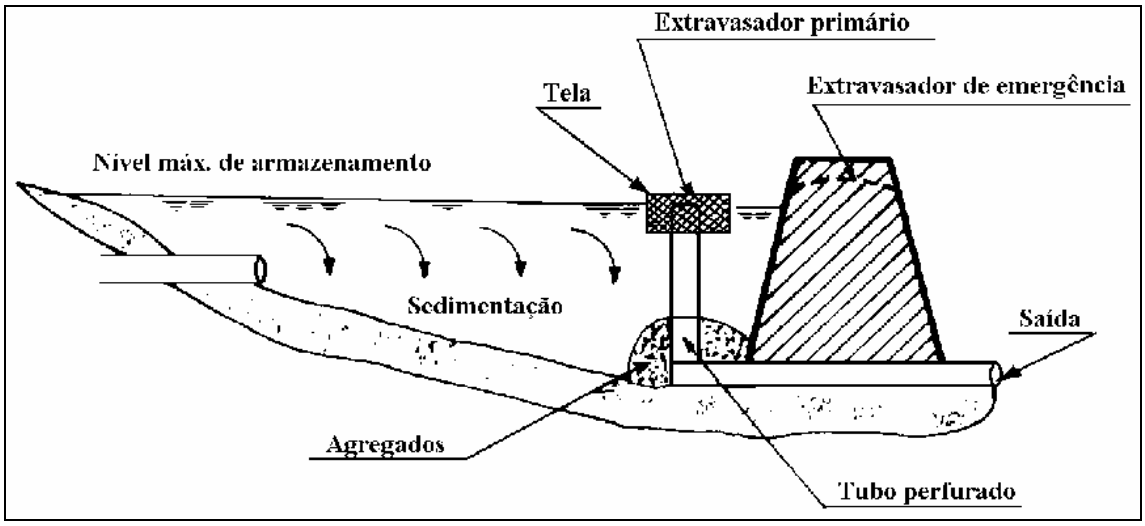




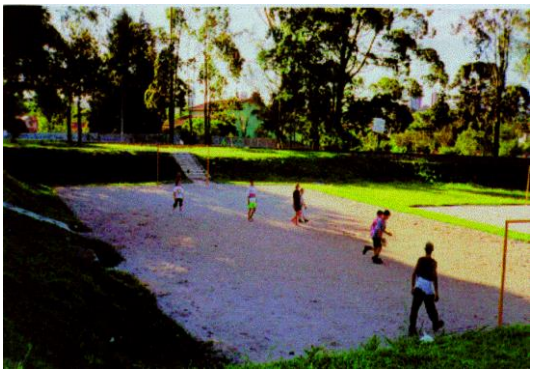
Bacia de detenção off-line aberta



Bacia de detenção off-line fechada



Bacia de detenção

Bacias de detenção (off-line) - usos compatíveis com enchentes urbanas






Revitalização de Cursos d'água



Rede de águas pluviais



Caixa de inspeção e passagem







Bocas de Lobo (com esgoto clandestino e entupidas) (Limpa)

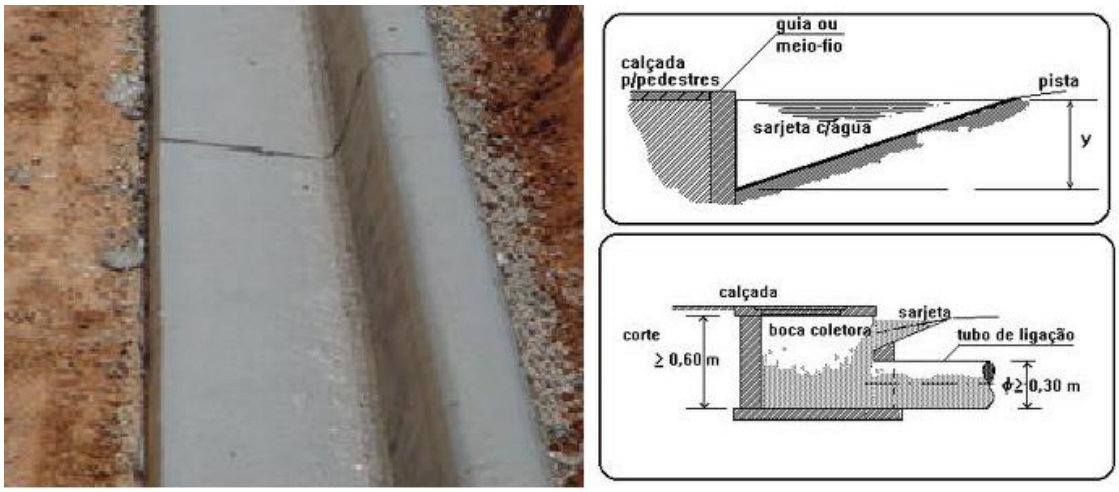


Manutenção em bicas de lobo (sedimentos)

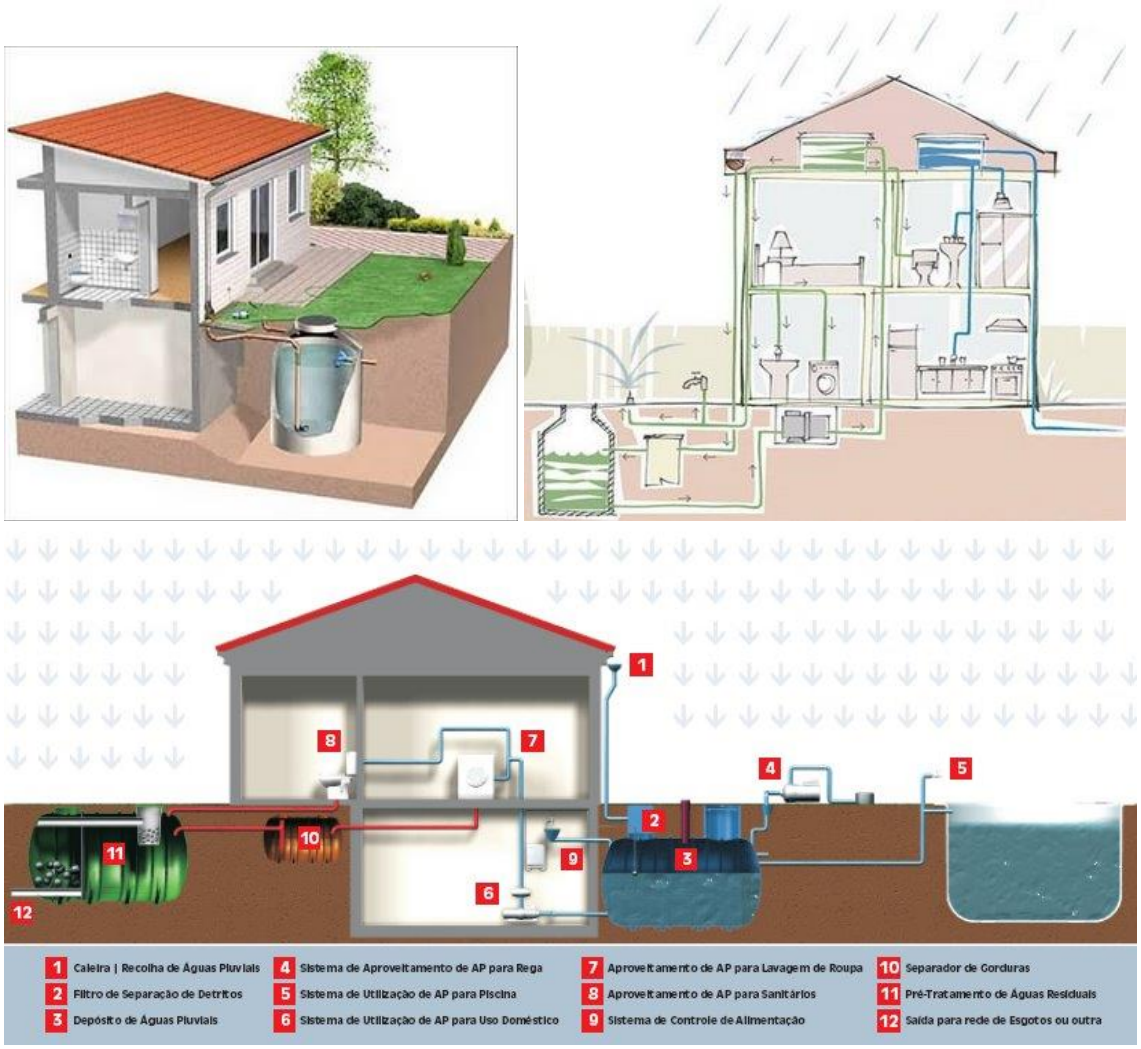




Manutenção em Bocas de Lobo (detritos e lixo)



Sarjetas (escoam e armazenam parte dos escoamentos)



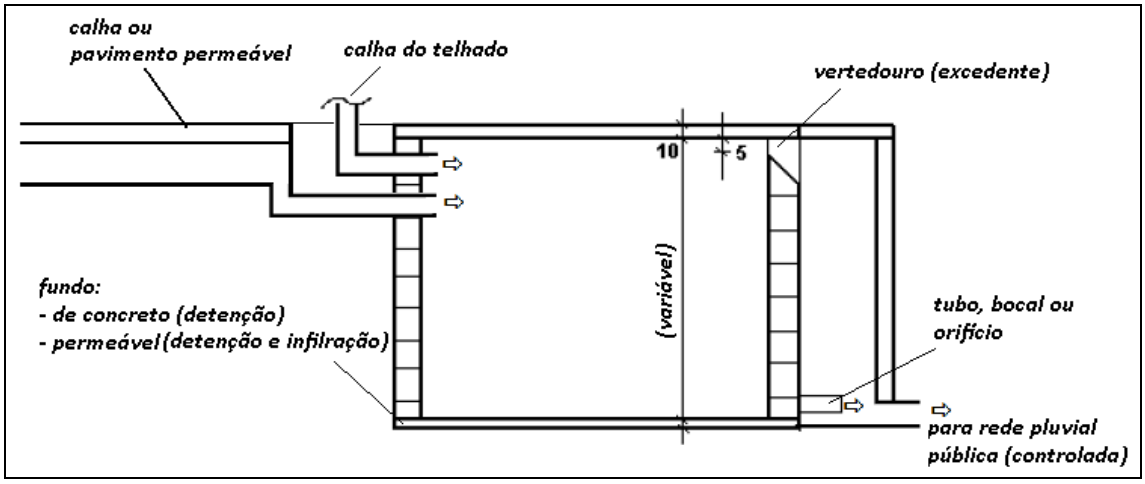
Caixa de retenção para reuso de água



Armazenamento de água de chuva (uso em jardins e calçadas)



