

Proposta de Enquadramento para os Rios de Curitiba e Região Metropolitana segundo Sub- Bacias de Interesse do “Plano de Bacia do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira”

**COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ
DIRETORIA DE MEIO AMBIENTE E AÇÃO SOCIAL**

**Eng^o Nicolás Lopardo, M.Sc.
Eng^a Candice Schauffert Garcia, M.Sc.**

Objetivos

- Elaborar Proposta de Enquadramento para o Setor de Saneamento.
- Definir Critérios Técnicos para avaliação das Cargas Remanescentes nas bacias estudadas.
- Avaliar os investimentos necessários para a Sanepar atender o Enquadramento proposto.

Área de Estudo

- Foi contemplada a mesma área de estudo do Plano de Bacia do Alto Iguaçu e afluentes do Alto Ribeira.
- Bacias: Alto Ribeira (rios Açungui e Capivari), Alto Iguaçu (rios Iguaçu e Várzea).
- 65 sub-bacias.
- Área total de 5.870 km².

Área de Estudo



Atividades Desenvolvidas

1. Coleta de dados.
2. Definição da base de dados para os cenários 2010 e 2020.
3. Cálculo das Cargas Totais Remanescentes (Carga Direta e Carga Remanescente do Tratamento).
4. Cálculo da Disponibilidade Hídrica.
5. Cálculo da Capacidade de Carga do Rio (Carga de Enquadramento).

Atividades Desenvolvidas

6. Proposta de Enquadramento.
7. Cálculo da Carga a ser tratada (função das Cargas Totais Remanescentes e da Carga de Enquadramento).
8. Avaliação do Custo Unitário de Remoção de DBO.
9. Cálculo dos Investimentos para atender a Proposta de Enquadramento.
10. Comparação dos diversos Cenários.
11. Comentários Finais

1. Coleta de dados

- Coleta de dados com a Suderhsa, IAP e Sanepar.
 - Suderhsa: Disponibilização de documentos referentes ao Plano de Bacia e Nota Técnica.
 - IAP: Dados de Monitoramento.
 - Sanepar: Dados de ligações de esgoto para os sistemas existentes e para projetos e obras em andamento (CEF, OGU, BNDES, Sanepar), Levantamento das ETE's, Informações de Origem e Destino do esgoto coletado, Análise de Orçamentos de Projetos e Obras da Sanepar, Levantamento de custos de Operação e Manutenção do SES.

1. Coleta de Dados - Sanepar

Destino	Origem	Destino	Origem
AB1	AB1	IG3	AM1;AV1;BA4;BE1;BE2;BE3;BQ1;IG3;PD1;PQ2;RD1;RE1
AC1	AC1	IG4	IG4;PS2
AC2	AC2	IG5	IG4;IG5
AE1	AE1	IG6	IG6
AM1	AM1	IR1	IR1
AP1	AP1	IR2	IR2
AT1	AT1;PA1	IS1	IS1
AT2	AT2	IT1	IT1;PI2
AT3	AT2;AT3;IG1;IG2;IG3;IR1;IR2;IT1;PA2;PI2;PQ2;RC1	MA1	MA1
AV1	AV1	MA2	MA2
BA1	BA1	MI1	MI1
BA2	BA1;BA2	MI2	MI2
BA3	BA2;BA3;PS1	MM1	MM1
BA4	AE1;BA3;BA4;PS1	MO1	MO1
BC1	BC1	PA1	PA1
BE1	BE1	PA2	PA2
BE2	BE2	PD1	PD1;PG1
BE3	BE3	PG1	PG1
BQ1	BQ1	PI1	PI1
CA1	CA1	PI2	PI2
CB1	CB1;VE1	PQ1	PQ1
CE1	CE1	PQ2	PQ2
CO1	CO1	PS1	PS1
CO2	CO2	PS2	PS2
CP1	CP1	RC1	RC1
CP2	CP2	RD1	RD1
CX1	CX1	RE1	RE1
DE1	DE1	RG1	RG1
FA1	FA1	VA1	VA1
IA1	IA1	VA2	VA2
IA2	IA1;IA2	VE1	VE1
IG1	IG1	VE2	VE2
IG2	IG2		

1. Coleta de Dados - Sanepar

Bacia	SubBacia	ETE's
Açungui	AC1	ETE Itaperuçu
Atuba	AT1	ETE Colombo
Atuba	AT3	ETE Atuba Sul
Barigui	BA2	ETE São Jorge
Barigui	BA3	ETE Santa Quitéria
Barigui	BA4	ETE CIC Xisto
Cachoeira	BC1	ETE Cachoeira
Cambuí	CB1	ETE Cambuí
Capivari	CP2	ETE Bocaiuva
Itaqui (Campo Largo)	IA2	ETE Itaqui
Iguaçu	IG3	ETE Fazenda Rio Grande, ETE Iguaçu I, ETE Belém, ETE Padilha Sul
Iguaçu	IG4	ETE Iguaçu, ETE Passaúna
Iguaçu	IG5	ETE Balsa Nova, ETE Lapa
Iguaçu	IG6	ETE Quitandinha
Isabel Alves	IS1	ETE Contenda
Itaqui	IT1	ETE Martinópolis
Maurício	MA2	ETE Barcelona, ETE Mandirituba
Palmital	PA2	ETE Guaraituba

