

ENQUADRAMENTO: CENÁRIO NACIONAL e ESTADUAL O que é Enquadramento

Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes
Heloise Garcia Knapik
Júlio César Rodrigues de Azevedo
Marianne Schaefer França
Monica Ferreira do Amaral Porto
Camila Carvalho Bitencourt
Caroline Kozak
Marcelo Coelho
Danieli Mara Ferreira
Luciane Lemos do Prado





ENQUADRAMENTO DE CORPOS HÍDRICOS:
O DILEMA DO QUERER E DO PODER

O que é Enquadramento

- Instrumento de **planejamento**
- **Essência** da Política Nacional de Recursos Hídricos
- Instrumento de **gestão**
- Classificação dos corpos de água segundo a **qualidade** da água para uma **vazão de referência**
- Através do enquadramento são definidas:
 - **Metas** de qualidade
 - **Estratégias**
- As classes de enquadramento são determinadas pelos **usos da água**

O que é Enquadramento

- A efetivação do enquadramento **reduz os custos** de combate à poluição
- O enquadramento é realizado a partir do **Plano de Recursos Hídricos** da bacia hidrográfica
- O enquadramento representa a **visão global** da bacia
- O enquadramento representa a **visão futura** da bacia
- O enquadramento é um **processo participativo**

A Solução

Porto (2006)

INVESTIMENTO

e

GESTÃO



A Solução

Porto (2006)

INVESTIMENTO



baixa eficácia....

A Solução

Porto (2006)



GESTÃO

poesia...

A Solução

Porto (2006)

INVESTIMENTO

e

GESTÃO





DEFINIÇÃO DOS USOS DA ÁGUA RECOMENDAÇÕES

- Deverá se dar no contexto das **macros diretrizes do planejamento sócio-econômico** da região em que a bacia está inserida
- A definição dos usos dos recursos hídricos prioritários da bacia deverá se dar com base num **processo participativo e descentralizado**
- Deverá se avaliar a **aptidões da bacia e as prioridades de uso atual e futuro**, buscando a compatibilização dos múltiplos usos e equacionar o conflitos
- Para a decisão de quais usos dos recursos hídricos serão prioritários na bacia deve se ter uma **visão sistêmica da bacia**

O ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA – DESAFIOS CONCEITUAIS

➤ Conceito e Objetivos do Enquadramento:

PNRH

Lei Federal 9.433/1977

- Estabelecido como um instrumento de gestão de recursos hídricos;
- Definição dos objetivos do enquadramento.

Resolução CONAMA 357/2005

- Estabelece o sistema de classes de qualidade de acordo com o uso preponderante;
- Conjunto de condições e padrões para cada classe de qualidade.

Resolução CNRH 91/2008

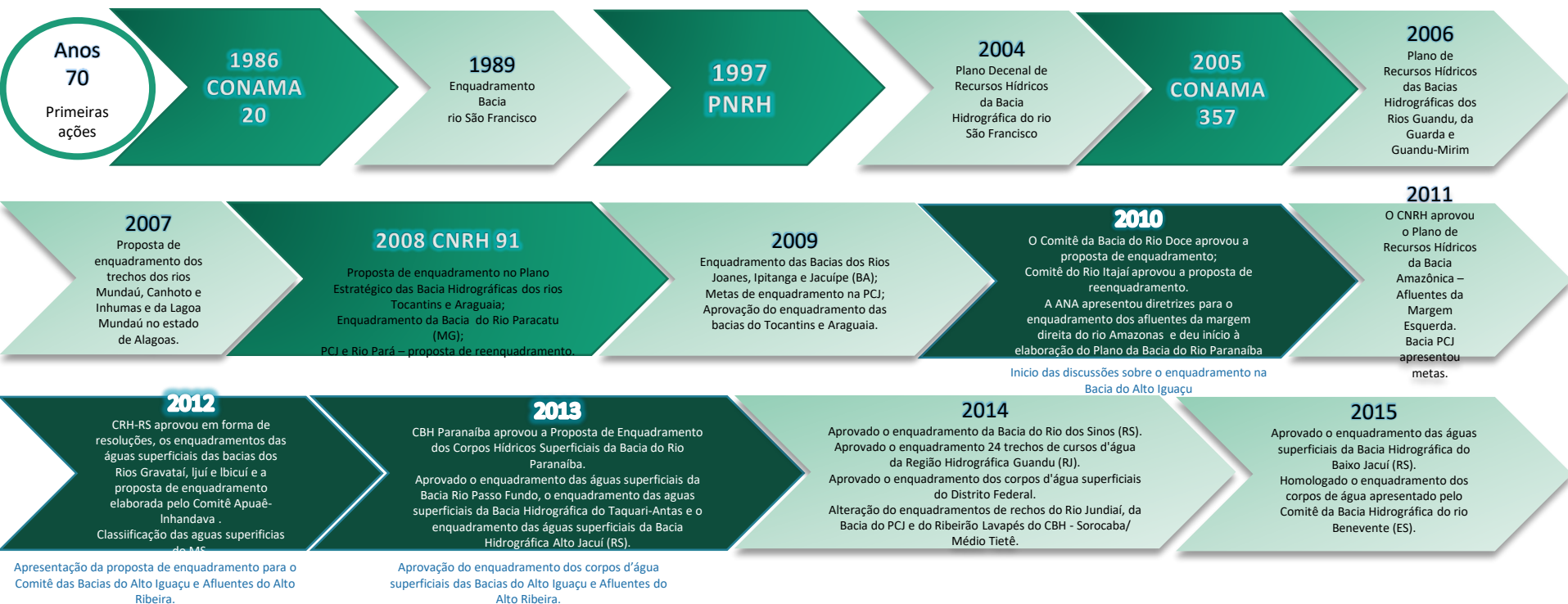
Definição dos procedimentos gerais para definição do enquadramento:

- Diagnóstico;
- Prognóstico;
- Propostas de metas;
- Programa para efetivação.

Fonte: Bitencourt (2018)

O ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA – DESAFIOS CONCEITUAIS

➤ Enquadramento e Planos de Bacia



Fonte: Bitencourt (2018)

O ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA – DESAFIOS CONCEITUAIS

➤ Enquadramento e Planos de Bacia

12

planos
interestaduais

- 1 em elaboração;
- Concluídos entre 2002 e 2016;
- 9 possuem proposta de enquadramento: 4 aprovadas e 2 diretrizes;
- 4 possuem metas progressivas;
- 3 consideram carga de DBO e 3 carga de DBO e Fósforo;
- 8 utilizaram algum tipo de modelagem.

161

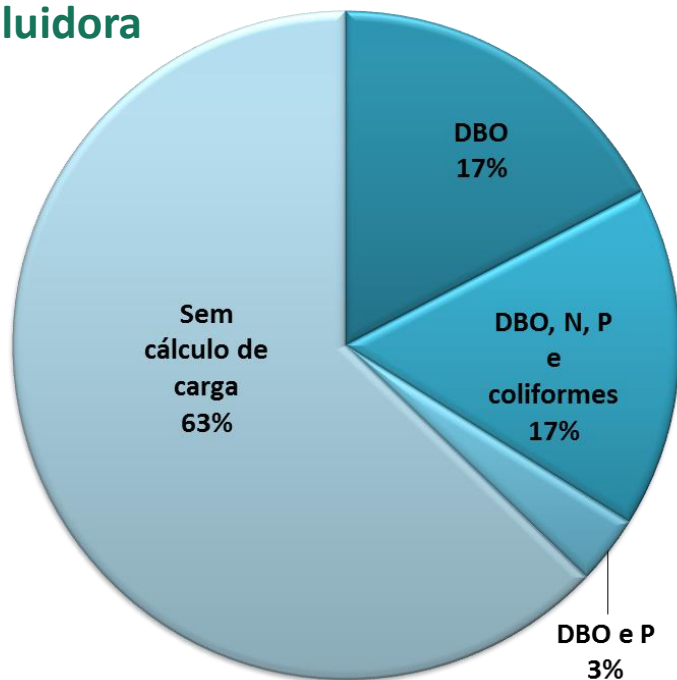
planos
estaduais

- 121 finalizados;
- Concluídos entre 1996 e 2016;
- 42 possuem proposta de enquadramento: 18 aprovadas;
- 40 possuem metas progressivas;
- 20 consideram carga de DBO; 20 DBO, nitrogênio, fósforo e coliformes, 4 carga de DBO e Fósforo;
- 36 utilizaram algum tipo de modelagem.

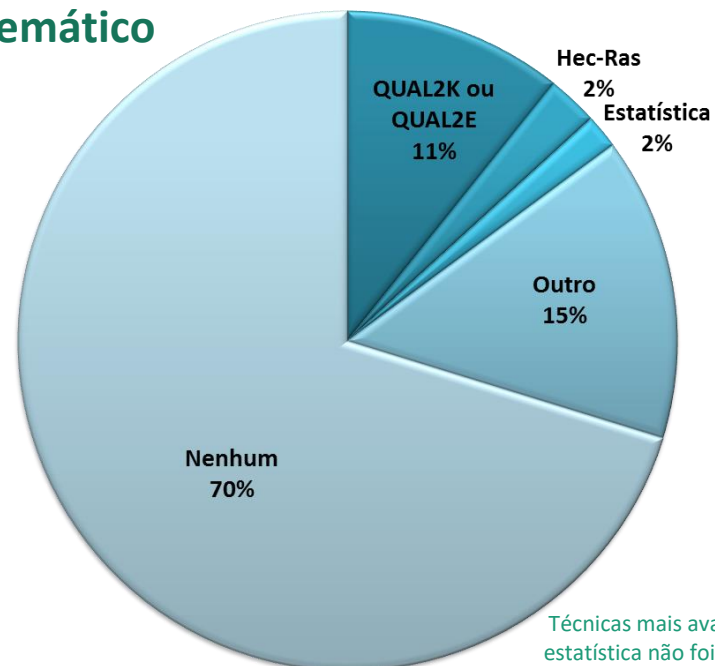
O ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA – DESAFIOS CONCEITUAIS

➤ Planos Estaduais

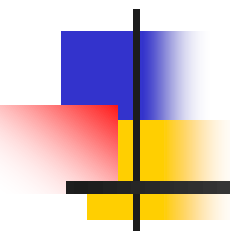
Carga Poluidora



Modelo Matemático



Técnicas mais avançadas de estatística não foi observado



ENQUADRAMENTO DE CORPOS HÍDRICOS:
O DILEMA DO QUERER E DO PODER
Uma contribuição a partir de **Bases Técnicas**