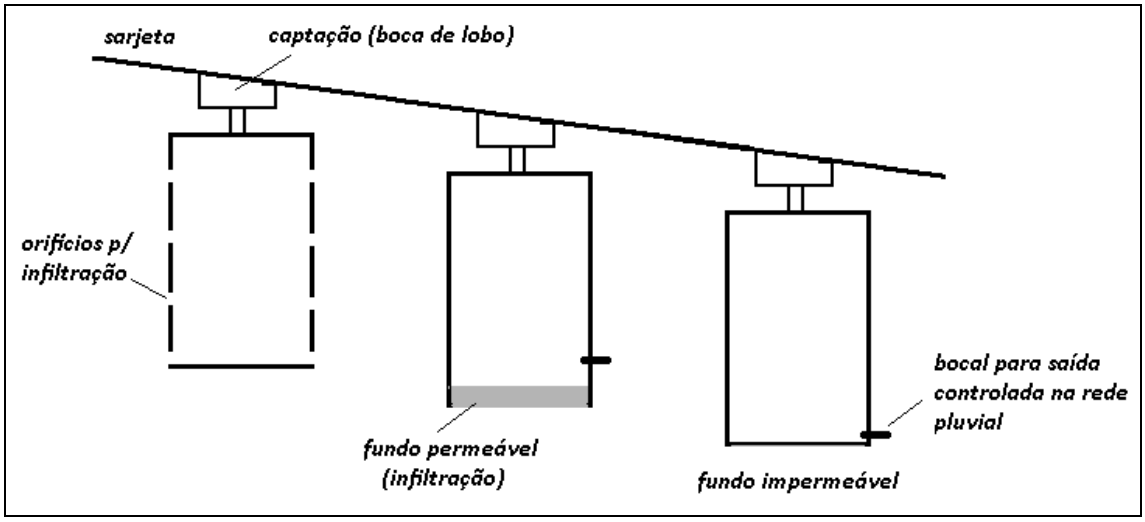
Poço de infiltração sob sarjeta (revestido com manta permeável).



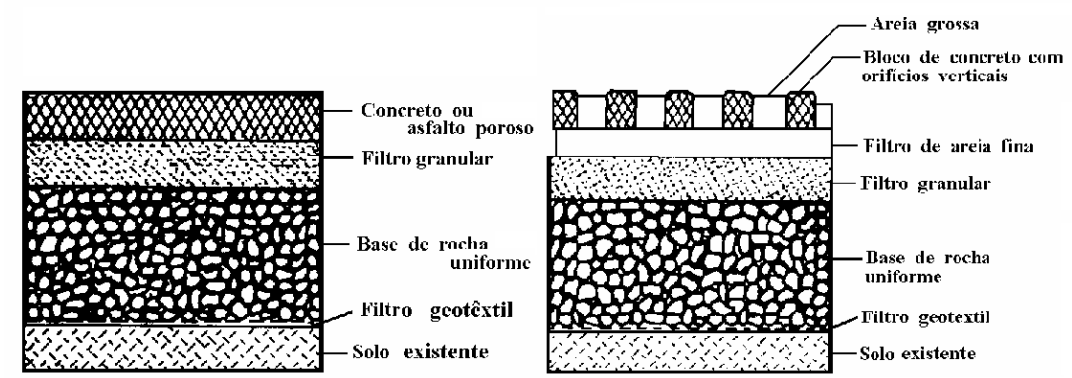
Caixa ou poço de detenção, com ou sem infiltração



Poço de detenção (para microdrenagem pública ou em lotes)



Sistema Riesemberg de controle de escoamento urbano e rodoviário (com diferentes opções: armazenamento de regularização de vazões, infiltração e misto)



Pavimentos permeáveis (asfalto, concreto, pedras ou blocos)




Faixas de grama em calçadas (infiltração)



Pavimento Permeável + Caixa de armazenamento e infiltração




Pavimentos permeáveis com grama



Pavimento de pedras irregulares sem e com grama



Telhado verde

Áreas Rurais / Agrícolas



Bacias de contenção e terraços (retenção e infiltração de água)



Plantio Direto, Plantio em Nível e mulching (palha protetora)

IV.4.2 Dimensionamento de caixas de retenção na fonte ou em vias públicas (amortecimento)

O volume de retenção de água nos lotes, para infiltração, descarga controlada ou ambas, é calculado com base na condição de escoamento pré-desenvolvimento, ou seja, quando não havia urbanização nenhuma. A vazão numa condição destas é estimada através da vazão específica (por unidade de área) de saída de uma área natural, que pode ser estimada pelo método racional (áreas menores que 100 ha), que é dado por:

$$q = Q / A = 2,78 \times C \times I$$

Onde: q = vazão por unidade de área (l/s.ha); C = coeficiente de escoamento; I é a intensidade da chuva (mm/h), para a duração igual ao tempo de concentração da bacia; A = área da bacia (ha).

O coeficiente de escoamento C representa a quantidade da chuva que gera escoamento superficial, expresso pela relação:

$$C = Cp + (Ci-Cp) \times AI$$

Onde:
Cp = Coeficiente de escoamento da área permeável; Ci = Coeficiente de escoamento da área impermeável; Ai = proporção de áreas impermeáveis (entre 0 e 1).

O valor de Cp varia entre 0,05 a 0,20 e Ci = 0,95, e não 1,0 uma vez que parte do volume é retido nas superfícies impermeáveis parte se perde por evaporação. Adotam-se valores de Cp = 0,05 e Ci = 0,95, resultando que C = 0,05 + 0,9Ai.

Segundo estes critérios, adotando-se uma chuva de referência para Pato Branco, com tempo de recorrência de 10 anos e duração de 60 minutos (curva IDF), condição de pré-desenvolvimento onde Ai = 0 e C = Cp = 0,15, resulta numa vazão específica de 23,46 l/s/ha, ou 0,002346 l/s/m^2. Este é a vazão de referência dos lotes a ser alcançada com a retenção, ou a vazão máxima de saída dos lotes ou parcelas de terreno urbano deverá ser:

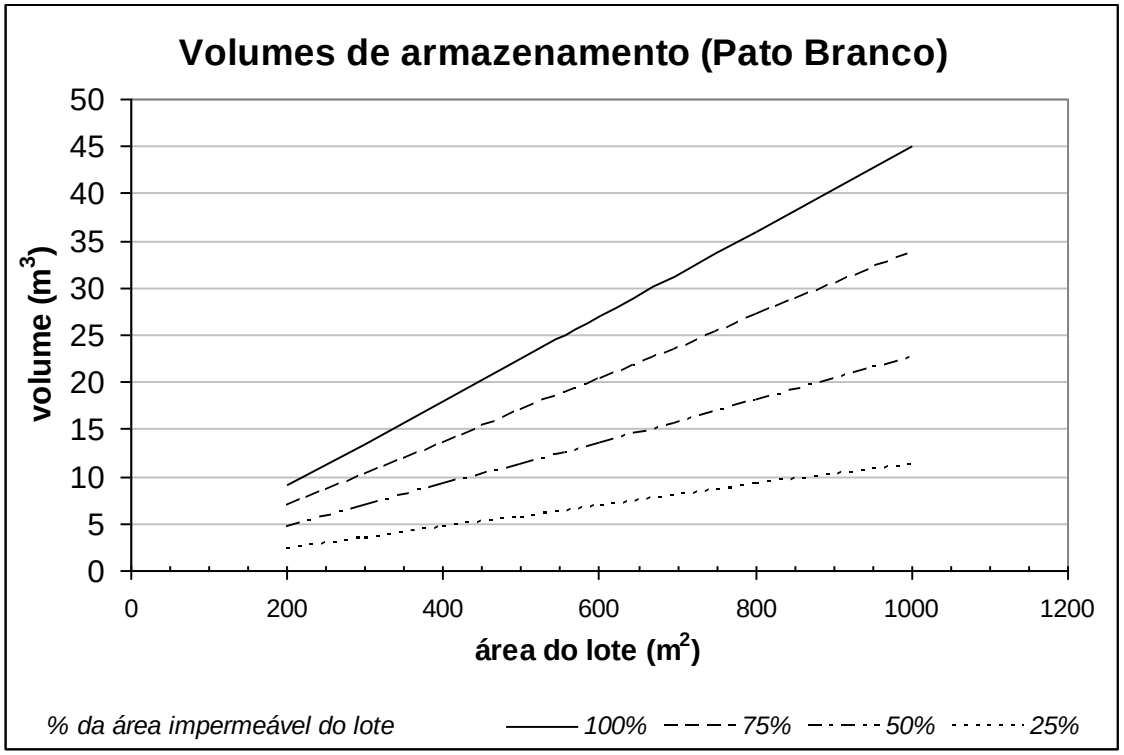
$$Qpd = 23,46 \times A_l / 10000$$

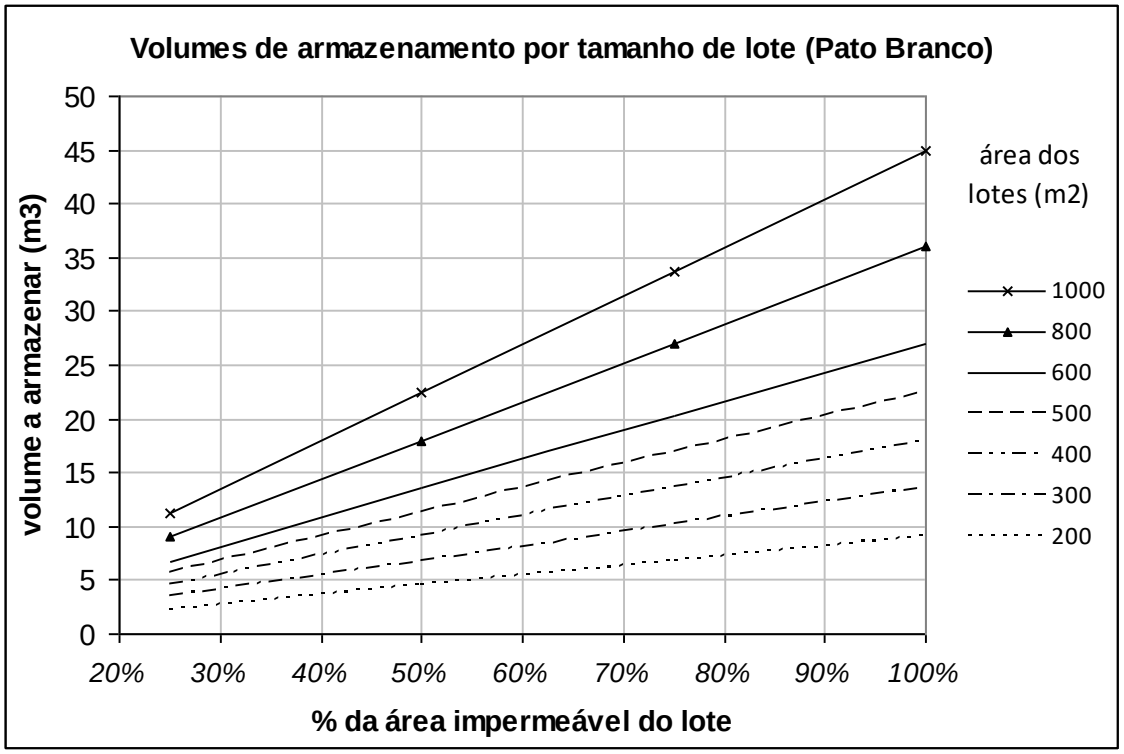
Onde: A_l = área do lote (em m^2).

O volume a ser armazenado é a diferença entre a vazão da área em estado natural (pré-desenvolvimento) e urbanizada (ou pós-desenvolvimento ou impermeabilizada), ou seja: (qu – qi). O volume por unidade de área a ser armazenado (V/A) é de 450 m^3/ha ou 0,045 m^3/m^2 ou 45 l/m^2. Assim, a expressão para calcular o volume em função da área do lote e a proporção de área impermeável (calçadas e telhados), é:

$$V = 0,045^* \times A_l \times AI$$

AI = % da área impermeável do lote;
* valor definido para Pato Branco, para o TR = 10 anos (=450 m^3/ha).





Estes volumes podem ser reduzidos se compensados na implantação de caixas de retenção ao longo da rede pluvial pública. Nestas o cálculo dos volumes a armazenar, considera-se as áreas das vias públicas (ruas, calçadas e praças) com Ai = 100%, quando totalmente pavimentadas.

O mesmo critério de cálculo do dimensionamento pode ser utilizado quando parte das calçadas é composta de calçamento e grama ou jardins que possibilitam a infiltração

da água. Evidentemente que variando o valor da área impermeável (Ai), varia o volume a ser armazenado, consequentemente a dimensão das caixas de retenção.

As caixas de retenção podem ser mistas, com parte da água lançada de forma controlada na rede de águas pluviais (canalizada ou sarjetas) e parte infiltrada. A infiltração evita possíveis problemas com a proliferação de vetores, caso ocorram problemas no escoamento por tempo prolongado e sob luminosidade.

Caso a infiltração seja uma opção, há duas possibilidades construtivas: fundo vasado (que possibilita o contato da água com o solo) e perfurações. Neste caso, a área total das perfurações não deve ser maior que a área de fundo da caixa de retenção, visando evitar infiltração excessiva e problemas de solapamento pela saturação do solo, principalmente nas caixas de maior porte.

Altura disponível e formato adequado para armazenamento

A forma das caixas de retenção dependerá basicamente da profundidade de solo, desnível do fundo da caixa em relação à rede pluvial e o custo de construção. O formato que utiliza o menor volume de materiais é o formato quadrado.

As formas ou formatos dos dispositivos de armazenamento podem ser bastante variados, desde um cubo, cilindro, retangular, trapezoidal, etc. dependerá da profundidade do solo e da posição em relação à rede pluvial para a drenagem. A vazão máxima já foi definida anteriormente. (X). É importante que a cota de fundo do reservatório sempre deve ficar acima da cota de conexão com a rede de drenagem pluvial pública. Caso fique abaixo, pode ocorrer inversão de fluxo. A altura (H) da estrutura de armazenamento constitui-se na distância um ponto acima da conexão com a rede e o nível máximo da altura escolhida para a estrutura – abaixo do nível do solo se enterrado, ou acima. Neste caso, águas de escoamento superficial não poderão ser captados.

A área, em planta da estrutura de armazenamento, pode ser determinada:

$$Ae = V / H$$

Onde:
V =volume de armazenamento (m3) e H altura do reservatório (m)

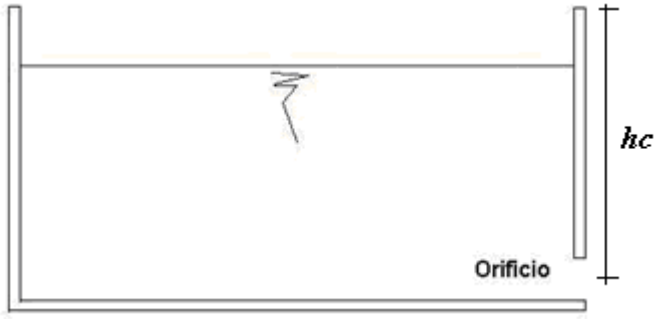
Se não houver limitação para a altura, mas a área disponível, a fórmula toma a forma:

$$H = V/Ae$$

A altura do reservatório tem relação com a descarga de fundo do reservatório (e taxa de infiltração). Quanto maior a altura, maior será a descarga. Como esta deve ter um valor limitado à vazão específica de pré-desenvolvimento (0,002346 l/s/m^2), quanto maior a altura, menor a seção de saída do descarregador (tubo, bocal ou orifício)

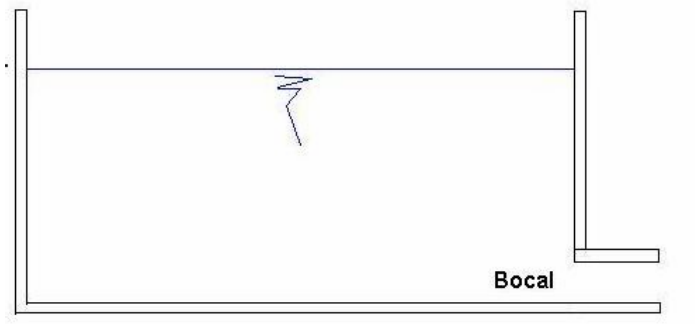
Se o descarregador de fundo for um orifício, podem-se utilizar as fórmulas:

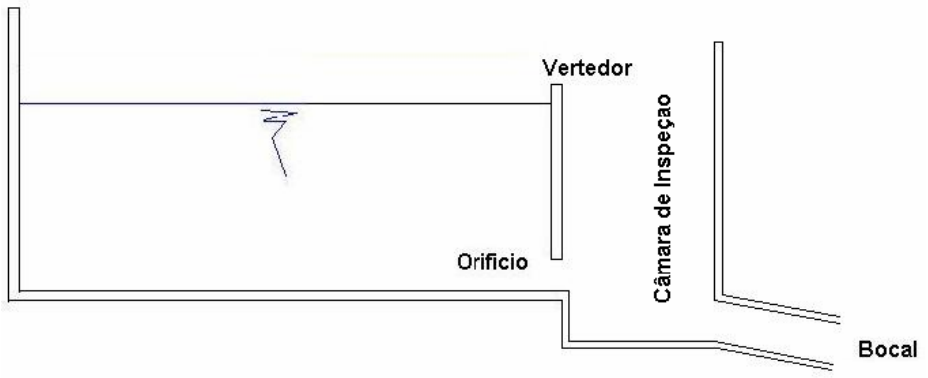
$$Ac = \frac{0{,}37.Qpd}{\sqrt{hc}} \text{ ou } D = \frac{0{,}69.\sqrt{Qpd}}{\sqrt[4]{hc}}$$



Ou, para um bocal como descarregador de fundo:

$$Ac = \frac{0{,}45.Qpd}{\sqrt{hc}} \text{ ou } D = \frac{0{,}76.\sqrt{Qpd}}{\sqrt[4]{hc}}$$





Onde: *Qpd* = vazão de pré-desenvolvimento (m^3/s); *hc* = diferença entre o nível máximo da água e o ponto médio da abertura da seção de saída (m); e *Ac* = área da seção transversal do descarregador (m^2).

Se o descarregador de fundo for circular (tubo), a área da seção transversal pode ser calculada pela fórmula do bocal e utilizada tabela a seguir a seguir para consultar o diâmetro ou calculá-lo através da fórmula: $d(mm) = 1000.\sqrt{1{,}273.Ac}$.