Destino	Origem
AT3	AT2;AT3;IG1;IG2;IG3;IR1;IR2;IT1;PA2;PI2;PQ2;RC1
IG3	AM1;AV1;BA4;BE1;BE2;BE3;BQ1;IG3;PD1;PQ2;RD1;RE1

2. Cenários 2010 e 2020

- Definição da base de dados para os cenários 2010 e 2020. 2010 – linha base, 2020 – revisão do Enquadramento.
 - Para 2010 foi considerada a População Atendida como sendo toda a rede existente, obras do Paranasan com entrega em 2010, obras com recurso assegurado do PAC e outros projetos que prevêem sua execução neste intervalo de tempo.
 - Para 2020 foi considerada a mesma população atendida que em 2010.
 - Esta consideração foi feita para facilitar a análise do aumento das cargas geradas e para análise dos investimentos necessários a partir de uma linha de base, por outro lado a SANEPAR tem previsão de investimentos para todos estes municípios para manter, pelo menos, os índices de atendimento de esgoto iguais aos já alcançados e possui um planejamento para atendimento das metas de concessão.
 - Apesar do planejamento ser plurianual, este não tem como prever todas as oportunidades de investimento (por exemplo: PAC), o que poderia subestimar a população a ser atendida em 2020.

2. Cenários 2010 e 2020

- Definição da base de dados para os cenários 2010 e 2020.
2010 – linha base, 2020 – revisão do Enquadramento.
 - População Urbana de 2010 foi baseada nos dados disponíveis da Sanepar, quando este dado não estava consolidado foi utilizado os dados da Suderhsa. Como os dados da Suderhsa são do ano 2000, estes foram corrigidos através da taxa de crescimento do IBGE. Segundo os critérios: (1) maior área urbana na sub-bacia em questão, (2) caso não haja área urbana, foi considerada a maior área entre os municípios.
 - População Urbana de 2020 foi baseada na população de 2010 acrescida da taxa de crescimento do IBGE.

2. Cenários 2010 e 2020

- Atendimento em 2010 de 88,6%
- Atendimento em 2020 de 71,3% (sem investimento)

Cenários	População Urbana		
	Total hab	Atendida hab	Não Atendida hab
2010	3.577.604	3.169.724	407.880
2020	4.448.171	3.169.724	1.278.447

- Diferença entre IBGE 2008 e População 2008 referentes às simulações: 10%.

3. Cargas Totais Remanescentes

- Cálculo da Carga Total Remanescente (Carga Direta e Carga Remanescente do Tratamento).
 - Carga Direta: carga gerada pela população não atendida. 70% da Carga gerada vai para os rios, como resultado do abatimento de fossas sépticas*.
 - Carga Remanescente do Tratamento: carga oriunda do esgoto coletado e tratado. Considerações: 100% do esgoto coletado é tratado, Eficiência média de 70% para remoção de DBO, 54 mg DBO/hab para esgoto bruto.
 - $Carga_{Total\ R.} = Carga_{Direta} + Carga_{Remanescente\ Trat.}$

*conforme Plano Estadual de Recursos Hídricos.

3. Cargas Totais Remanescentes

- IR1, IG3 e Área de Estudo (2010, 2020)

Bacia	Sub-Bacia	Cenários	Sanepar		
			Carga	Carga	Carga
			Total Reman. ton DBO/dia	Reman. T. ton DBO/dia	Direta ton DBO/dia
Rio Iraí	IR1	2010	0,4	0,00	0,4
		2020	0,8		0,8
Rio Iguaçu	IG3	2010	18,5	17,0	1,5
		2020	19,7		2,7

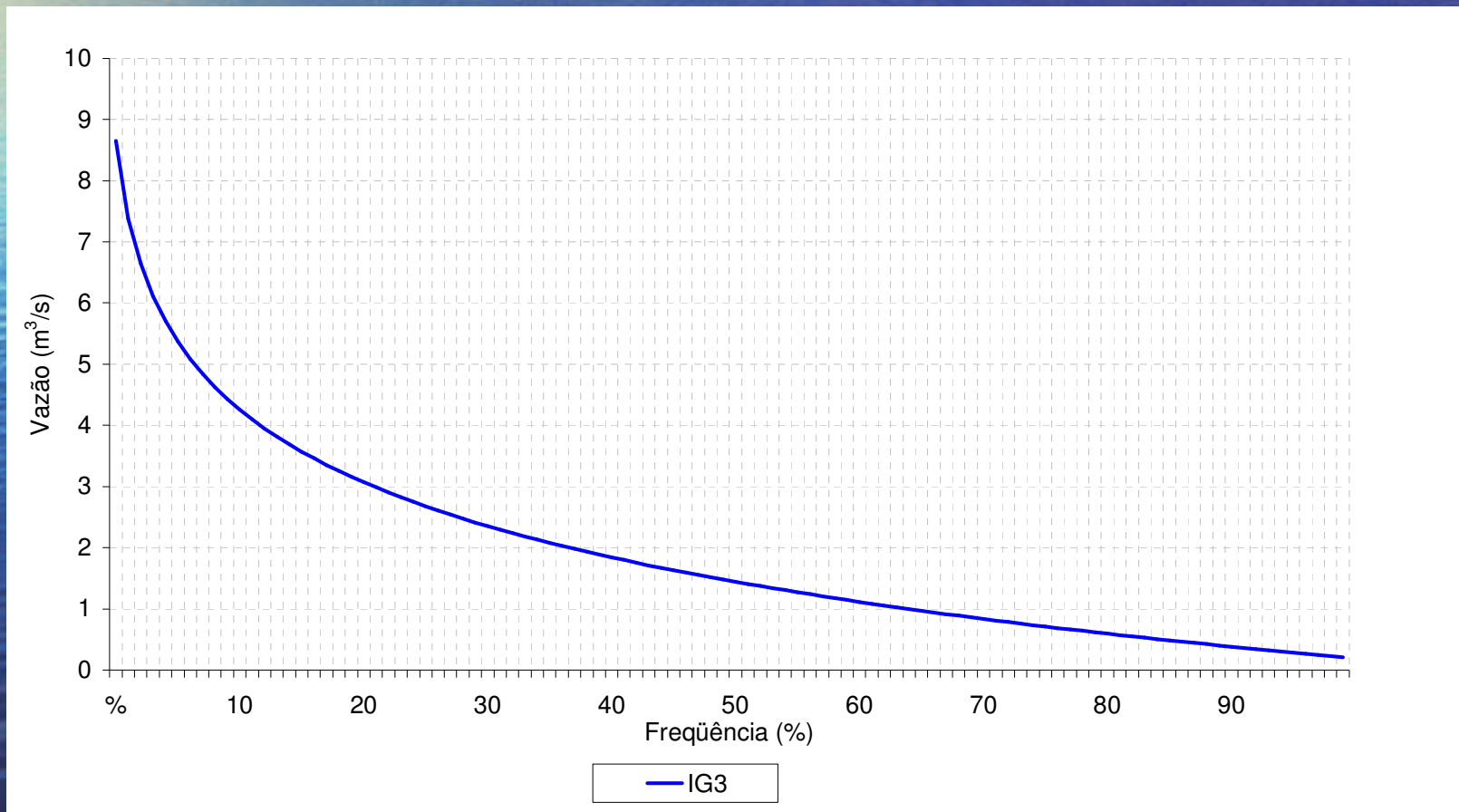
Sub-Bacia	Cenários	Sanepar		
		Carga	Carga	Carga
		Total Reman. ton DBO/dia	Reman. T. ton DBO/dia	Direta ton DBO/dia
Todas	2010	66,8	51,30	15,4
	2020	99,7		48,3