Abordagem Tradicional

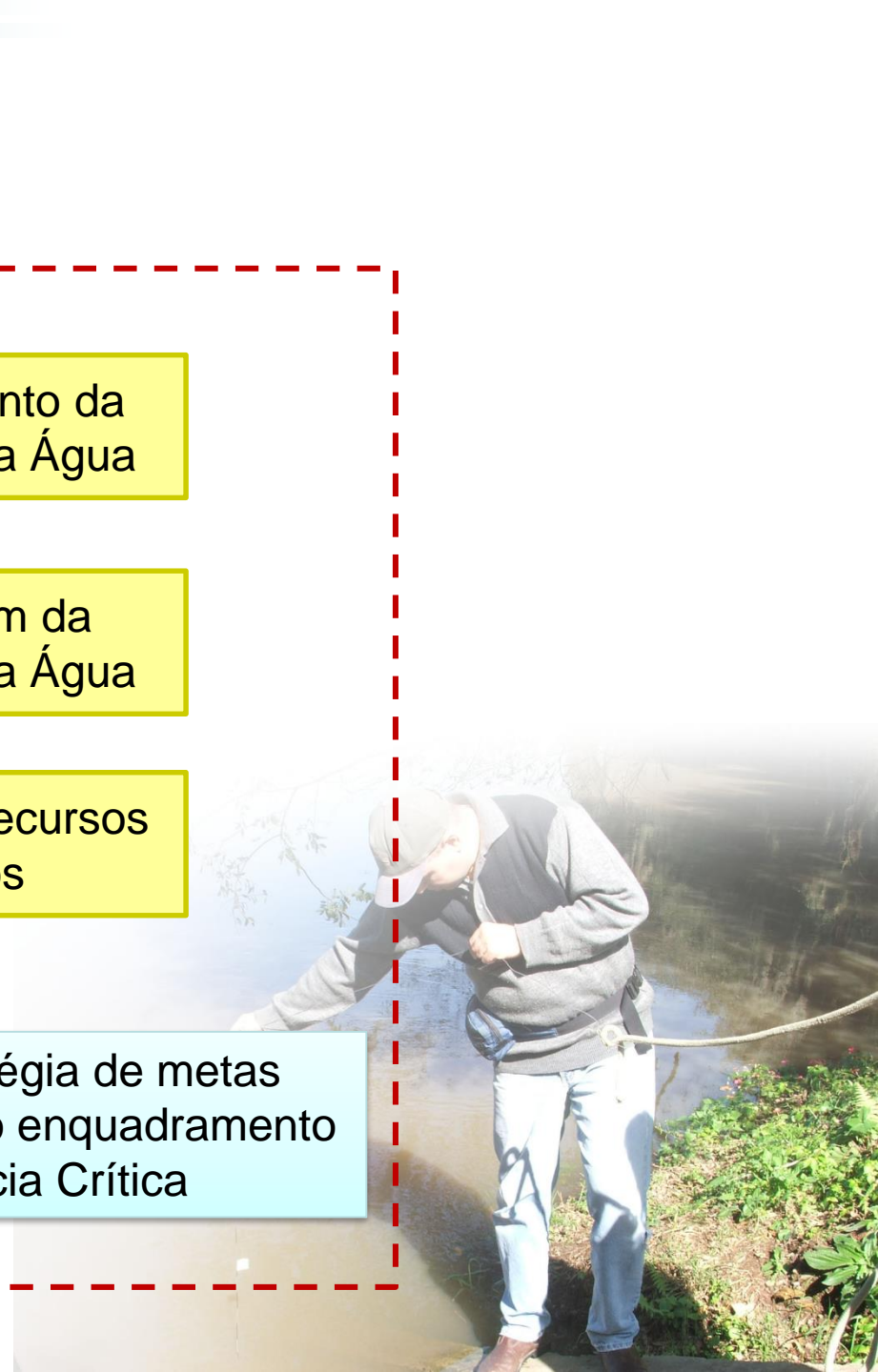
Monitoramento da
Qualidade da Água

Modelagem da
Qualidade da Água

Gestão de Recursos
Hídricos



Critérios e estratégia de metas
progressivas para o enquadramento
em uma Bacia Crítica

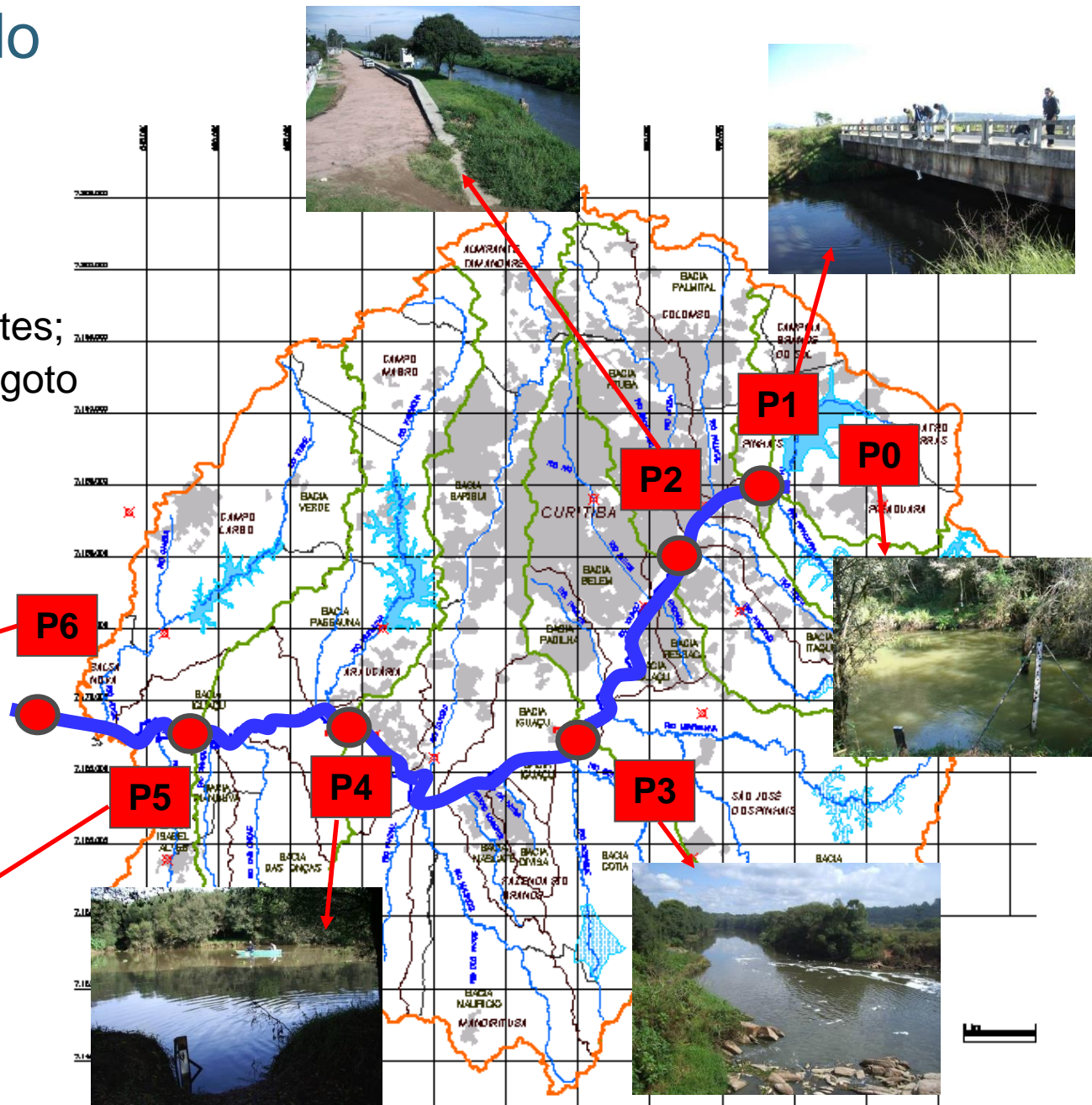


Abordagem metodológica



Área de estudo

- Bacia do Alto Iguaçu
- Leste do Paraná;
- Aprox. 3.000 km²;
- 2.8 milhões de habitantes;
- Média de 32 % de esgoto coletado e tratado.



Simulação da qualidade da água

Implementação do Modelo

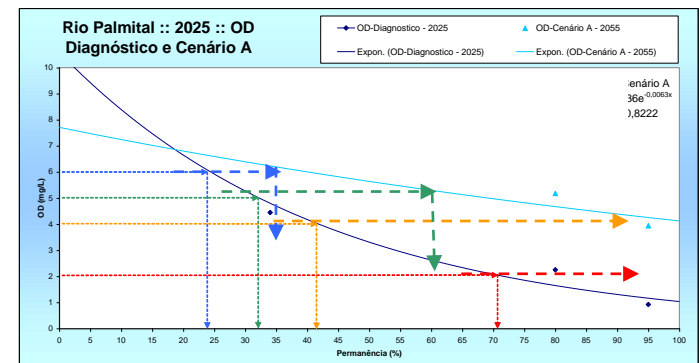
- Matrizes de fontes de poluição - dados da bacia: hidráulicos, população, uso e condições físicas do solo, grandes usuários, carga de DBO e vazões;
- Diagramas topológicos : localização de ETE's, pontos de captação e efluentes industriais.

Calibração do Modelo

- Utilização de “*box plots*” para ajuste da vazão monitorada com as concentrações de DBO e OD correspondentes;
- 25 campanhas (2 de monitoramento de afluentes e 6 de coletas ao longo do rio Iguaçu);
- 22 parâmetros de qualidade da água monitorados.