Áreas da seção transversal dos descarregadores de fundo circulares:

Área (m2)	Diâmetro comercial (mm)
0,00049	25
0,00071	30
0,00080	32
0,00126	40
0,00196	50
0,00283	60
0,00785	100
0,01766	150
0,03140	200
0,07065	300
0,12560	400
0,19625	500
0,28260	600
0,38465	700
0,50240	800

Opta-se sempre pela seção transversal ou diâmetro imediatamente inferior, quando os valores não coincidirem com os disponíveis no mercado. Se a seção transversal for menor que 0,0049 ou diâmetro menor que 25 mm, deve-se utilizar o diâmetro menor (25 mm). Ocorrendo em determinadas bacias ou regiões de bacias, em que os lotes são pequenos (p.ex., lotes com menos de 400 m2 e limitações quanto à profundidade em que hc $\approx$ 1,0 m), os diâmetros mínimos serão menores que os comerciais (25 mm), resultando numa vazão específica maior que a de pré-desenvolvimento. Neste caso, as caixas de retenção nas vias públicas deverão compensar a vazão excedente e/ou a área de impermeabilização deverá ser reduzida, ou ainda, dependendo da posição na paisagem, em áreas próximas a fundos de vale, onde não há risco de solapamento de solo por saturação de umidade, pode ser avaliada a implantação de trincheiras de infiltração associadas à pavimentos permeáveis.

A caixa de retenção poderá ter apenas um descarregador no topo (vertedouro), que possibilita o deságüe de volumes excedentes, para reuso da água de chuva. O reuso deve ser incentivado uma vez que promove economia de água, tanto do ponto de vista no consumo e tarifa do proprietário do imóvel, como produz economia da água do manancial. Neste caso, a vazão específica deve ser avaliada pelo consumo médio da água em reuso.

As águas provenientes de telhados normalmente possuem menos sedimentos que águas de escoamento superficial no lote. Por isto, é possível que seja vantajoso construir duas caixas de retenção: uma para retenção da água de escoamento superficial no lote (água excedente não infiltrada) e outra para armazenamento exclusivo das águas de coberturas.

Nas áreas públicas, sobretudo nas vias públicas e ao longo da rede de águas pluviais e sarjetas, a retenção é *on-line,* procedendo-se o dimensionamento da mesma forma que a apresentada anteriormente para os lotes. Neste dimensionamento, é possível aumentar o volume de armazenamento para incorporar parte do volume dos lotes, diminuindo a dimensão destes. É uma questão de negociação ou decisão política, já que o custo do armazenamento necessário é transferido do privado para o público.

IV.5 *Aspectos construtivos para novo padrão climático.*

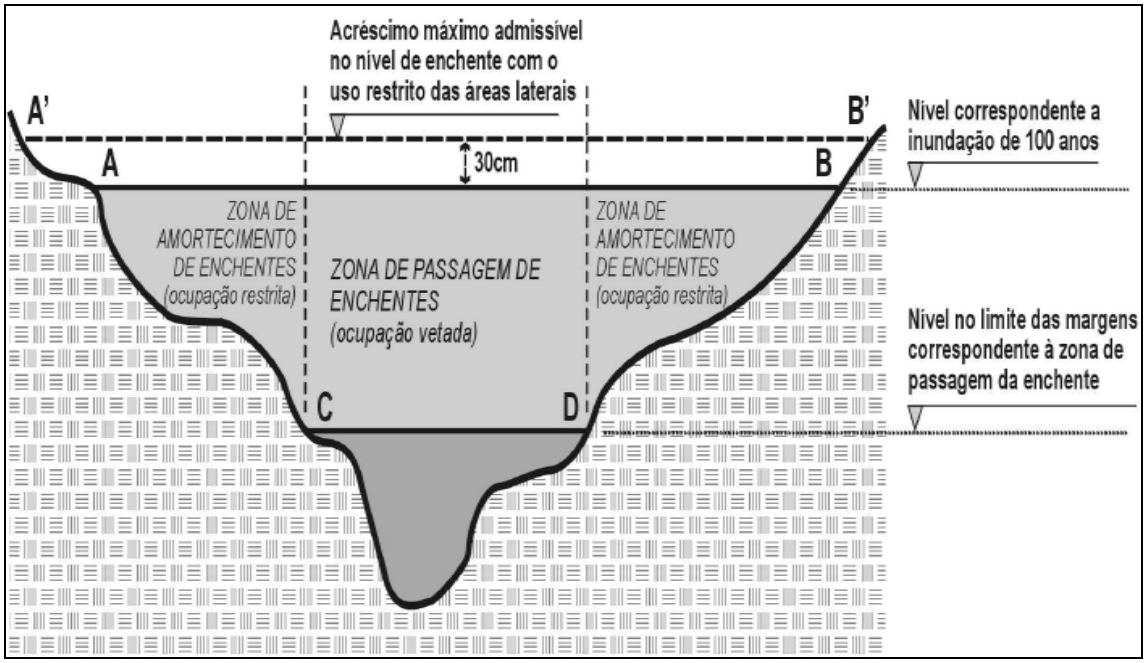
Além da exigência de medidas ou dispositivos para contenção das águas nos lotes, é sempre válido destacar que, em se configurando um padrão climático com eventos de chuvas associadas a ventos fortes, o padrão construtivo das edificações deve ser compatível – telhados mais resistentes aos ventos, calhas ampliadas, etc. Isto reduz o risco de acidentes, uma vez que nos eventos extremos não somente as áreas ribeirinhas são afetadas, mas as suscetíveis aos demais fenômenos dos eventos críticos.

V. **Medidas não estruturais**

Conforme tratado anteriormente, as medidas não estruturais são, por definição, as que "procuram reduzir impactos sem modificar o risco das enchentes naturais". (Collischonn, 2001), ou, "são aquelas em que os prejuízos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes" (Tucci, 2006). São exemplos: zoneamento da ocupação do solo, sistemas de alerta, educação ambiental e de convívio com as cheias, capacitação de pessoal, seguro, normas e procedimentos técnicos, treinamento de pessoal, etc. São medidas preventivas e pró-ativas, de menor custo e com efeitos de maior longevidade, uma vez que são incorporadas no funcionamento das cidades, através dos instrumentos legais, nos procedimentos técnicos e no comportamento da população.

V.1 Zoneamento das áreas de risco

O zoneamento consiste em demarcar as áreas suscetíveis às cheias urbanas e à riscos excepcionais como o rompimento de reservatórios.



No zoneamento são definidos três níveis ou faixas em função do risco a inundações:

1 – Zona de passagem de enchente (leito menor)
2 – Zona com restrições (leito maior)
3 – Zona de baixo risco.

As duas primeiras são vetadas à ocupação. A primeira é objeto de relocação de imóveis. A segunda a relocação pode ser protelada e realizada no decorrer do tempo com a execução do Plano Diretor, através da não concessão ou não renovação de alvarás, sob assunção de risco pelo proprietário.

A terceira tem restrições de uso e ocupação e pode ser ocupada sob determinadas condições, como a construção sobre pelotis, pisos acima da cota definida por esta zona (cota de cheia de TR = 100 anos + 30 cm), cercas e muros vazados para não obstrução do caminho das águas, entre outras, também sob responsabilidade e risco do proprietário.

Admitindo-se a implantação de bacias de retenção e demais medidas de amortecimento das ondas ou picos de cheia, reduzem os riscos e as áreas sujeitas a alagamentos, assim estas cotas perdem o sentido, uma vez que a regularização limita as vazões. Neste caso, outra cota de risco deve ser definida; a cota de risco sob a hipótese de rompimento da barragem. De qualquer forma, até que as intervenções sejam realizadas, é prudente tomar como referência de zona de risco a área afetada pela maior cheia conhecida (dez/2009).

As zonas de risco a ondas geradas pelo rompimento de reservatórios, como das bacias de contenção requerem estudos específicos, que levam em consideração os aspectos construtivos das barragens (inclusive as existentes co outros fins, como para piscicultura ou tratamento de água ou efluentes), utilizando modelos e métodos cinemáticos. É recomendável que, na contratação de projetos de barragens, tais análises sejam contempladas no objeto da licitação.

No caso de Pato Branco, mesmo que as bacias de contenção regulem as vazões a partir dos exutórios, fixadas vazões efluentes para as produzidas por chuvas de TR = 10 anos, cujos valores são bastante razoáveis para a capacidade da rede de macrodrenagem, as áreas à montante não tem nenhuma amortização de cheias até que as medidas de controle propostas para a microdrenagem e na fonte sejam implantadas. Embora estas áreas mereçam atenção neste aspecto, a paisagem onde estão inseridas e as declividades dos leitos dos cursos d'água, não apontam para riscos de alagamentos, uma vez que os leitos são relativamente encaixados.

O risco está na velocidade do escoamento que deverá ser controlado pelas medidas na microdrenagem e na fonte (esta é a função principal destas medidas) e, em alguns casos (poucos) podem se configurar situações de risco a solapamento, que pode ocorrer se houver infiltração contínua e excessiva associada à drenagem deficiente.

Diante destes aspectos e da perspectiva da implementação das medidas estruturais, as áreas de risco podem ser definidas:

1. Pelas áreas atingidas pelas inundações de 2009/2010, até que as bacias de retenção não sejam implantadas;
2. Cota de risco de rompimento das futuras barragens: cotas de 6 m acima do nível médio dos cursos d'água, mensurados ao longo do greide das calhas dos rios, após a implantação das medidas estruturais (valor a ser revisto após o estudo de risco das barragens);
3. Locais onde a declividade é maior que 15% (representa 3,2% da área urbana) há que se dar atenção quanto à drenagem e a não adoção de qualquer dispositivo de infiltração de água, com a finalidade de prevenir o encharcamento e solapamento do solo.

V.2 Educação ambiental

A mudança de comportamento da população é fundamental em três enfoques, que devem orientar as ações de educação ambiental:

(a) a ocupação do solo em conformidade com o plano diretor;
(b) o acondicionamento e a destinação adequada dos resíduos; e
(c) o respeito em relação ao aos recursos hídricos, principalmente em relação ao clima, a dinâmica hídrica (escoamentos) e na qualidade das águas.

No tocante às cheias urbanas, mesmo que as medidas estruturais tenham impacto positivo e gerem certo conforto, é imprescindível uma mudança de comportamento consciente por parte dos cidadãos. Uma vez a população compreenda e incorpore novos comportamentos em relação aos recursos hídricos, à ocupação do solo e na gestão dos resíduos, ações onerosas do poder público são dispensáveis. Em ações relacionadas à cidadania e educação em meio ambiente e saúde pública (além de outras áreas), não há estrutura ou recursos públicos suficientes que resolvam de forma eficaz os problemas da comunidade senão os próprios cidadãos.