4. Disponibilidade Hídrica

- Vazões Específicas Regionalizadas (Fonte: Bacias Críticas, 2006).
 - Alto Iguaçu e Várzea:
 $q_{\text{espec}} = -17,8 + \ln(\text{Per}\%) + 84$
 - Açungui:
 $q_{\text{espec}} = -12,81 + \ln(\text{Per}\%) + 63,588$
 - Capivari:
 $q_{\text{espec}} = -16,331 + \ln(\text{Per}\%) + 83,05$
- Geração das Curvas de Permanência para as 65 sub-bacias.
 - $Q_{\text{sub-bacia}} = A_{\text{sub-bacia}} \cdot q_{\text{espec}}$

4. Disponibilidade Hídrica

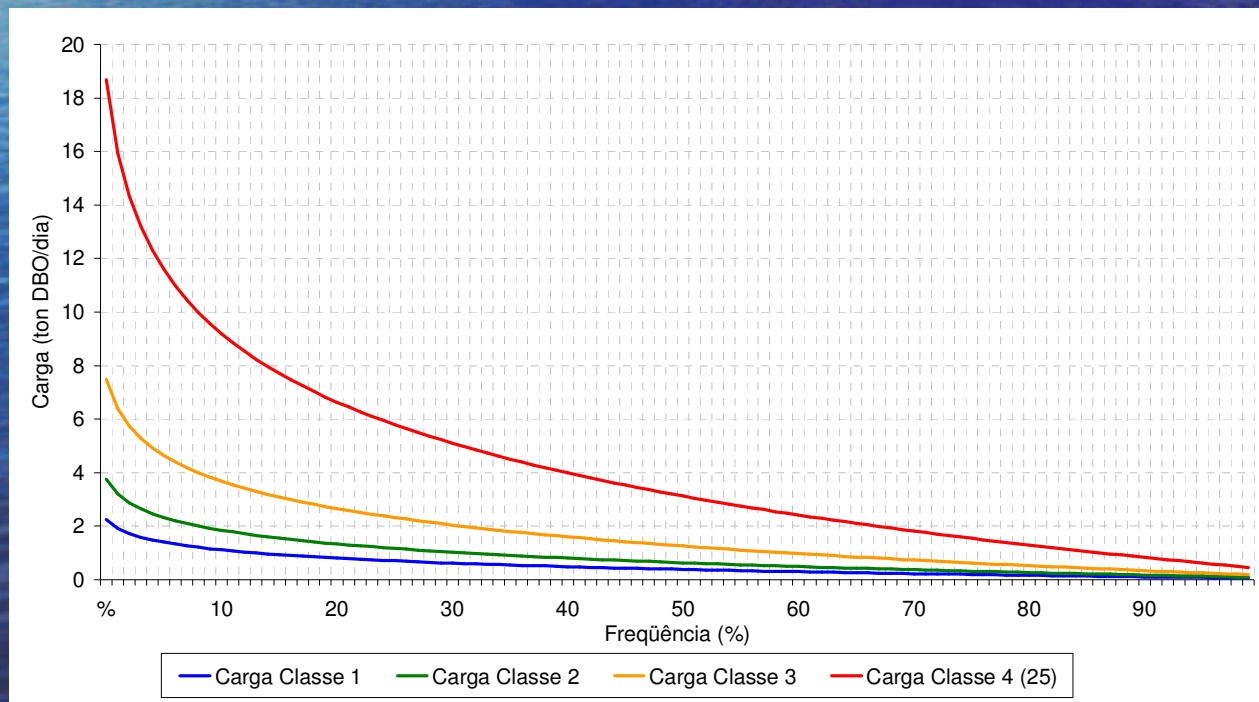
- Curva de Permanência de Vazão (exemplo: IG3)