Metas progressivas

- Remoção de carga orgânica e de nutrientes;
- Projeção para o ano de 2025;
- Hipótese: ETE alocadas na foz de cada afluente;
- Cenários (% de remoção):
 - Cenário A: 70% DBO; 70% N_NH₃; 85% P_{diss};
 - Cenário B: 95% DBO, N_Org, N_NH₃ e P_{tot}.
- Avaliação em termos de permanência de DBO, N_NH₃, P_{tot} e OD, para classe 2 e 3 da Resolução CONAMA 357/05 (Porto *et al.* 2007)

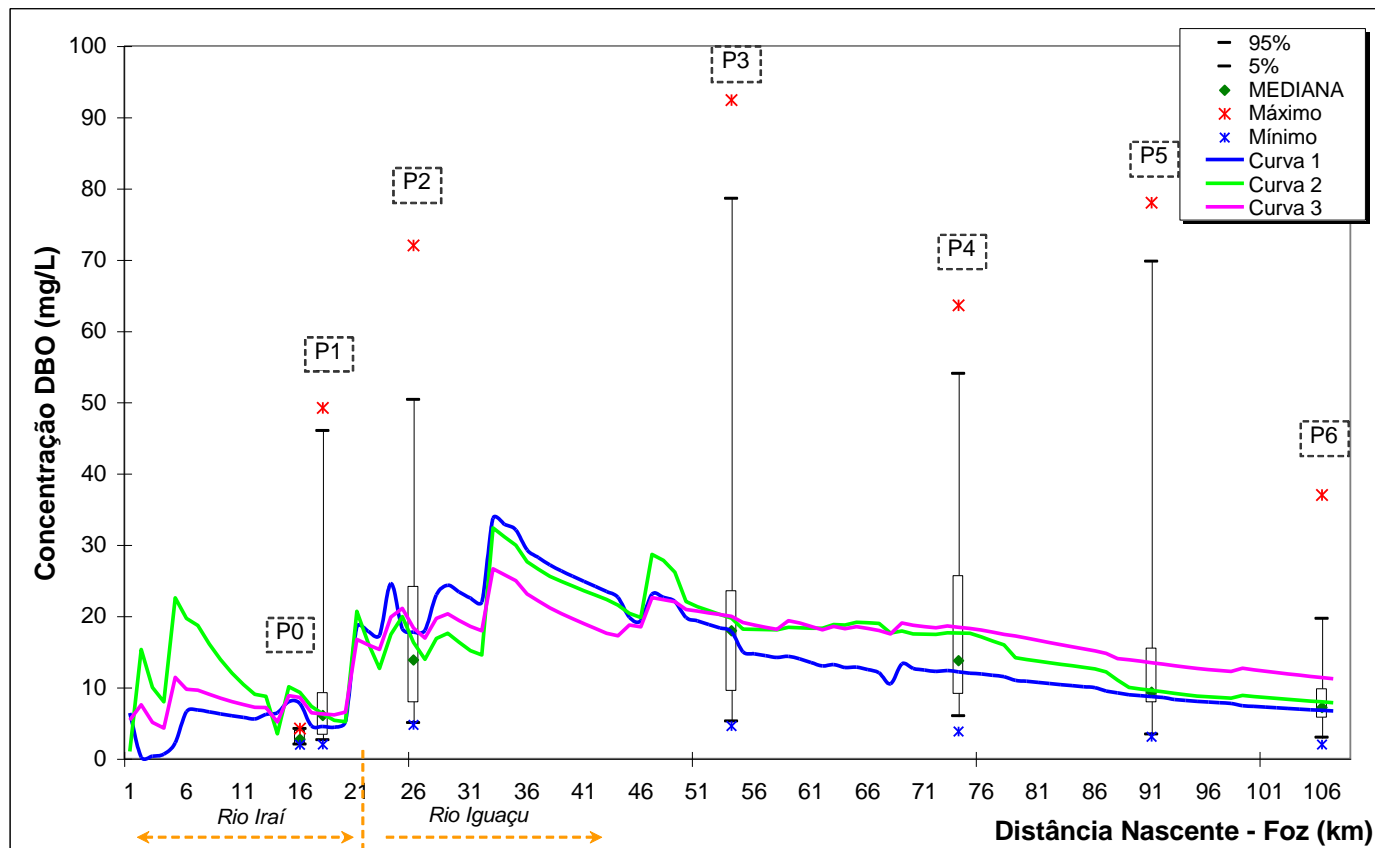


Exemplo: DBO (ponto P2) – simulação e calibração

Curva 1 – Trabalho de mestrado & Porto *et al.* (2007);

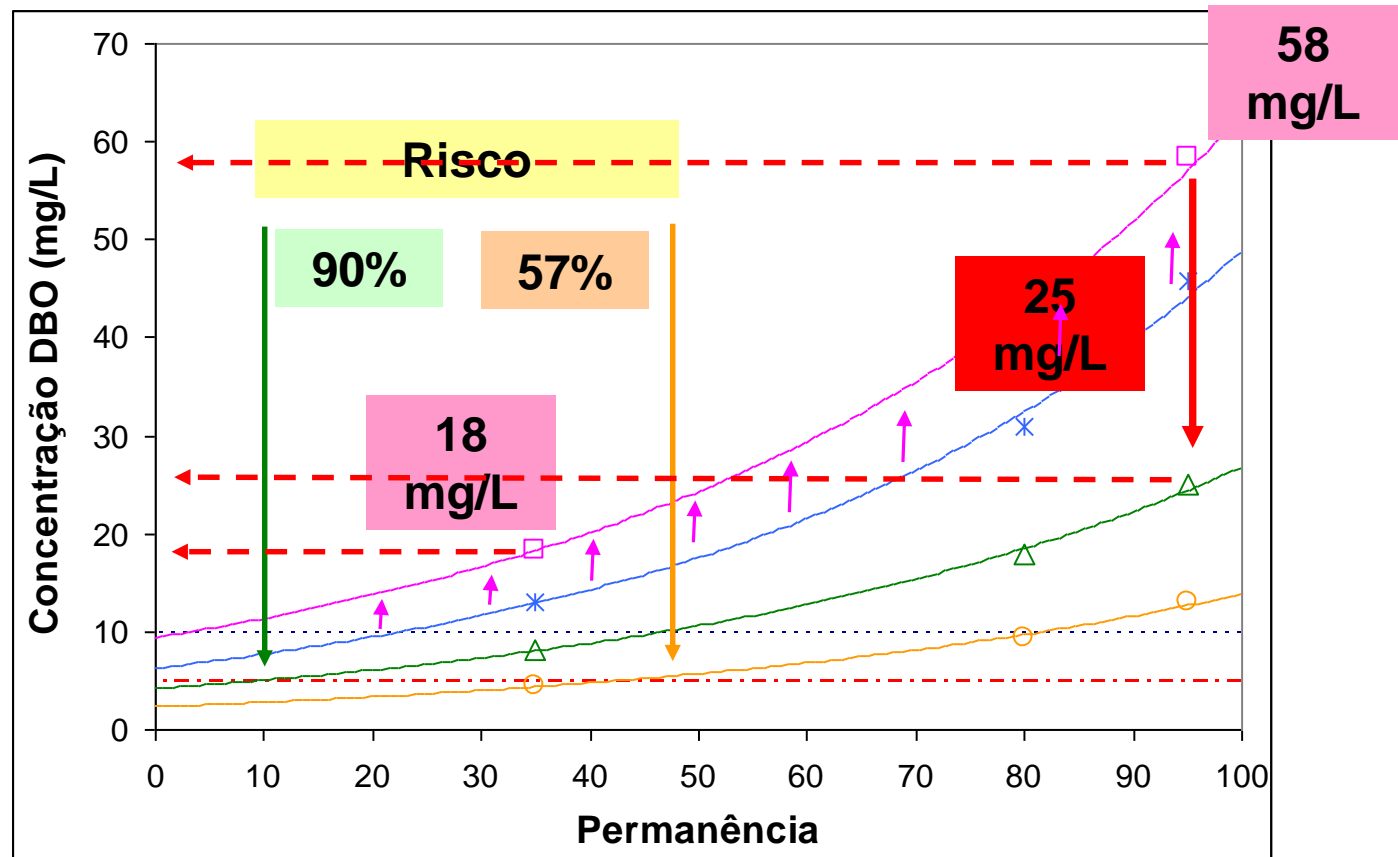
Curva 2 – Kondageski (2008);

Curva 3 – Knapik (2006).



Exemplo: DBO (ponto P2) – metas progressivas

- × DBO Diagnóstico_2005
- DBO Prognóstico_2025
- △ DBO Cenário A_2025
- DBO Cenário B_2025
- - - DBO Classe 2
- ⋯ DBO Classe 3



Referencial Teórico e Bases Técnicas



➤ Estatística – AEM

- ✓ Técnicas de sintetização de dados;
- ✓ Análise de Componentes Principais (ACP): aplicação e aprimoramento

➤ Modelagem Matemática Simplificada

- ✓ Definição, tipos e objetivos.



➤ Geoprocessamento e Ottocodificação

- ✓ Definição, metodologia e potencialidades.

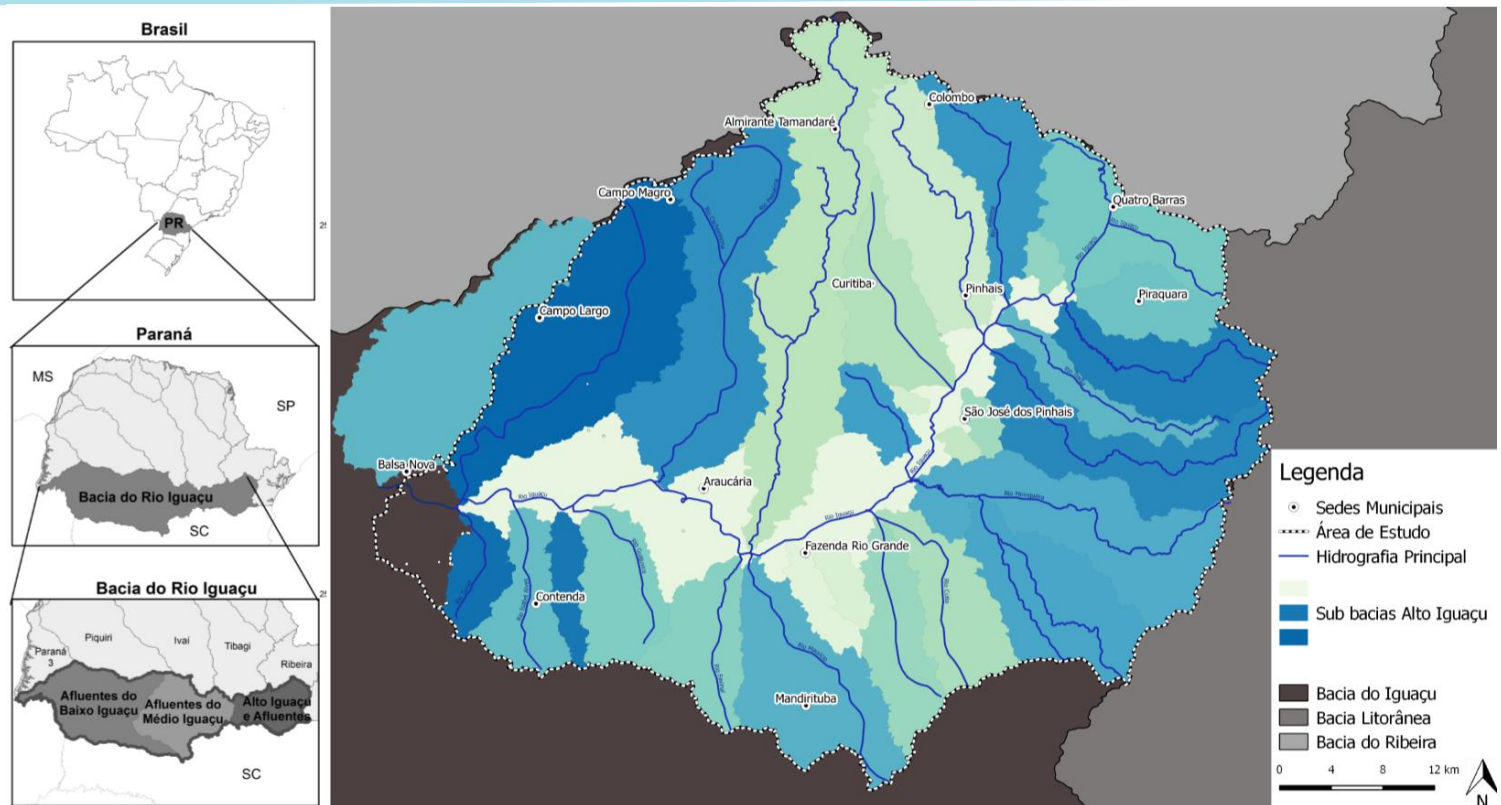
➤ Cenarização

- ✓ Definição e princípios.