Como estratégia, sugere-se:

1) realizar campanhas de conscientização, formais e informais, envolvendo diferentes atores da comunidade, seja do setor público, privado ou do terceiro setor (ONGs).
   São exemplos:
   - elaborar cartilha “combatendo e convivendo com as águas”;
   - campanhas de arborização e aumento das áreas de permeabilidade;
   - campanhas para implantação de caixas de retenção;
   - campanha para condicionamento e destinação adequada de resíduos (fundo de quintal);
   - campanhas associadas (todos os eventos apoiados ou promovidos pela PMPB, devem eleger temas das campanhas);
   - internalizar de forma contínua os temas relacionados nas escolas;
   - inserir frases de efeito sobre prevenção às cheias nos documentos públicos (IPTU e outros) e da rede bancária local.

2) Incorporar aos benefícios públicos (serviços e incentivos fiscais) as boas práticas sócio-ambientais que promovam as medidas de conservação dos recursos hídricos e controle de cheias;
   São exemplos:
   - implantar caixas de retenção e sistema de drenagem nos lotes;
   - adotar o reuso da água para usos secundários
   - mudar o comportamento no acondicionamento de resíduos e entulhos;
   - realizar o uso e ocupação do solo em consonância com o Plano Diretor, etc.

3) Elaboração de materiais e eventos de divulgação abordando:
   - O que é e como ocorrem as cheias urbanas (dinâmica de um evento de cheia)
   - Onde ocorrem as cheias, suas causas e conseqüências

- Quais as épocas e situações críticas;
- Quais as medidas a serem adotadas, pelos cidadãos e pelo poder público – medidas estruturais e não estruturais, destacando as mudanças necessárias no comportamento individual e coletivo.
- Como deve funcionar o sistema de alerta
- Quais as ações a serem tomadas no caso de um alerta de cheia e durante um evento de cheia (planejamento da defesa civil às emergências)

4) É fundamental que sejam divulgadas as medidas e normas municipais sobre cheias e recursos hídricos, com foco nos engenheiros, arquitetos, agrônomos e geólogos, entre outros profissionais, da população e de administradores públicos, para que as decisões públicas sejam tomadas conscientemente por todos;

V.3 Monitoramento e Sistema de alerta às cheias

Os sistemas de alerta às cheias fazem parte de um arcabouço de medidas de monitoramento que se inicia na observação e previsão climática e termina na divulgação e orientação à população no caso de eventos críticos.

São sistemas porque envolvem a ação de diversos atores e diversos mecanismos inter-relacionados aos riscos ambientais. Numa visão mais ampla, os riscos ambientais podem ser definidos como:

a. Riscos tecnológicos – vazamentos de produtos tóxicos, radioativos e inflamáveis, colisões, descargas elétricas, falhas no abastecimento de água, energia e alimentos, etc.
b. Riscos Sociais: comoção e convulsão social, roubos, assaltos, saques, perda de vidas, etc.
c. Riscos econômicos: perdas e danos ao patrimônio e produtos, prejuízos econômicos pela paralisação ou inviabilização da produção agrícola, industrial ou nos serviços.
d. Riscos Naturais: podem ser subdivididos em:
    - Biológicos: proliferação de doenças, pragas, intoxicações decorrentes da fauna, da flora e de produtos elaborados;
    - Físicos:
        - Atmosféricos: Furacões, tornados, raios, seca, enchentes;
        - Geológicos: Terremotos, vulcões e tsunamis (endógenos) e escorregamentos solapamentos, erosões, assoreamentos (exógenos).
        - Hidrológicos: Enchentes e inundações.

Dependendo da proporção dos eventos, todos podem estar associados em diferentes graus. Em enchentes de grandes proporções, normalmente tem associados.

No caso de Pato Branco, as chuvas intensas que geram enchentes, normalmente trazem riscos à integridade das edificações, através de ventos fortes que podem, inclusive trazer riscos à vida.
A posição da cidade na paisagem, devido ao relevo e que as bacias são pequenas à montante dos pontos de enchente, não trazendo possibilidades de alagamento em grandes áreas, porém, os deflúvios podem ser rápidos, portanto com riscos que devem ser considerados em dois momentos: até a implantação das medidas estruturais e posteriormente com o risco de rompimento das barragens.

O monitoramento do nível das águas é importante para gerar informações sobre o comportamento hidrológico e hidráulico da rede de drenagem e, assim, fornecer informações importantes para o planejamento e gestão urbana. Pouco ou nada adianta para a previsão de eventos de enchente. O monitoramento do nível dos rios é importante em bacias maiores, com tempos de concentração ou de pico de magnitude de muitas horas ou dias, como é o caso do Rio Iguaçu, em que o acompanhamento das ondas de cheias permite alerta às populações à jusante com muitas horas de antecedência.

O ambiente e a dinâmica dos eventos de cheias em Pato Branco pode ser inferido através do monitoramento climático, da previsão de massas atmosféricas de capazes de produzir chuvas intensas. Mesmo assim, a previsão de eventos localizados, que é a tendência que se configura, é de difícil previsão, devido à escala do contexto em que a cidade está inserida.

Desta forma, é imprescindível a implantação de um serviço municipal de acompanhamento do monitoramento climático em tempo integral, associado a um sistema de alerta, sem prejuízo do monitoramento do nível das águas (réguas limnimétricas) e, principalmente da implantação de padrões construtivos compatíveis com chuvas e ventos intensos (telhados resistentes, calhas bem dimensionadas e demais medidas de controle estrutural e não estrutural).

O custo deste serviço é bastante reduzido frente às vantagens obtidas com a prevenção aos eventos e devido à possibilidade de associação a serviços já existentes, como o do SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná, INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, entre outros. Este monitoramento pode ser realizado por convênio com outras instituições afins, como universidades e instituições ligadas à agricultura, uma vez que o alerta à estiagens também traz benefícios.

Do ponto de vista qualitativo das águas, é importante implantar uma sistemática de coleta de amostras e análise de água em pelo menos 4 pontos da rede fluvial urbana:

(a) antes do início da galeria do rio Ligeiro (sub-bacia definida como P2)
(b) imediatamente antes da foz do Córrego Fundo (sub-bacia P4)
(c) imediatamente antes da foz do Ribeirão dos Penso (sub-bacia P6)
(d) imediatamente após a foz do Ribeirão dos Penso (Sub-bacia P8)

A periodicidade de coleta poderá ser (i) semestral, fixando-se a coleta 3 dias após a ocorrência de um evento de chuva, (ii) na ocorrência de um evento excepcional (poluição visível da água e odores).

Os parâmetros mínimos recomendados são os que possibilitam a obtenção do IQA – índice de qualidade da água: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio - 5 dias, 20ºC (DBO), coliformes termotolerantes, nitrogênio total (Nt), fósforo total (Pt), sólidos totais e turbidez.

Há ainda que se implementar, no município:

- Implantar rede de monitoramento fluviométrico (réguas em pontos de observação);
- Promover a densificação e melhoria da rede de observação meteorológica e serviços de monitoramento climático (pluviografia, velocidade dos ventos, umidade relativa e temperatura), preferencialmente através de estações telemétricas;
- Sistemática de obtenção de dados, preferencialmente em tempo real, ou próximo;
- Local de armazenamento de dados;
- Canais de comunicação e orientação à população,
- Orientação prévia da população, especialmente às mais próximas das áreas de risco, quanto às preventivas e ações a serem tomadas durante os eventos;
- Promover a divulgação e educação da população sobre todos os aspectos anteriores (ação intimamente ligada à educação ambiental e à implementação das medidas de controle de cheias).
- Estabelecer convênios com os atores ou instituições que se fizerem necessários.

V.3.1 Previsões de curto prazo e modelagem

A partir de análises de séries de dados climáticos e fluviométricos, é possível ajustar ou calibrar modelos de previsão de cheias (do tipo precipitação-vazão) em cada sub-bacia do município. Esta modelagem permite prever ao longo dos cursos d'água as cotas de cada evento. Mas há alguns problemas relacionados aos dados, como a falta de dados de pluviografia, poucos dados pluviográficos e inexistência de dados fluviográficos, que permitiriam a calibração dos modelos. Além disto, algum investimento seria necessário em levantamentos plani-altmétricos e topobatimétricos da calha dos cursos d'água.

A implantação de réguas limnimétricas e melhoria na rede de monitoramento climático e a modelagem para o gerenciamento do sistema de controle de cheias são investimentos indispensáveis, até porque são necessários para a operação do sistema de medidas estruturais, que se baseia na regularização das vazões (macro e microdrenagem). Após a implementação destas medidas é que os levantamentos do meio físico (cartográficos) em maior detalhamento, devem ser realizados e a demarcação de áreas de risco (contemplando o risco de rompimento de barragens).

Realizadas as intervenções, especialmente as de macrodrenagem, e implantadas as réguas fluviométricas e o monitoramento climático, será necessário calibrar modelos de precipitação-vazão para que o sistema de alerta opere com eficácia.

V.3.2 Rompimento de barragens

Diante da construção de barragens das bacias de regularização (retenção) na área urbana da cidade, sendo que à jusante destas estarão as áreas mais densificadas, cabe uma análise mais detalhada.

Segundo Tucci (2010), *"a construção de uma barragem num rio envolve sempre o risco de colapso, mesmo que a mesma tenha sido construída com o melhor conhecimento técnico. Este risco pode ser minimizado quando existe um programa preventivo de segurança de barragem, mas nunca eliminado. A chance de rompimento é pequena, da ordem 1 para 1 milhão para bons projetos (um pouco inferior ao risco de queda de um avião), mas não é nulo. Este risco aumenta quando procedimentos preventivos não são rotineiros e varia com o tipo de barragem, altura, características do vertedor, entre outros.*

A fase mais crítica, portanto, é a fase de projeto e construção. Falhas na concepção e construção podem trazer sérios problemas futuros. "Em segundo lugar, na operação e manutenção dos reservatórios".