5. Capacidade de Carga do Rio

- Curva de Permanência da Carga de Enquadramento (exemplo: IG3)

$$\text{Carga}_{\text{Enquadramento}} = Q_{\text{sub-bacia}} \cdot \text{DBO}_{\text{Limite da Classe}}$$



6. Proposta de Enquadramento

- Definições Preliminares: Cálculo da Carga a ser tratada.
 - Vazão de referência:
 - Critério de outorga para diluição de efluentes para o Setor de Saneamento: 50% a 80% da $Q_{95\%}$. Utilizado nos cenários 80% da $Q_{95\%}$.
 - Valor sugerido pela Suderhsa: 100% $Q_{70\%}$.
 - Definição do Enquadramento.

$$\text{Carga}_{\text{a ser tratada}} = \text{Carga}_{\text{Total R}} - \text{Carga}_{\text{Enquadramento, Qref}}$$

6. Proposta de Enquadramento

- Proposta de Enquadramento.

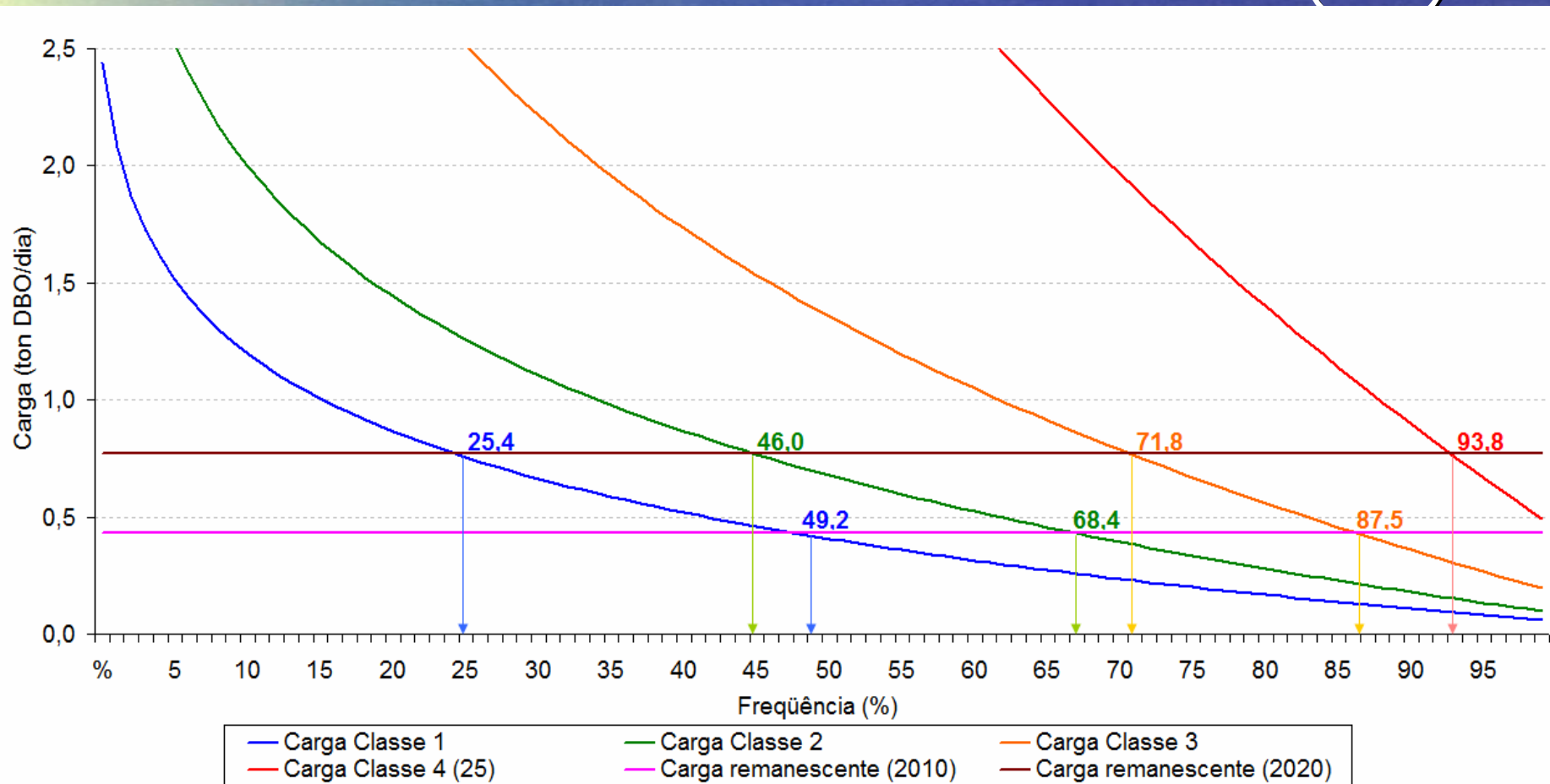
- Considerações:

- Mananciais de Abastecimento:
 - CONAMA 357/05 (Classe 2 e Classe 3).
 - A melhor qualidade da água possível para a população.
- Existência de sub-bacias que tem qualidade muito comprometida (Probabilidade de Permanência*) com forte indicativo de custos altos para recuperação: Classe 4
- Adoção de metas progressivas dependendo da condição atual.