**Nova
abordagem**

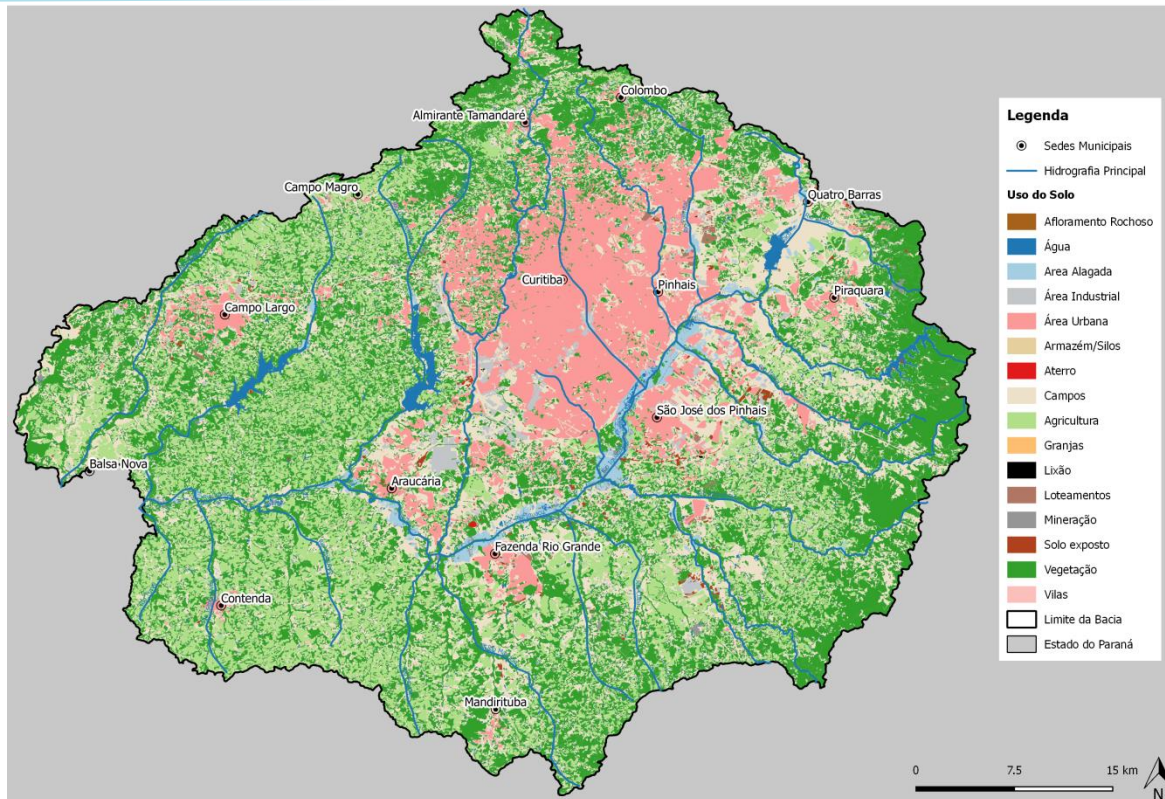
Área de Estudo - Localização



Fonte: Adaptado de AGUASPARANÁ (2016a)

Defesa de Mestrado – Fevereiro de 2018

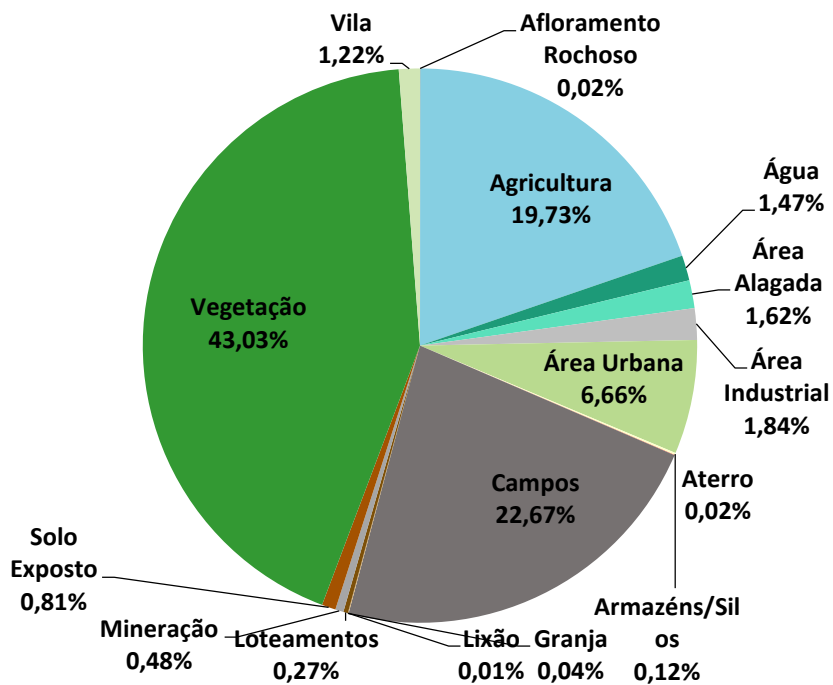
Área de Estudo – Uso do Solo



Fonte: Adaptado de AGUASPARANÁ (2016b)

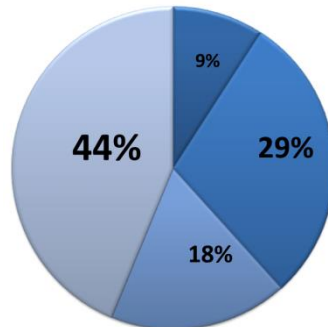
Defesa de Mestrado – Fevereiro de 2018

Área de Estudo - Usos

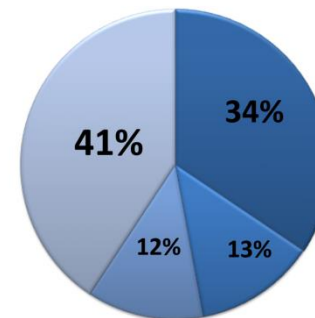


Fonte: Adaptado de AGUASPARANÁ (2016b)

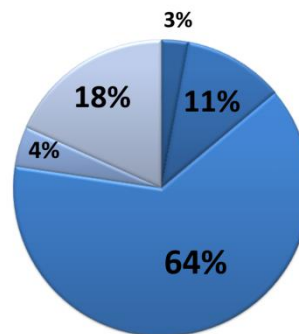
Outorgas de captação em número absoluto



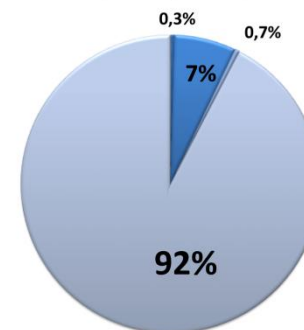
Outorgas de captação em relação à vazão



Outorgas de diluição em número absoluto

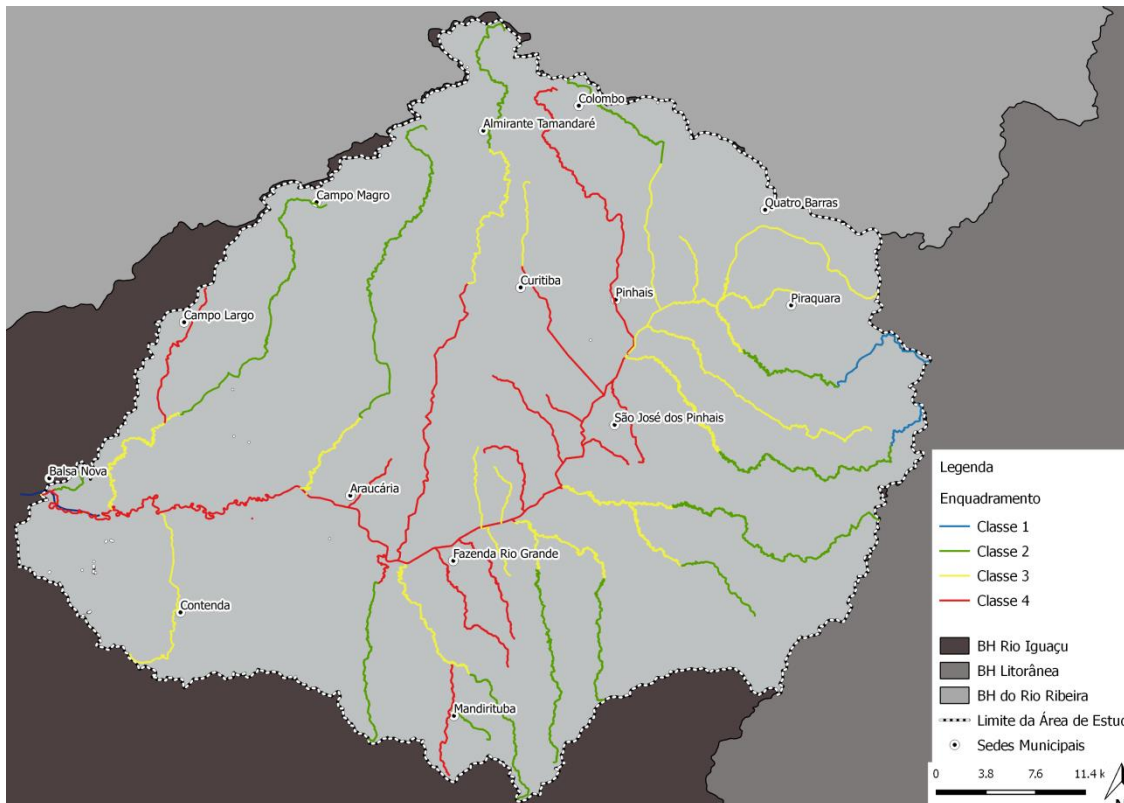


Outorgas de diluição em relação à vazão

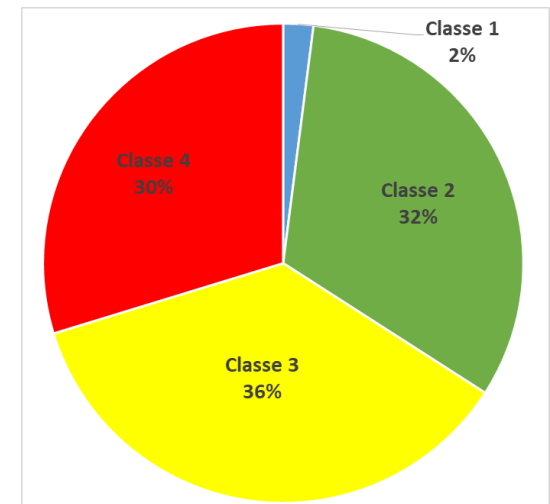


Indústria Saneamento Comércio e Serviço Administração Pública Outros

Área de Estudo - Enquadramento



Parâmetro base: DBO
Vazão de Referência: $Q_{70\%}$



Fonte: Adaptado de AGUASPARANÁ (2013)