O pesquisador destaca ainda que há três processos fundamentais na análise do rompimento de uma barragem:
(a) formação da brecha[6] (no tempo) e o hidrograma correspondente para jusante;
(b) propagação do escoamento pelo vale de inundação e estimativa dos impactos; e
(c) a onda negativa para montante e seu efeito (geralmente pequeno).

Estes processos devem ser analisados no momento da construção das barragens, buscando-se a maior segurança, uma vez que a onda gerada pelo rompimento de uma estrutura é maior que a onda de cheia gerada na condição da não existência da barragem.

Segundo Tucci, as principais causas de rompimentos de barragens, baseados em estatísticas mundiais são: 34% devido à falta de capacidade dos vertedores; 30% devido a problemas de fundação e 28% devido à percolação do maciço e 8% decorrente de outras causas.

Com o advento (e suas conseqüências) do rompimento de algumas barragens nos últimos anos, em setembro de 2010 foi sancionada a Lei 12.334/10, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens.

[6] Basicamente dois tipos: *piping* que origina num orifício que cresce na barragem até seu rompimento e *dumping-off*, que é a erosão a partir da crista da barragem, quando esta é ultrapassada (vertedouro não funcionou adequadamente ou foi mal projetado)

No Parágrafo único do artigo 1.o, a Lei define quais barragens a Política Nacional de Segurança de barragens se aplica, ou seja: "aplica-se a barragens destinadas à *acumulação de água para quaisquer usos*, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais que apresentem pelo menos uma das seguintes características:

I - altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m (quinze metros);

II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos);

III - reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;

IV - categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 6o. (transcrito mais adiante)

Entre os objetivos da lei, estão (ar.3.o):

I - garantir a observância de padrões de segurança de barragens de maneira a reduzir a possibilidade de acidente e suas conseqüências;

II - regulamentar as ações de segurança a serem adotadas nas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros de barragens em todo o território nacional;

III - promover o monitoramento e o acompanhamento das ações de segurança empregadas pelos responsáveis por barragens;

IV - criar condições para que se amplie o universo de controle de barragens pelo poder público, com base na fiscalização, orientação e correção das ações de segurança;

V - coligir informações que subsidiem o gerenciamento da segurança de barragens pelos governos;

VI - estabelecer conformidades de natureza técnica que permitam a avaliação da adequação aos parâmetros estabelecidos pelo poder público;

VII - fomentar a cultura de segurança de barragens e gestão de riscos.

Os fundamentos e a fiscalização, são definidos no artigo "Art. 4o - São fundamentos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB):

I - a segurança de uma barragem deve ser considerada nas suas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro *de* enchimento *e segundo* o vertimento,

operação, desativação e de usos futuros;

II - a população deve ser informada e estimulada a participar, direta ou indiretamente, das ações preventivas e emergenciais;

III - o empreendedor é o responsável legal pela segurança da barragem, cabendo-lhe o desenvolvimento de ações para garanti-la;

IV - a promoção de mecanismos de participação e controle social;

V - a segurança de uma barragem influi diretamente na sua sustentabilidade e no alcance de seus potenciais efeitos sociais e ambientais."

Art. 6o São instrumentos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB):
I - o sistema de classificação de barragens por categoria de risco e por dano potencial associado;
II - o Plano de Segurança de Barragem;
III - o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB);
IV - o Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente (SINIMA);
V - o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;
VI - o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais;
VII - o Relatório de Segurança de Barragens.

A art. 8.o trata do Plano de Segurança da Barragem e estabelece que deve conter, no mínimo, as seguintes informações:
I - identificação do empreendedor;
II - dados técnicos referentes à implantação do empreendimento, inclusive, no caso de empreendimentos construídos após a promulgação desta Lei, do projeto como construído, bem como aqueles necessários para a operação e manutenção da
barragem;
III - estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem;
IV - manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem;
V - regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem;
VI - indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos, a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes, exceto aqueles indispensáveis à manutenção e à operação da barragem;
VII - Plano de Ação de Emergência (PAE), quando exigido;
VIII - relatórios das inspeções de segurança;
IX - revisões periódicas de segurança.
§ 1o A periodicidade de atualização, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento dos planos de segurança deverão ser estabelecidos pelo órgão fiscalizador.
§ 2o As exigências indicadas nas inspeções periódicas de segurança da barragem deverão ser contempladas nas atualizações do Plano de Segurança.

Embora a lei tenha aspectos importantes em relação à segurança de barragens, fica claro que houve preocupação voltada aos eventos precedentes, relacionados às barragens de usinas hidrelétricas e de reservatórios de rejeitos e efluentes industriais, ficando as barragens de regularização de cheias com influência em áreas urbanas para a regulamentação, que não está concluída.

Destaca-se este aspecto pela importância que tem o assunto e pela ainda indefinição normativa, assunto esperado para o regulamento da lei, porém é importante

observar todos os princípios e peças técnicas citadas na Lei sejam incluídas na contratação do projeto das barragens.

Ainda, não está claro nas instruções normativas do IAP a exigência de estudos ambientais para bacias de contenção no porte proposto, uma vez que são relativamente de pequeno porte. Porém, há possibilidade de que Estudos de Impacto Ambiental e Planos de Risco e Contingência sejam exigidos pelos órgãos estadual e Federal. Sugere-se que a municipalidade se antecipe às exigências pela segurança que oferecem.

V.4 Controle e fiscalização ambiental

O controle (como alvarás e licenças) e a fiscalização, constituem-se nos mais importantes e definitivos instrumentos de gestão, embora antipáticos à população. Porém, se utilizados como últimas instâncias, são os que efetivamente inibem ou corrigem não conformidades com o planejamento e gestão preconizados, portanto aumentam a segurança e diminuem os riscos.

Diversos aspectos podem ser regulamentados, controlados e fiscalizados posteriormente. Um instrumento promissor é a obrigatoriedade de implantação das medidas de controle na fonte, preferencialmente caixas de retenção de água nos lotes, com infiltração controlada, através da taxa de gestão das águas. A sugestão é estabelecer uma taxa que contemple os custos anuais da implementação e manutenção das medidas de controle das cheias (do monitoramento e sistema de alerta às obras) dividida em função da área dos lotes, adicionado um custo que incentive o aumento da área permeável.

Conforme visto anteriormente, no capítulo sobre microdrenagem e controle na fonte, cada lote deverá reter uma vazão equivalente à vazão de pré-desenvolvimento (natural). O cálculo do dimensionamento para a área impermeável em 100% remete a uma estrutura maior (maior custo de implantação e maiores as limitações nos lotes), o que já é um instrumento que incentiva a manutenção da área permeável. Inicialmente consideram-se todos os lotes como Ai=100%. Cabe ao proprietário comprovar a redução da Ai e redução da taxa.

Na composição da taxa de drenagem urbana, verificar as parcelas para implantação e manutenção do sistema de controle e alerta acrescido o custo do escoamento incompatível com o pré-desenvolvimento. Semelhante à redução do volume ou vazão pré-desenvolvimento a armazenar em cada lote, parte da taxa pode ser reduzida proporcionalmente ao volume armazenado ou área permeável (verde) existente.

Assim que a taxa de gestão das águas entre em vigor, um cadastro de cada lote, semelhante ou conectado ao IPTU, deverá dar suporte à análise dos volumes a reter ou infiltrar (área permeável). Determina-se um prazo para que as medidas sejam tomadas (construção das caixas de retenção) e para que o cálculo dos valores devidos

de cada lote seja realizado. A partir deste prazo, a fiscalização deverá atuar, com todo o rigor que os prejuízos decorrentes das cheias possam produzir.

Todos os aspectos regulamentados no Plano Diretor devem ser fiscalizados, partindo-se da regularidade das ocupações, as áreas permeáveis, os volumes retidos, etc.

Devem ser fiscalizadas as práticas de conservação do solo e da água nas áreas rurais nas bacias urbanas ou de influência às cheias urbanas, estejam elas dentro ou fora do perímetro urbano.

Outro aspecto importante é a fiscalização dos lançamentos de água servida, esgoto ou efluentes diversos na rede de águas pluviais, ou vice-versa, a ligação das águas pluviais na rede de esgoto. Isto ocorre em Pato Branco e necessita levantamento para localização de separação das redes, uma vez que ambas são prejudicadas. Lançamentos de esgoto na rede pluvial resultam em poluição de problemas de saúde pública (especialmente em eventos de enchentes). Águas pluviais na rede de esgoto prejudicam a operação de sistemas de tratamento, resultando em poluição hídrica a jusante e odores desagradáveis. Portanto, é imprescindível que medidas fiscalizatórias rigorosas e contínuas sejam adotadas.

Destinação adequada de resíduos e entulhos

Conforme já tratado, a destinação adequada dos resíduos é fundamental, uma vez que entulhos e resíduos dispostos inadequadamente agravam os problemas de cheias e saúde pública. Para tanto, o Plano Municipal de Gestão de Resíduos é um instrumento a ser integrado às ações de fiscalização do Plano Diretor e de controle de cheias.

VI. Viabilidade (avaliação econômica das alternativas e custos de operação),

As medidas de proteção e controle de enchentes baseiam-se em geral no equilíbrio entre o custo das medidas mitigadoras e a redução dos prejuízos causados pelas enchentes (Franco, 2004). Devem-se considerar todos os custos, inclusive dos impostos A viabilidade do controle de enchente depende da relação entre os custos das obras preventivas e a economia resultante da redução dos prejuízos decorrentes de sua implantação (PINTO, 1987). No caso de bacias de detenção, os custos da obra dependem, entre outros fatores, do volume máximo detido durante os eventos de chuva. (Franco, 2004). Desta forma, a análise de custo entre as alternativas é baseada no custo por unidade volumétrica de água que a medida dará conta, por regularização (bacias de contenção) ou por condução (canalização).