*A Carga_{Total Reman.} é introduzida no Gráfico da Carga_{Enquadramento} para cada sub-bacia e obtida a Probabilidade de Permanência para cada Classe (ver próximo slide).

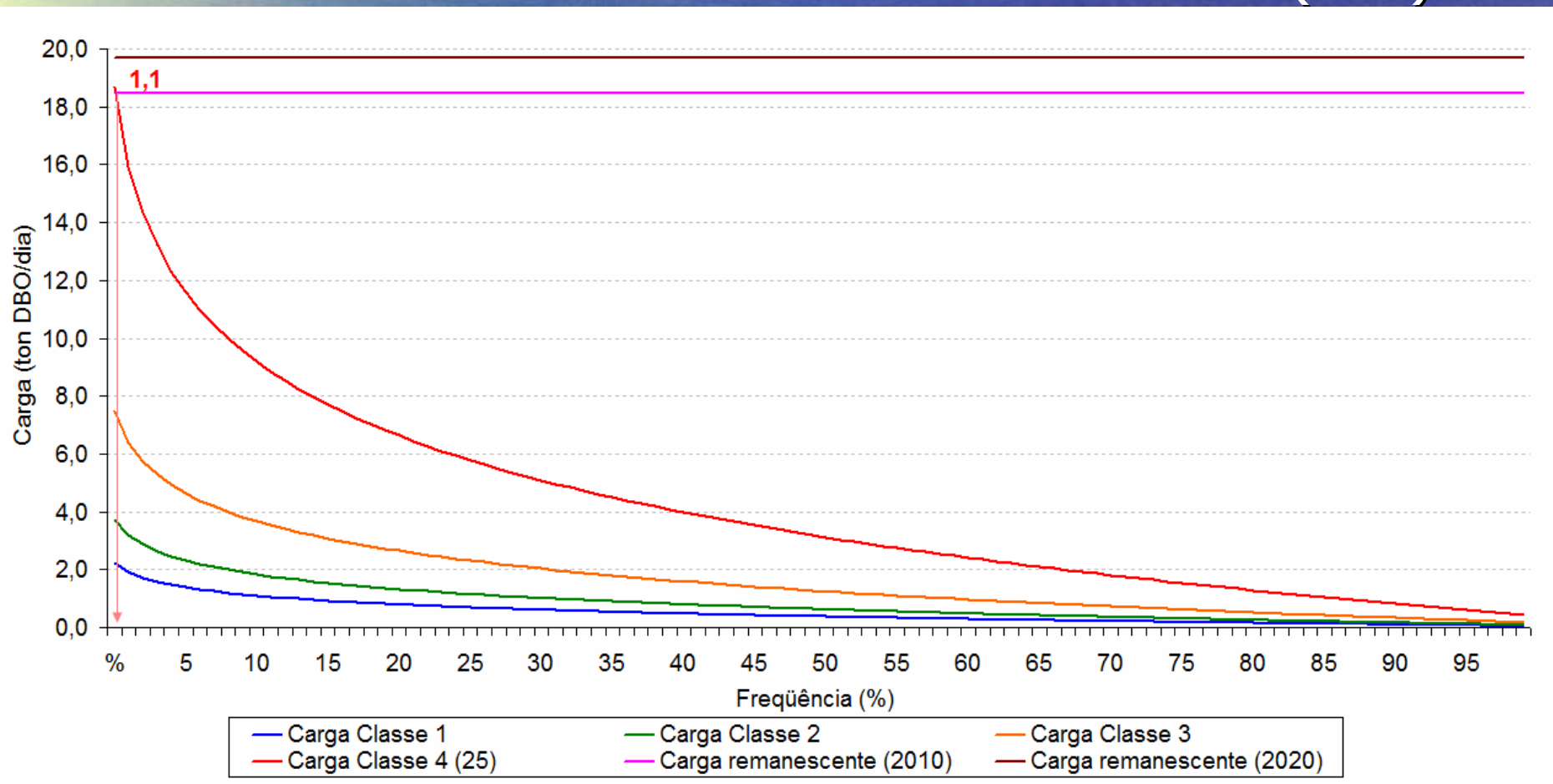
6. Proposta de Enquadramento

Probabilidade de Permanência nas Classes (IR1)



6. Proposta de Enquadramento

Probabilidade de Permanência nas Classes (IG3)



6. Proposta de Enquadramento

- Exemplo:

- Critérios para Classe Intermediária – 2020 (cont.):

- Se a probabilidade de permanência for superior a 70%, a Classe mais restritiva é escolhida. Por exemplo: IR1 e IG3. Através da tabela abaixo, verifica-se que a Classe mais restritiva com permanência superior a 70% é a Classe 3.