Fonte: Adaptado de AGUASPARANÁ (2013)

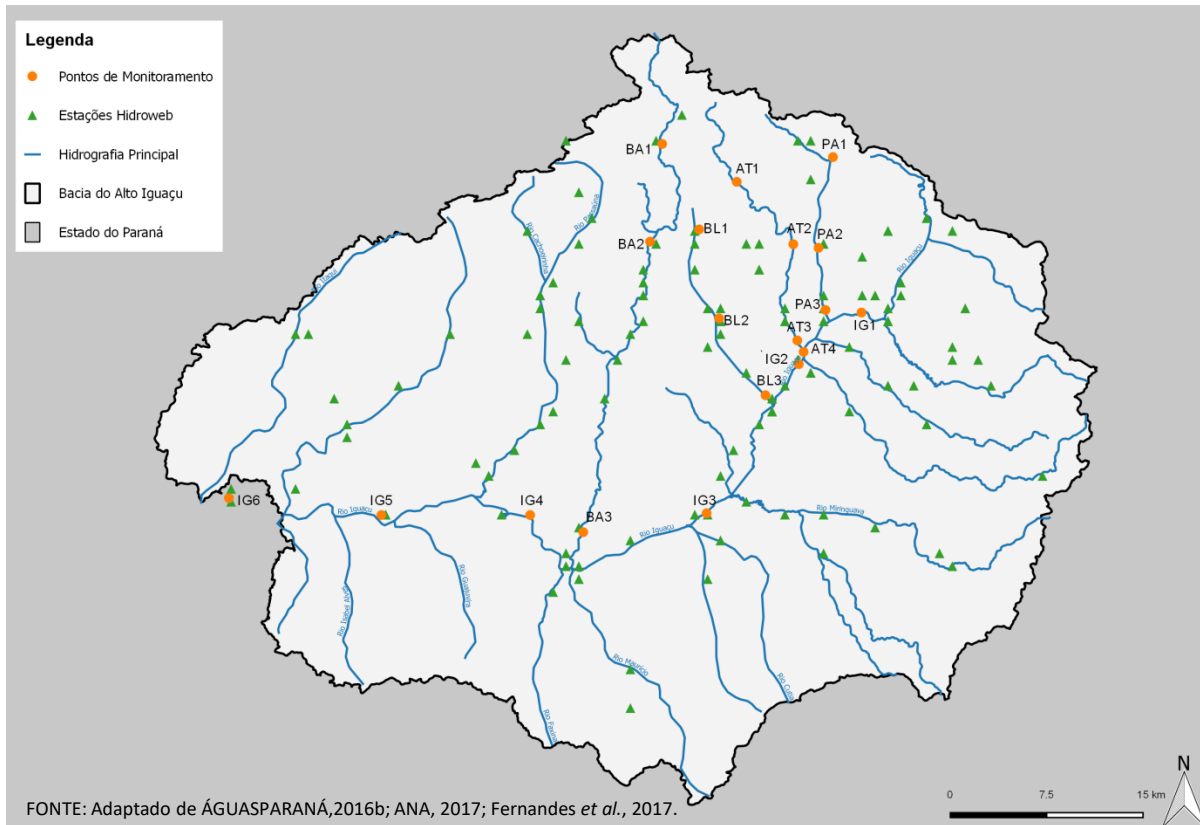
Defesa de Mestrado – Fevereiro de 2018

Base de Dados

➤ Dados de qualidade da água e vazão:

- ✓ Projetos: Bacias Críticas, INTEGRA 1, Caracterização e Modelagem da Matéria Orgânica em rios da Bacia do Alto Iguaçu e INTEGRA 2 (21 pontos);
- ✓ Série Histórica do Hidroweb (71 estações).

Base de Dados



Defesa de Mestrado – Fevereiro de 2018

71
estações



Qualidade e
vazão
2005 – 2017
Rio Iguaçu e
afluentes da
margem Direita

21
estações

Análise Estatística Multivariada

➤ Programa: R Core Team (2017);

➤ Análise de Componentes Principais:

✓ Análise Preliminar (AP): dados brutos

✓ Normalização pela média (ANM)

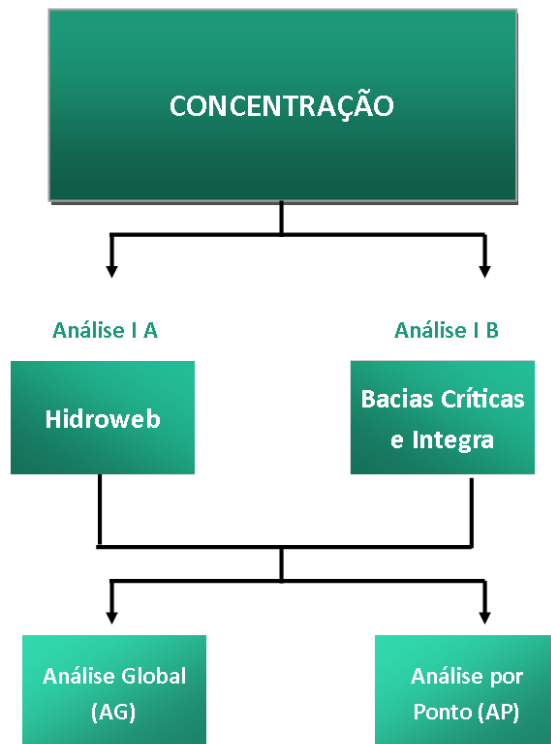
✓ *Power Transform (PTA)*

$$Y_i(\lambda) = \begin{cases} \ln(X_i), & \text{se } \lambda = 0 \\ \frac{X_i^\lambda - 1}{\lambda}, & \text{se } \lambda \neq 0 \end{cases}$$

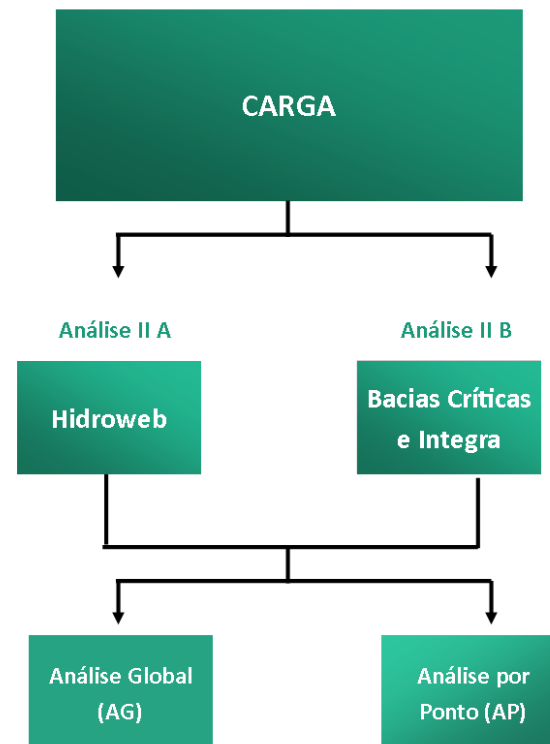
Parâmetros
CONAMA 357/05

Análise Estatística Multivariada

Hipótese I



Hipótese II



Defesa de Mestrado – Fevereiro de 2018

Análise Estatística Multivariada

HIPÓTESE I

	ANÁLISE PRELIMINAR			NORMALIZAÇÃO PELA MÉDIA E POWER TRANSFORM		
	Nº DE ESTAÇÕES	Nº DE DADOS	Nº DE PARÂMETROS	Nº DE ESTAÇÕES	Nº DE DADOS	Nº DE PARÂMETROS
Hidroweb – AG	21	4.212	11	21	4.212	9
Dados UFPR – AG	21	523	29	21	523	9
Hidroweb - AP	65028000	57	12	65025000	61	5
	65025000	63	11	65019980	30	5
	65019980	31	9	65017006	55	9
	65017006	56	12	65013005	23	9
	65013005	24	20			
	65009000	66	11			
	65006075	55	18			
UFPR - AP	IG1	56	26	IG1	56	9
	IG2D	27	24	IG2D	27	8
	IG2E	56	25	IG2E	56	9
	IG3	56	26	IG3	56	9
	IG4	56	25	IG4	56	9
	IG5	56	25	IG5	55	9
	IG6	54	25	IG6	53	9

HIPÓTESE II

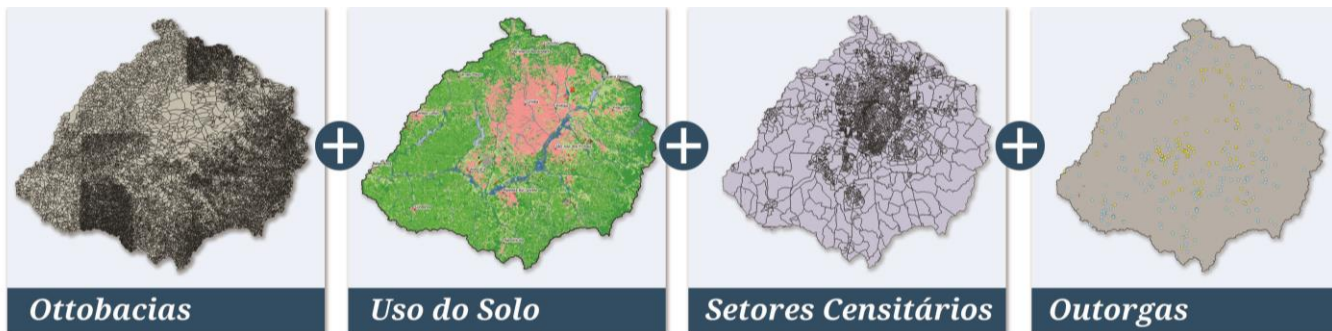
	ANÁLISE PRELIMINAR			NORMALIZAÇÃO PELA MÉDIA E POWER TRANSFORM		
	Nº DE ESTAÇÕES	Nº DE DADOS	Nº DE PARÂMETROS	Nº DE ESTAÇÕES	Nº DE DADOS	Nº DE PARÂMETROS
HIDROWEB – AG	20	619	17	20	619	9
DADOS UFPR – AG	21	523	29	21	523	9
HIDROWEB - AP	65028000	49	13	65025000	53	5
	65025000	65	12	65019980	24	6
	65019980	25	9	65017006	45	6
	65017006	45	20	65013005	20	9
	65013005	22	20			
	65009000	54	11			
	65006075	45	18			
UFPR - AP	IG1	56	25	IG1	56	9
	IG2D	27	23	IG2D	27	9
	IG2E	56	24	IG2E	56	9
	IG3	56	25	IG3	56	9
	IG4	56	24	IG4	54	9
	IG5	56	24	IG5	55	9
	IG6	54	24	IG6	52	9

Defesa de Mestrado – Fevereiro de 2018

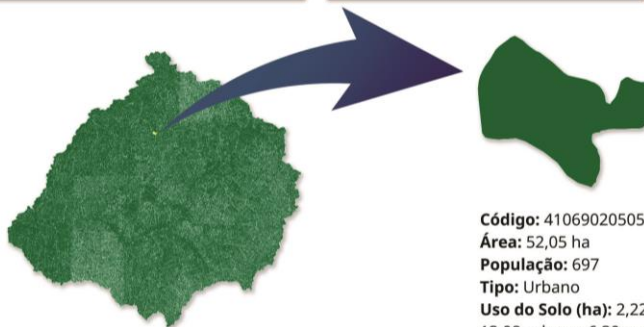
Geoprocessamento

- Programa: QGIS Development Team (2017).
- Análise geoespacial:
 - ✓ Base de dados ortocodificada (AGUASPARANÁ (2016a);
 - ✓ Uso do solo (AGUASPARANÁ, 2016b);
 - ✓ Setores censitários do Censo 2010 (IBGE, 2010);
 - ✓ Dados de outorgas (AGUASPARANÁ, 2017).