A definição objetiva do tempo de duração da chuva crítica permite definir de modo direto, o volume de detenção máximo, em função da freqüência das ocorrências e da

vazão efluente. A definição da freqüência (tempo de retorno) dependerá de considerações econômicas comparando o custo da bacia de detenção com o valor dos danos evitados. (Franco, 2004). No caso de Pato Branco, a recorrência de chuvas foi fixada e microdrenagem, 100 anos na operação e 200 de segurança nas bacias de contenção.

Segundo Franco, 2004, devido a dificuldades em avaliar objetivamente o custo das falhas, principalmente custos indiretos e custos intangíveis, na prática, a fixação do tempo de recorrência normalmente é feita por critérios estabelecidos em normas ou consagrados pela prática da Engenharia, e referidos na literatura em tabelas que consideram em geral:

- Vida útil da obra;
- Tipo de estrutura;
- Facilidade de reparação;
- Perigo de perdas de vida;
- Ocupação da área afetada;
- Incertezas hidrológicas.

Por exemplo, numa avaliação do tempo de recorrência em função do tipo de obra poderiam ser adotados como critérios de referências, aqueles listados na Tabela 2.

TABELA 2 - TEMPO DE RECORRÊNCIA EM FUNÇÃO DO TIPO DE OBRA.

Tipo da Obra	Tempo de Recorrência (anos)
Extravasor de uma barragem de terra	10000
Extravasor de uma barragem galgável de concreto	1000
Barragens de concreto, pequenas, para abastecimento de água	100 a 500
Galeria de águas pluviais	5 a 20

Normalmente as medidas de macrodrenagem são realizadas pelo poder público (municipal ou federal), o que transfere o financiamento para os recursos públicos. Os demais custos da implantação das medidas estruturais e não estruturais, estes nos lotes ou nas vias públicas, bem como da operação e manutenção da drenagem urbana devem ser transferidos aos proprietários dos lotes, proporcionalmente a sua área impermeável, que é a geradora de volume adicional, com relação às condições naturais.

A análise de viabilidade de fenômenos naturais que afetam áreas em desenvolvimento está entre os mais difíceis e imprecisos, sendo úteis como referenciais à tomada de decisão. Isto ocorre pela incerteza dos eventos naturais e pela possibilidade de implantação de medidas que guardam entre si diferentes eficiências e estratégias. Por exemplo: como estimar o impacto positivo da mudança de comportamento da população em relação à gestão ou destinação adequada dos resíduos e rejeitos ? Qualquer valor apresentado é questionável, exceto a certeza que há impactos positivos.

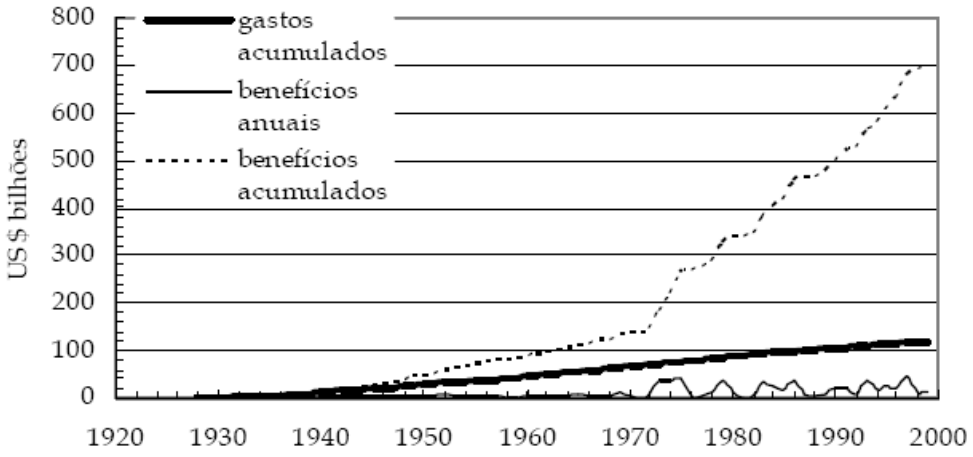
Além disto, os custos são bastante variáveis entre as medidas tomadas, a forma de implementação ou execução das obras e serviços, o grau de implementação das medidas não estruturais para que surtam resultados eficazes (como a necessidade de mais ou menos ações de educação ambiental para que promovam as mudanças esperadas), entre outros aspectos que tornam incertas as análises.

Em sociedades culturalmente desenvolvidas, os custos são reduzidos uma vê que os cidadãos compreendem, aceitam e praticam mais facilmente as medidas preventivas. Há nestas sociedades um compromisso e respeito individual aos assuntos coletivos, há uma co-responsabilidade social assumida e internalizada na comunidade. O custo das mudanças culturais e de comportamento é de difícil previsão.

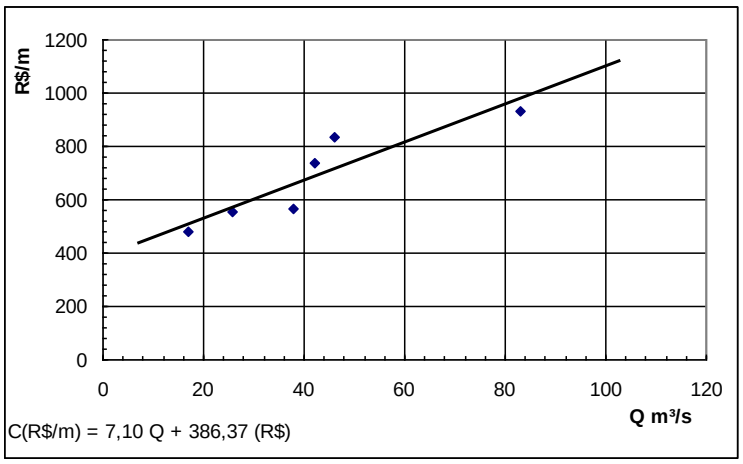
Normalmente a viabilidade é feita com maior facilidade, e ainda parcialmente, após os eventos ocorridos. Estimam-se os prejuízos decorrentes de determinados eventos (passados) e confronta-se com custos (também) estimativos das possíveis medidas que deveriam ser implementadas. Ao final, ficam sempre duas afirmativas que definem a viabilidade:

- qual o custo de uma (ou mais) vida perdida durante eventos que poderiam ter seus efeitos ou conseqüências controlados e evitados ?
- qual o custo da incerteza de eventos de cheias ao desenvolvimento da cidade ?

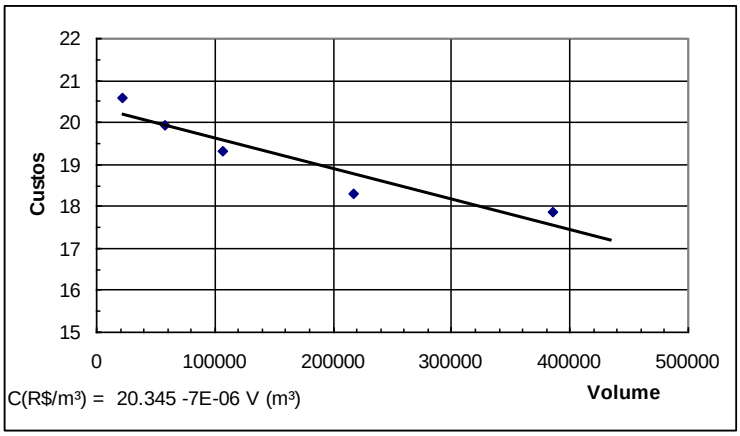
Priscolli (2004), ao contabilizar diversos investimentos, nas condições norte-americanas, demonstra que os benefícios dos investimentos no controle de cheias é crescente ao longo do tempo. (figura a seguir)



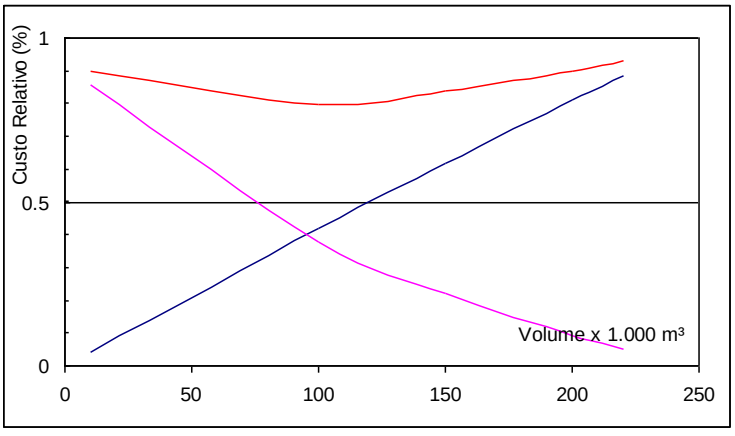
Normalmente a tomada de decisão em relação aos investimentos e medidas de controle de cheias é um processo complexo e exige estudos de diversas alternativas. No caso de Pato Branco, definida a estratégia de regularização de vazão (ou amortização de picos de cheia), a posição das áreas urbanas nas cabeceiras das três bacias, parcialmente urbanizadas, não há outras alternativas senão a implantação de novas bacias de contenção à montante das propostas (todas de menor porte), bem como a implantação de estruturas de retenção de água ao longo da rede de microdrenagem e nos lotes (na fonte).



Custos de canalização



Custos de barragens



Custo relativo

A canalização (ou ampliação da canalização existente) nas áreas sujeitas a alagamentos em Pato Branco é uma opção bastante restrita, uma vez que as galerias do rio ligeiro têm fundações de diversas edificações no seu entorno próximo. Portanto, neste caso, não se trata de uma análise de viabilidade entre alternativas compostas de diferentes graus de intervenção com canais e bacias de regularização (retenção ou contenção).

Considerando os volumes excedentes a serem regularizados, sabe-se que a estratégia de canalização tem custos mais elevados, em relação às medidas de regularização de vazões, além de que uma possível ampliação na galeria teria vida útil curta. Isto já indica a decisão a tomar, uma vez que os critérios técnicos de redução de vazões e cotas áreas de bacias de contenção passam a ter maior importância na viabilidade.