Bacia	Sub-Bacia	Cenários	Cargas Total Remanescente - Sanepar			
			Probabilidade de Permanência nas Classes			
			Classe1	Classe2	Classe3	Classe 4 (25)
			(%)			
Rio Iraí	IR1	2010	49,2	68,4	87,5	100,0
		2020	25,4	46,0	71,8	93,8
Rio Iguaçu	IG3	2010	0,0	0,0	0,0	1,1
		2020	0,0	0,0	0,0	0,8

- Para Mananciais, a Classe adotada foi no máximo 3.
- Para Corpos Receptores e demais rios não há limite.
- [2simulacao\Proposta.xls](#)

7. Carga a ser tratada

$$\text{Carga}_{\text{a ser tratada}} = \text{Carga}_{\text{Total R}} - \text{Carga}_{\text{Enquadramento, Qref}}$$

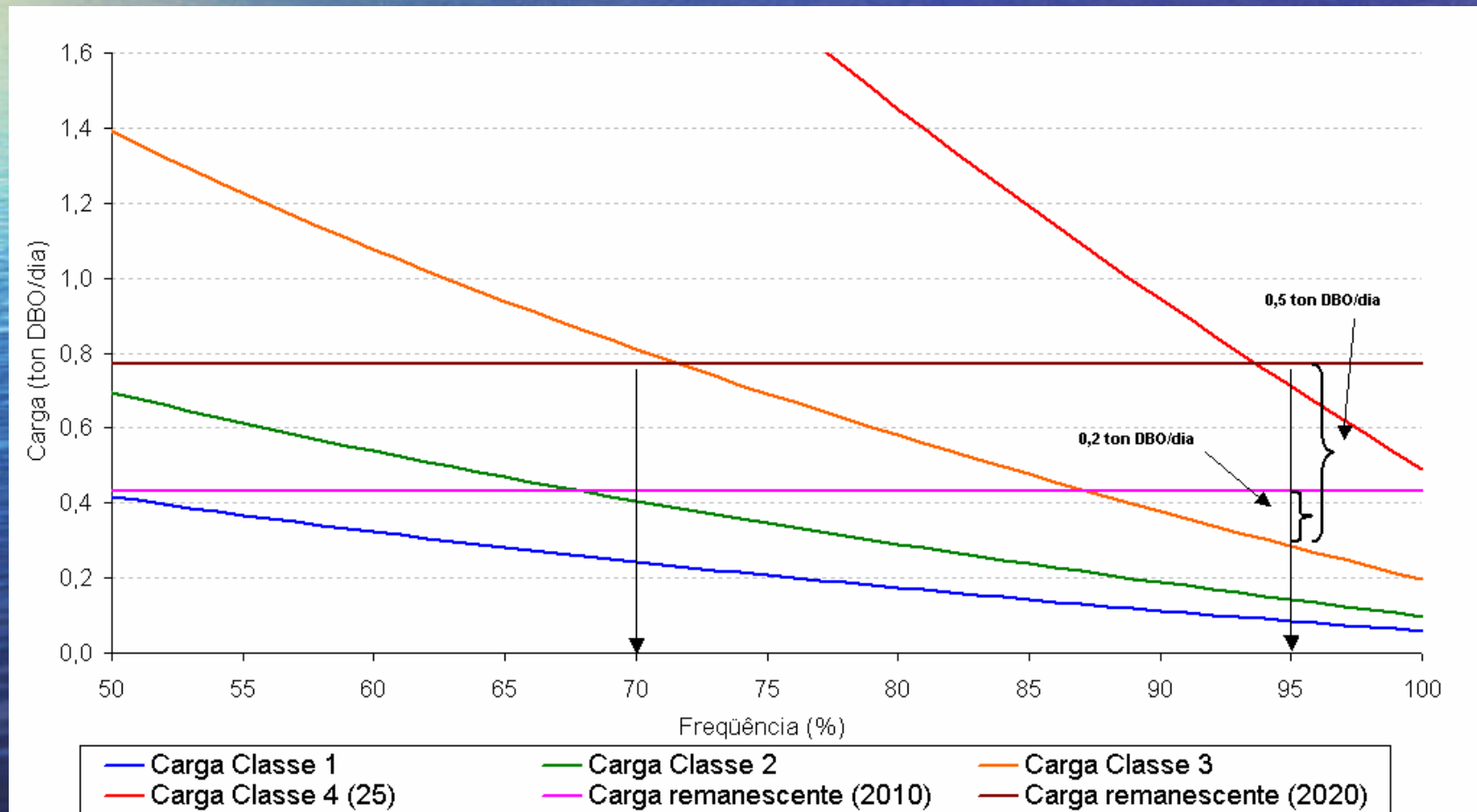
Exemplo: IR1, IG3 e Área de Estudo (2010, 2020)

Bacia	Sub-Bacia	Cenários	80% Q95	100% Q70	80% Q95	100% Q70				
			Sanepar				Sanepar			
			Carga		Carga		Carga			
			a ser tratada		Rio		Total Reman.	Reman. T.	Direta	
			ton DBO/dia	ton DBO/dia	ton DBO/dia	ton DBO/dia	ton DBO/dia	ton DBO/dia	ton DBO/dia	ton DBO/dia
Rio Iraí	IR1	2010	0,2	0,0	0,23	0,81	0,43	0,00	0,43	
		2020	0,5	0,0			0,77		0,77	
Rio Iguaçu	IG3	2010	18,0	16,6	0,5	1,9	18,5	17,0	1,5	
		2020	19,2	17,8			19,7		2,7	

Sub-Bacia	Cenários	80% Q95	100% Q70	80% Q95	100% Q70				
		Sanepar				Sanepar			
		Carga		Carga		Carga			
		a ser tratada		Rio		Total Reman.	Reman. T.	Direta	
		ton DBO/dia	ton DBO/dia	ton DBO/dia	ton DBO/dia	ton DBO/dia	ton DBO/dia	ton DBO/dia	ton DBO/dia
Todas	2010	58,1	48,4	8,6	18,4	66,8	51,3	15,4	
	2020	88,5	75,3			99,7		48,3	