Geoprocessamento



=

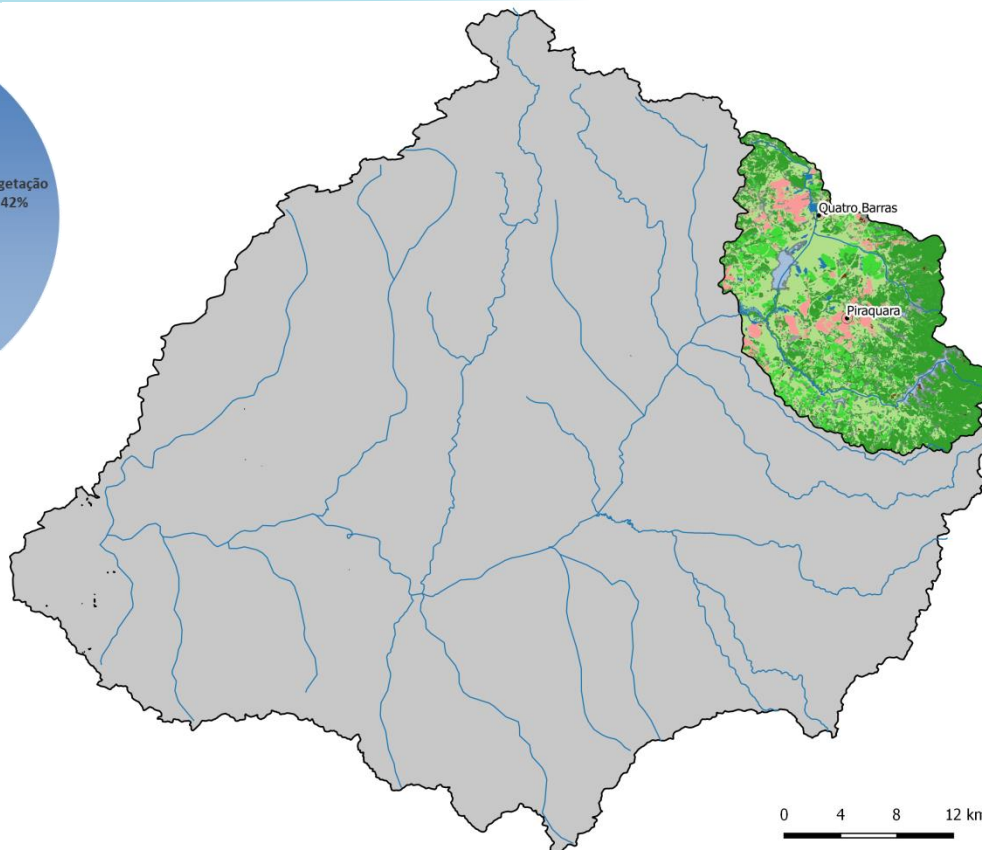
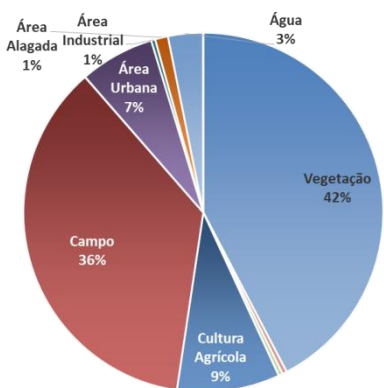


49.267

Código: 41069020505008184286715
Área: 52,05 ha
População: 697
Tipo: Urbano
Uso do Solo (ha): 2,22 água; 7,22 industrial;
13,08 urbana; 6,30 campo; 23,23 vegetação
Captação: 1 usuário, 100 m³/h
Efluente: -
Enquadramento: Classe 3
Carga doméstica de nitrogênio: 5,58 kg/dia
Rio: Barigui

Defesa de Mestrado – Fevereiro de 2018

Geoprocessamento



Legenda

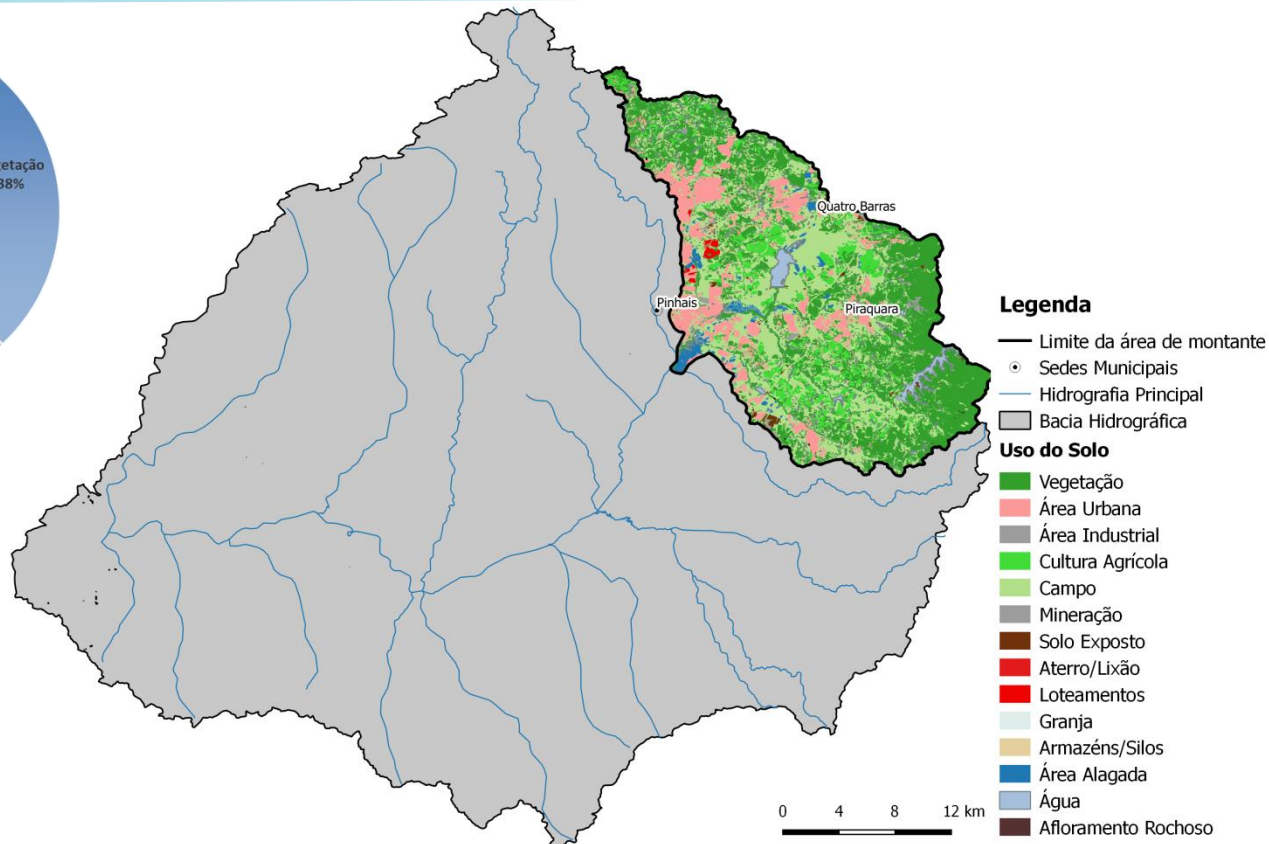
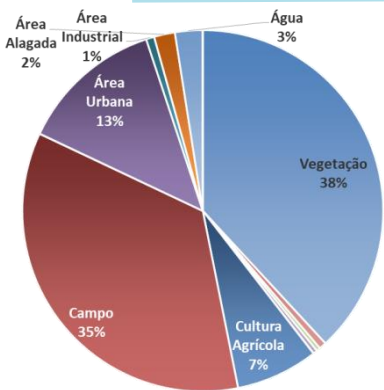
- Limite da área de montante
- Sedes Municipais
- Hidrografia Principal
- Bacia Hidrográfica

Uso do Solo

- Vegetação
- Área Urbana
- Área Industrial
- Cultura Agrícola
- Campo
- Mineração
- Solo Exposto
- Aterro/Lixão
- Loteamentos
- Granja
- Armazéns/Silos
- Área Alagada
- Água
- Afloramento Rochoso