Em termos de custos, podem-se citar valores aproximados citados na literatura, de projetos realizados, acrescidos das primeiras intervenções decorrentes deste Plano:

- o custo das detenções/retenções[7]:
    - abertas da ordem de R$ 190,00 a 220,00/m^3
    - fechadas R$ 950,00 a 1.310,00/m^3
- Canais e condutos podem produzir custos 10 vezes maiores que o controle na fonte e a canalização aumentam os picos para jusante, exigindo ais investimentos a jusante;
- Estes custos variam com desapropriação, uso de bombas, operação e manutenção.
- As estimativas de custo anual para operação e manutenção ficam da ordem de 2 a 5% do investimento, dependendo da quantidade de material sólido e freqüência com que a detenção deve ser limpa (inundações).
- O orçamento do canal do Córrego Fundo está na ordem de
- O orçamento da bacia de retenção do Córrego Fundo está na ordem de:
    - Canal: R$ 2.075.000,00 / 450m de canal
    - Bacia de retenção: R$ 7.760.000 / 220.000 m^3 = R$ 35,27 / m^3

    Neste caso não há como comparar alternativas no Córrego Fundo porque o canal é complementar à bacia. A vazão de saída (regularizada) pelo canal é a vazão máxima projetada do Canal (aprox. 41,0 m^3/s). Além disto, este canal tem custo reduzido porque requer pouca escavação, uma vez que será construído no leito do córrego e sua extensão representa parte do trecho entre a bacia e a foz no rio Ligeiro. De qualquer forma, embora o orçamento seja preliminar, o valor de R$ 35,27/m^3 armazenado é expressivamente mais baixo que o valor estimado em outros projetos (mais de R$ 190,00/m^3).

VI.1 Custos das medidas não estruturais

Em relação aos custos das medidas não estruturais, neste momento de elaboração do Plano de Controle de Cheias, estar-se-ia gerando informações imprecisas em relação aos custos, dada a intangibilidade em relação às demandas e recursos existentes. Estas medidas requerem projetos específicos, além de que muitas ações devem ser incorporadas às atividades já existentes no município.

[7] Valores atualizados a partir dos valores originais de Collischonn (abr/2001) - R$ 100–120 e R$ 500-700

VI.2 Instrumentos e mecanismos financeiros e econômicos para viabilizar as medidas

A taxa de gestão das águas pluviais é uma taxa justa tendo em vista que ela visa cobrir os custos dos escoamentos excedentes gerados pelos proprietários dos imóveis. Mesmo os escoamentos excedentes gerado nas áreas públicas devem ter seu custo socializado, ou seja, pago proporcionalmente às áreas de lotes.

De outra forma, além da taxa e dos recursos do erário público municipal, há programas no governo federal para controle das cheias, que a prefeitura de Pato Branco já acessa com competência, face aos recursos já liberados e os projetos em andamento.
Existem programas que oferecem recursos técnicos e financeiros ao controle de cheias e temas associados, nos Ministérios das Cidades, Integração Nacional, Meio Ambiente e Ciência e tecnologia

VII. Legislação e regulamentação

Dada a complexidade do problema das cheias e a cumulatividade dos fenômenos, iniciando pela mudança da cobertura original, passando pela impermeabilização do solo e ocupação das áreas inundáveis (que crescem com o aumento dos deflúvios), é agravado pelo lixo que obstrui a drenagem que se torna obsoleta à medida que o tempo passa.

É imprescindível que a normatização seja ancorada no ordenamento territorial. Pato Branco já possui um Plano Diretor, em fase implementação, que orienta o crescimento e considera aspectos relacionados ao ambiente e às águas. Uma peça elementar é a regulação das ocupações, onde são definidas regras, índices e parâmetros que balizam as intervenções urbanísticas. É importante destacar este planejamento na ótica de que há princípios técnicos que embasam as ações de ordenamento do uso e ocupação do solo, com medidas corretivas e preventivas, o que garante a minimização de problemas futuros. Daí a importância na normatização e implementação do Plano Diretor.

A sugestão para complementação da legislação municipal é criar um instrumento de gestão importante, a ***taxa de gestão das águas*** pluviais; estabelecendo os procedimentos de cálculo do imposto em função da vazão gerada pela impermeabilização, e a soma dos custos de monitoramento de cheias, implementação das medidas estruturais e não estruturais e os custos de operação do sistema de monitoramento, alerta e fiscalização.

Embora exista uma lei estadual de solos agrícolas no Paraná, havendo uma área expressiva de uso agrícola nas bacias em questão, seria importante criar uma legislação específica que tratasse da conservação de solos e águas nas bacias com influência urbana e de mananciais, tanto de abastecimento público como critérios para a irrigação agrícola. (Lei de Solos e recursos hídricos de Pato Branco).

As demais medidas legislativas já estão incluídas no plano diretor, que deverão ser implementadas e fiscalizadas.

VIII. Relatório da audiência pública

A ata da audiência pública encontra-se no Anexo I

IX. Recomendações para intervenções

A principal recomendação para as intervenções é iniciar pela construção das bacias de contenção, simultaneamente à normatização (na legislação municipal do Plano Diretor) a taxa de gestão das águas e obrigatoriedade de implantação das estruturas de controle na fonte pelos proprietários de lotes.

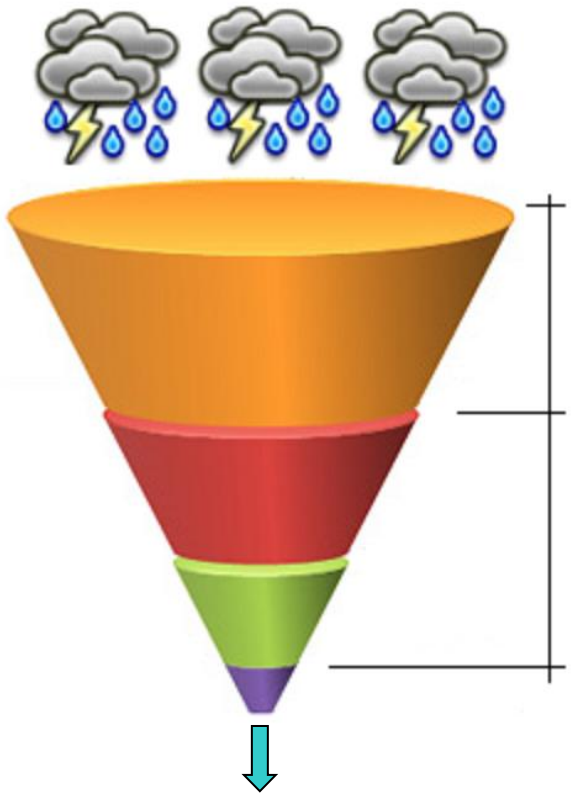
É importante destacar que na licitação de projetos, há necessidade de elaboração de estudos ambientais (RAS – Relatório Ambiental Simplificado) e de risco (Plano de Segurança de Reservatórios). Tendo que as maiores obras se constituem nas barragens, e estas reduzem substancialmente as atuais áreas de risco (redefinindo-as), os estudos de risco devem contemplar a simulação de propagação de ondas pela aberturas de comportas e possíveis rompimentos de barragens através de modelos de onda cinemática.

Posteriormente, os trabalhos devem concentra-se nas medidas não estruturais e na incorporação de procedimentos de qualidade na construção, visando as intervenções na microdrenagem. A restauração da capacidade da rede de drenagem (seja tubular sub-superficial e bocas de lobo, sejam das sarjetas) além do planejamento de engenharia, passa pelo bom acabamento na execução e demais conformidades técnicas, normativas ou legais.

Em todos os casos é importante destacar (não somente na divulgação e nas ações de educação ambiental) à população e proprietários dos lotes urbanos e rurais que:

"o excedente de vazão gerado no seu lote pela impermeabilização (além da vazão natural ou de pré-desenvolvimento) e parte da impermeabilização da cidade (ruas, calçadas e demais áreas públicas) é de sua responsabilidade, independente de onde se localiza seu imóvel na bacia. Portanto o pagamento dos investimentos públicos para conter esta vazão é justo do ponto de vista legal e legítimo. A forma de reduzir o custo desta taxa é implantar um dispositivo de contenção de vazões excedentes (avaliado caso a caso, em função da área impermeável) no seu domínio."

X. Síntese das estratégias propostas



VAZÃO EFLUENTE de cada bacia equivalente a chuvas com **TR ≤ 10 anos**

Precip. máx provável = 329,64 mm
Vazão max. provável = 490,15 m3/s
(TR ≈ 600.000 amos; Cenário 3)

CONTROLE NA FONTE E MICROCRENAGEM (caixas de retenção e demais medidas*):
TR= 10 anos => precip. = 67,69 mm
Vazão retida = 45 mm (66%)
(excedente à natural)

MACRODRENAGEM (Bacias de contenção e desobstrução de canais e galerias*)
TR = 200 anos => precip.=106,72mm
Vazão max. retida = 62,71 mm (59% em P8)

** a rede de macro e microdrenagem deverá ter sua capacidade adequada para vazões equivalentes a chuvas com TR = 10 anos.*

Se todas as intervenções forem realizadas:
- retenção de volume equivalente à chuva com TR > 200 aa
- segurança a precipitações para chuvas com TR > 500 anos

Produtos do Relatório 03

Após a revisão crítica ds relatórios anteriores pela Prefeitura (IPPUPB, Secretarias de Engenharia, Meio Ambiente, Educação e Ação Social), e as devidas complementações, serão entregues os seguintes produtos:

- Plano de Controle de Cheias (final)
- Manual de Drenagem Urbana
- Levantamentos Planialtimétricos*

** sugerimos a substituição dos levantamentos pelos estudos hidrológicos das bacias, peças técnicas necessárias à liberação de recursos do PAC, uma vez que os locais das bacias serão sistematizados (corte e aterro), requerendo novos levantamentos para dimensionamento volumétrico e altura de barragens, além de que existe levantamento planialtimétrico em carta, com relativa precisão, elaborado por restituição aerofotogramétrica e apoio de GPS.*

É o que tínhamos a apresentar preliminarmente, em Pato Branco, novembro de 2010.