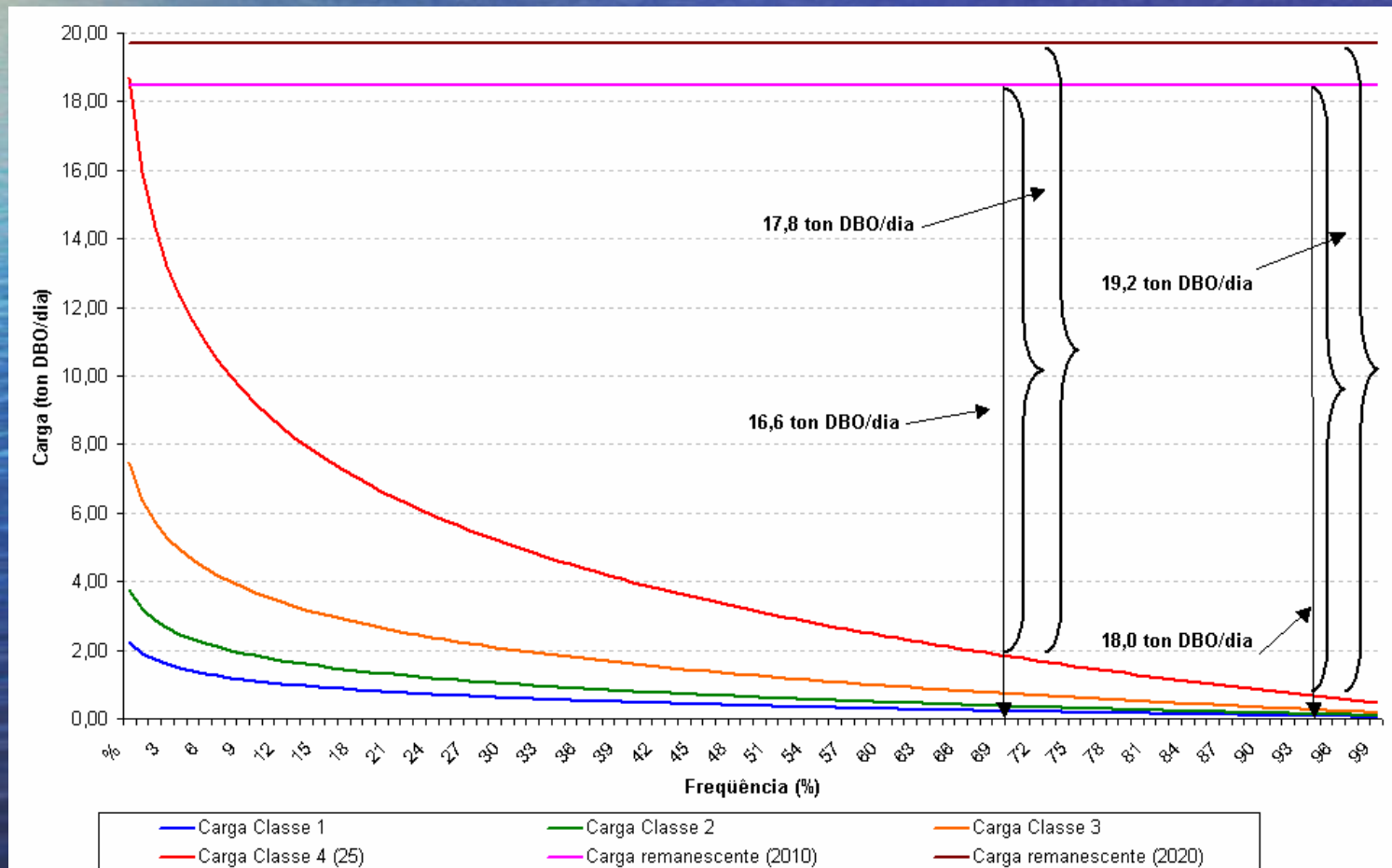
7. Carga a ser tratada

Exemplo: IR1 (2010, 2020)



7. Carga a ser tratada

Exemplo: IG3 (2010, 2020)



8. Avaliação do Custo Unitário de Remoção

- PMSS II:
 - Custo Unitário de execução de Obras de Saneamento, considera apenas ETE, EEE e interceptores. O valor é de R\$368,93 / hab.
 - R\$ 6,8 milhões de reais / (ton DBO/dia)
- Sanepar:
 - Comparado vários pedidos de recurso para o PAC.
 - Utilizado sempre Investimento imediato e não para horizonte de projeto. O valor é de R\$1500,00 / hab.
 - R\$ 27,8 milhões de reais / (ton DBO/dia)

8. Avaliação do Custo Unitário de Remoção

- Exemplo: ETE Passaúna / Araucária

Obra - Investimento Imediato (2010)			
Objeto	População	Investimento	R\$/hab
Rede	6.500,00	4.211.499,97	648
Interceptores	6.500,00	1.059.928,03	163
EEE e LR	6.500,00	2.468.045,41	380
ETE-UASB + filtro biológ	6.500,00	2.272.154,59	350
ETE+EEE+interceptor	6.500,00	5.800.128,03	892
Total SES Araucária		10.011.628,00	1540

Projeto - Investimento Saturação (2020)			
Objeto	População	Investimento	R\$/hab
Rede	41.513,00	8.069.392,63	194
Interceptores	41.513,00	1.059.928,03	26
EEE e LR	41.513,00	4.830.986,09	116
ETE-UASB + filtro biológ	41.513,00	11.254.430,58	271
ETE+EEE+interceptor	41.513,00	17.145.344,70	413
Total SES Araucária		25.214.737,33	607