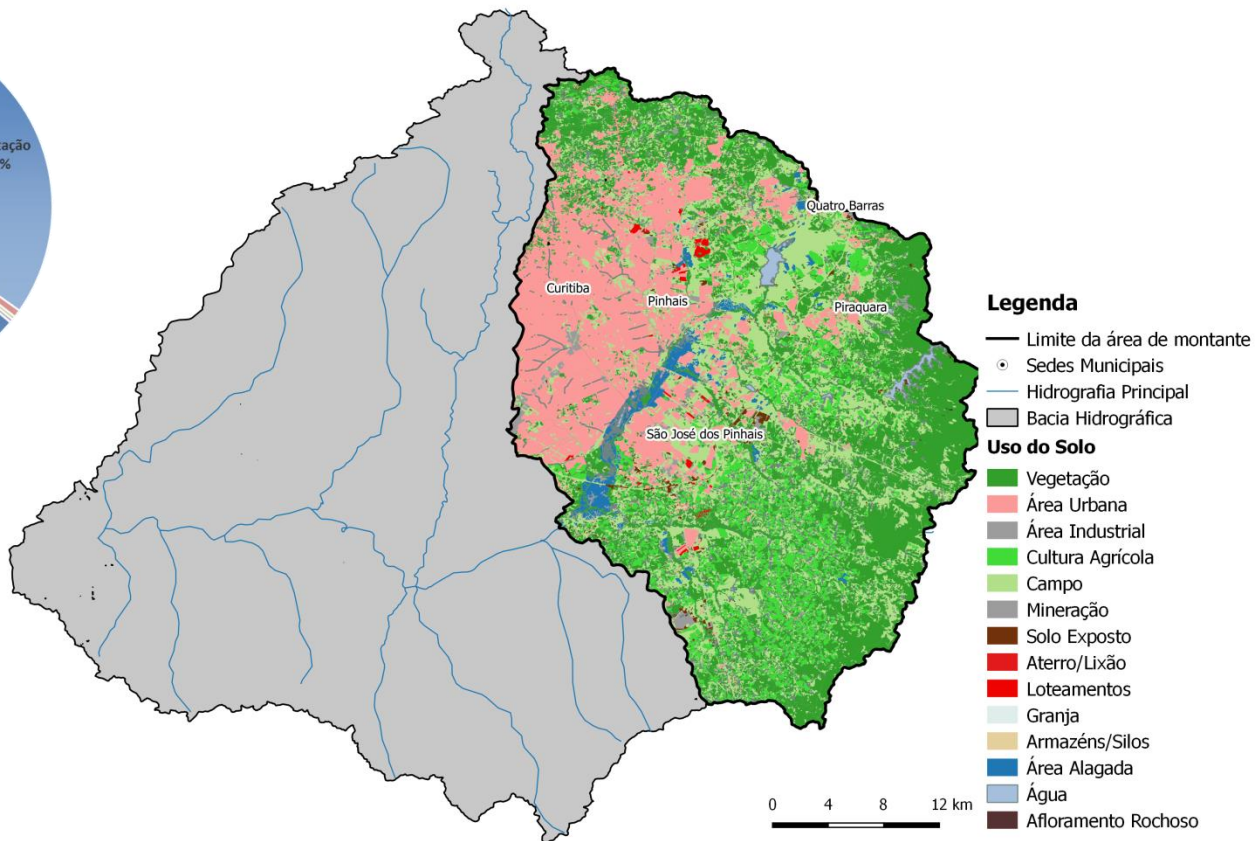
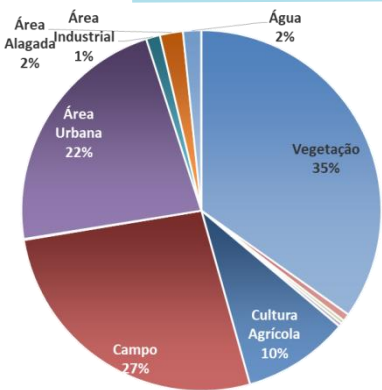
Defesa de Mestrado – Fevereiro de 2018

Geoprocessamento



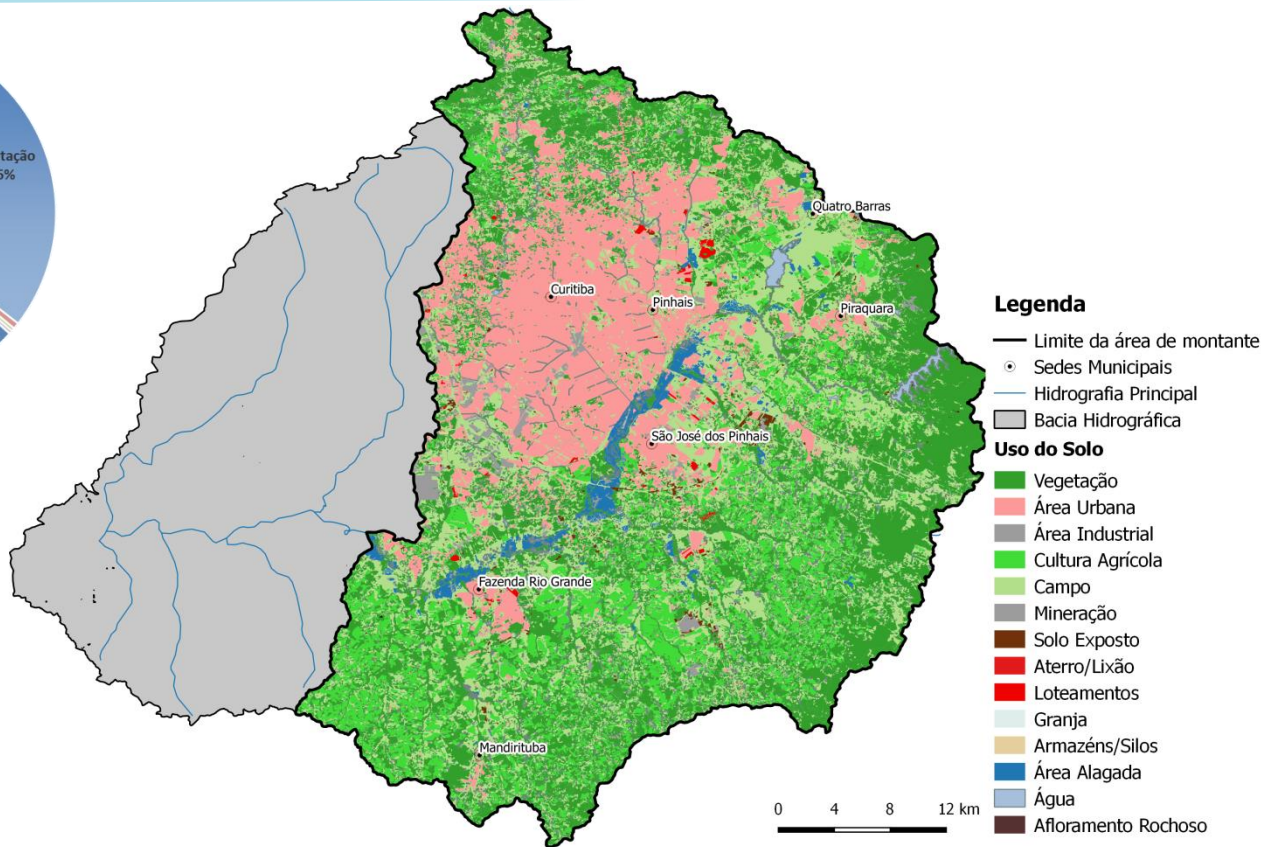
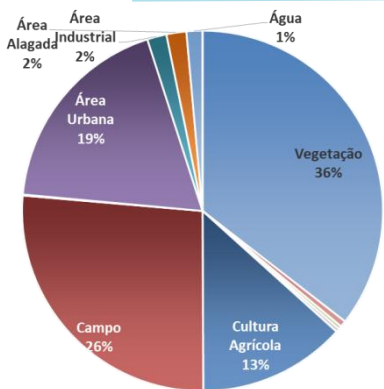
Defesa de Mestrado – Fevereiro de 2018

Geoprocessamento



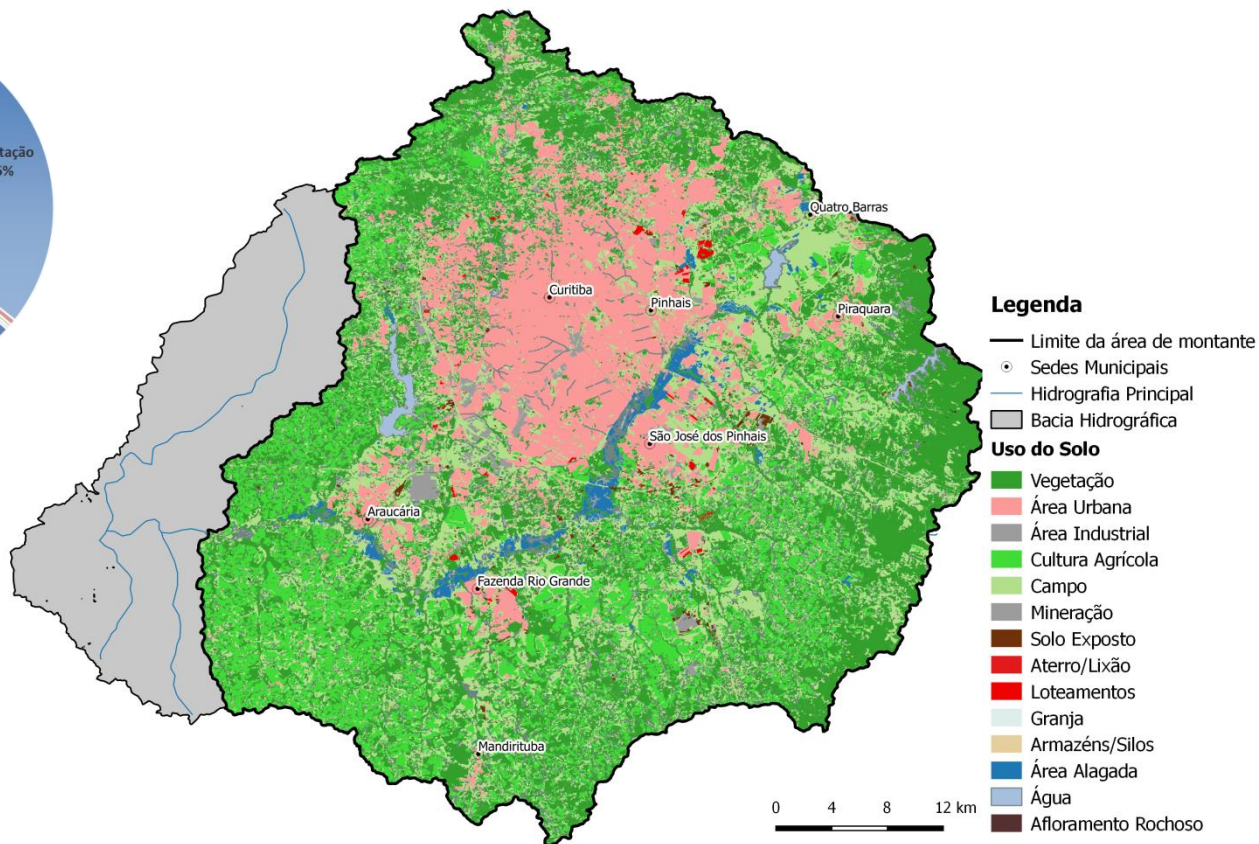
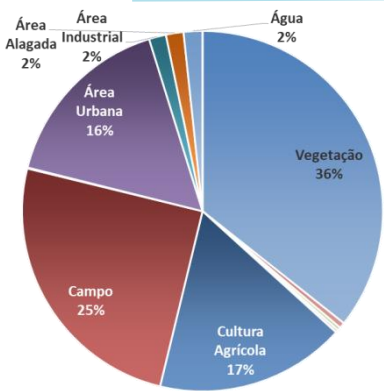
Defesa de Mestrado – Fevereiro de 2018