9. Investimentos para atender à Proposta de Enquadramento

- Equações:

$$\text{Custo} = \text{Carga}_{\text{A ser tratada}} \cdot \text{Custo Unitário}$$

- Suderhsa:

$$\text{Custo} = (\text{Carga}_{\text{Reman. Trat.}} + \text{Carga}_{\text{Direta}} - 0,7 \cdot \text{Carga}_{\text{Enquad.}}) \cdot \text{Custo Unitário}$$

- Sanepar:

$$\text{Custo} = (\text{Carga}_{\text{Reman. Trat.}} + 0,7 \cdot \text{Carga}_{\text{Direta}} - \text{Carga}_{\text{Enquad.}}) \cdot \text{Custo Unitário} + \text{Custo}_{\text{O \& M}}$$

9. Investimentos para atender à Proposta de Enquadramento

- Sanepar:

$$\text{Custo} = (\text{Carga}_{\text{Reman. Trat.}} + 0,7 \cdot \text{Carga}_{\text{Direta}} - \text{Carga}_{\text{Enquad.}}) \cdot \text{Custo Unitário} + \text{Custo}_{\text{O \& M}}$$

- 1ª Parcela calculada através da Carga a ser tratada.
- 2ª Parcela refere-se ao $\text{Custo}_{\text{O \& M}}$:
 - R\$ 22,76 / hab / ano
 - Critério de alocação: Na carga total remanescente possui pop. atendida e não atendida, como a pop. Atendida já possui custo de operação e manutenção foi preciso separar...

10. Comparação dos diversos Cenários

Simulações Realizadas Ano da Projeção e Critério	Investimentos necessários para obtenção das Classes Preliminares sugeridas					
	Total		Mananciais	Demais rios	Mananciais	Demais rios
	80% Q95	100% Q70	80% Q95		100% Q70	
	10 ⁶ R\$	10 ⁶ R\$	10 ⁶ R\$	10 ⁶ R\$	10 ⁶ R\$	10 ⁶ R\$
2010 - Sanepar ²	1.615	1.345	182	1.433	123	1.222
2020 - Sanepar ²	2.457	2.092	393	2.064	290	1.802

Simulações Realizadas Ano da Projeção e Critério	Custos de Operação e Manutenção ⁵			Custo Total	
	Bacia Destino			Investimentos + Custo de O & M	
	Pop. Atendida	Pop. Não Aten.	Pop. Não Aten.	80% Q95	100% Q70
	10 ⁶ R\$/ano	80%Q95 - 10 ⁶ R\$/ano	100%Q70 - 10 ⁶ R\$/ano	10 ⁶ R\$	10 ⁶ R\$
2010 - Sanepar ²	72	5	3	1.692	1.420
2020 - Sanepar ²	721	104	84	3.282	2.897

	Ano	Total	Mananciais
PAC Real	2010	289.874.941	90.088.915
PAC Simulação	2010	312.388.734	135.605.602
	diferença		7,8%

A SANEPAR tem previsão de investimentos até 2020 para todos os municípios, dentro da área do Plano de Bacias, para manter, pelo menos, os índices de atendimento de esgoto iguais aos já alcançados:

- SES: R\$ 477.740
- SAA: R\$ 304.992

11. Comentários Finais

- As sub-bacias do AT3 e IG3 correspondem a 49,6% da Carga a ser tratada (2010, 80% $Q_{95\%}$), sendo o investimento necessário para sua adequação da ordem de R\$800 milhões, mais de 4 vezes o valor necessário para recuperação dos Mananciais de Abastecimento.

11. Comentários Finais

- Existem alguns rios cuja carga de enquadramento não está sendo totalmente utilizada, entre eles podem ser citados: Capivari, Açungui e Várzea.

80% $Q_{95\%}$:

Destino	AB1	AC1	AC2	CA1	CE1	CO1	CO2	CP1	CP2	CX1	DE1	FA1	IG4
Classe 1	0,003	1,086	0,130	0,088	0,002	0,049	0,038	0,306	0,576	0,000	0,175	0,019	0,674
Classe 2	0,001	2,080	0,378	0,034	0,001	0,028	0,022	0,903	1,049	0,016	0,148	0,009	0,552
Classe 3	0,004	4,567	0,999	0,100	0,003	0,025	0,016	2,394	2,231	0,055	0,081	0,078	0,246
Classe 25	0,020	12,029	2,862	0,503	0,016	0,184	0,132	6,867	5,777	0,174	0,120	0,285	0,672
Destino	IG5	IG6	IR1	PQ2	PS2	RC1	RD1	RE1	RG1	VA1	VA2	VE1	
Classe 1	0,093	0,460	0,357	0,053	0,000	0,000	0,155	0,286	0,042	0,482	0,150	0,000	
Classe 2	0,213	0,803	0,312	0,002	0,000	0,000	0,147	0,281	0,030	0,835	0,107	0,000	
Classe 3	0,979	1,661	0,198	0,124	0,000	0,000	0,128	0,268	0,000	1,717	0,000	0,000	
Classe 25	3,279	4,235	0,144	0,502	0,000	0,000	0,070	0,228	0,090	4,364	0,320	0,000	

11. Comentários Finais

- A proposta de enquadramento considera como seção de controle a exutória de cada sub-bacia tornando estanque sua classificação. No entanto, algumas sub-bacias poderiam ser subdivididas em trechos com diferentes enquadramentos segundo as suas especificidades. Exemplo: IG6 sub-bacia de grandes dimensões que poderia ser considerada Classe 4 apenas no trecho de influência da ETE.