Geoprocessamento



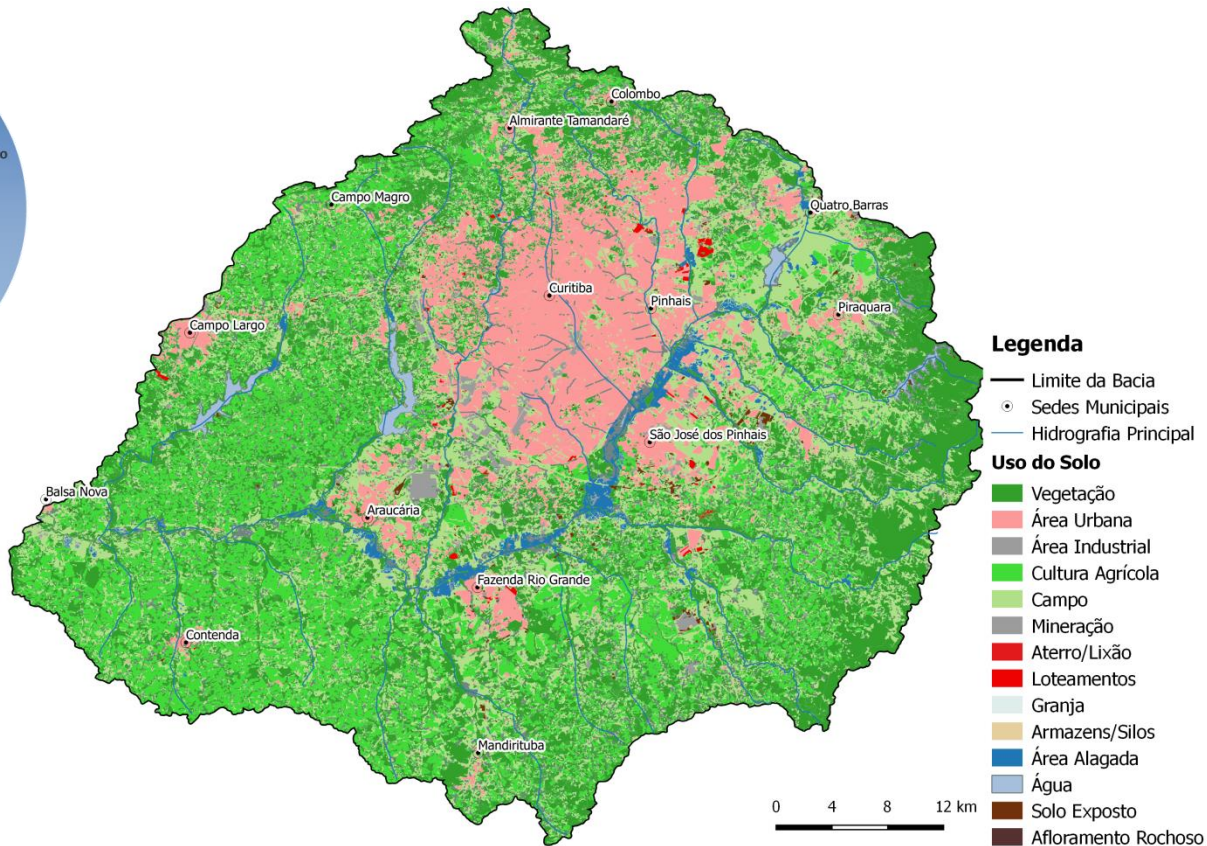
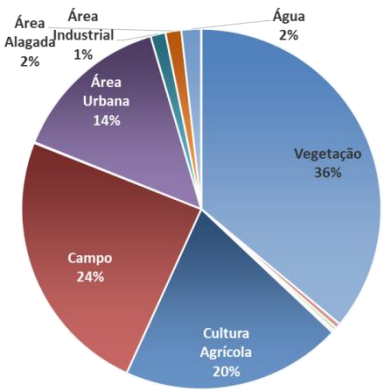
Defesa de Mestrado – Fevereiro de 2018

Geoprocessamento



Defesa de Mestrado – Fevereiro de 2018

Geoprocessamento



Defesa de Mestrado – Fevereiro de 2018



RESULTADOS E DISCUSSÃO

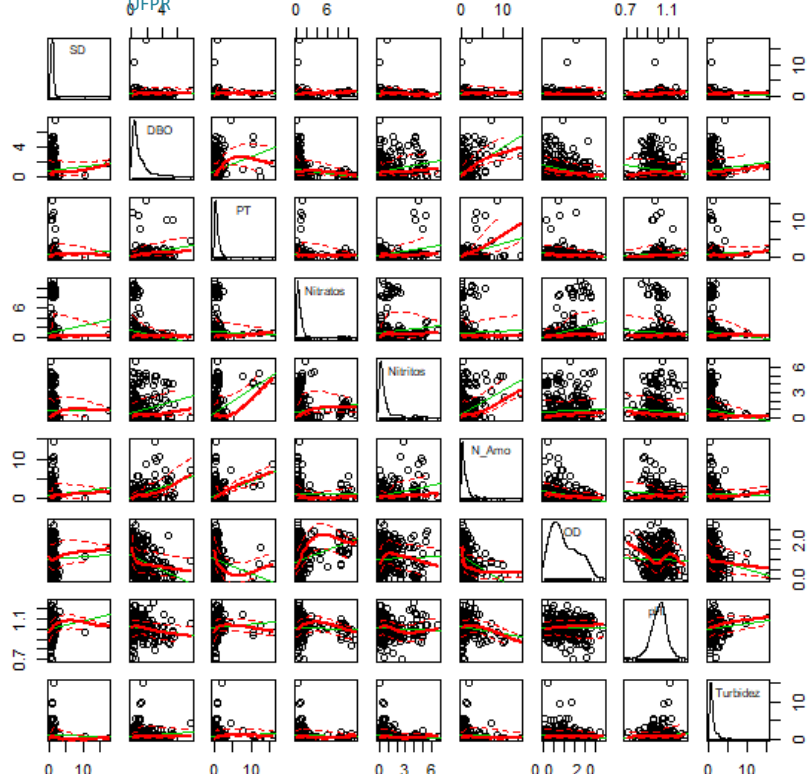
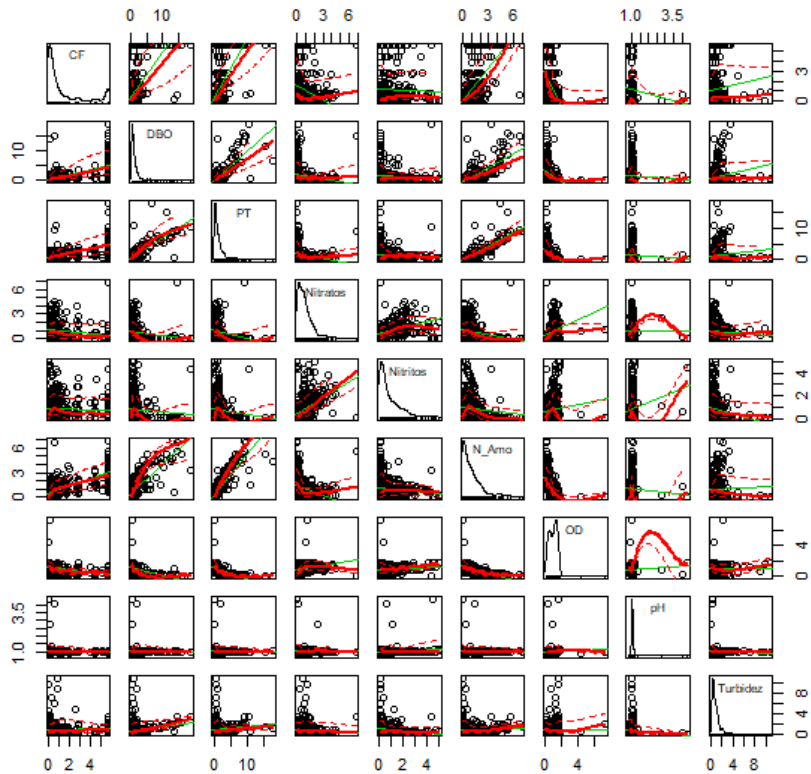
Análise dos dados

*“Sem evidência, não há ciência”.
Edmund Husserl*

AVALIAÇÃO CRÍTICA DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA GLOBAL DO ALTO IGUAÇU

MATRIZ DE DISPERSÃO PARA OS DADOS DE CONCENTRAÇÃO DO HIDROWEB

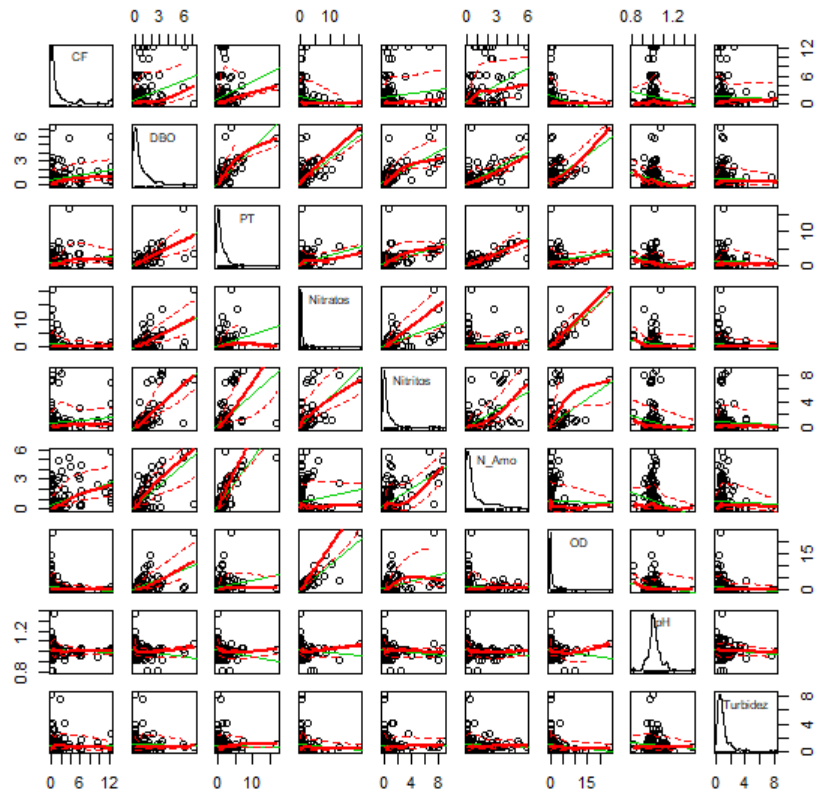
MATRIZ DE DISPERSÃO PARA OS DADOS DE CONCENTRAÇÃO DA JFPR



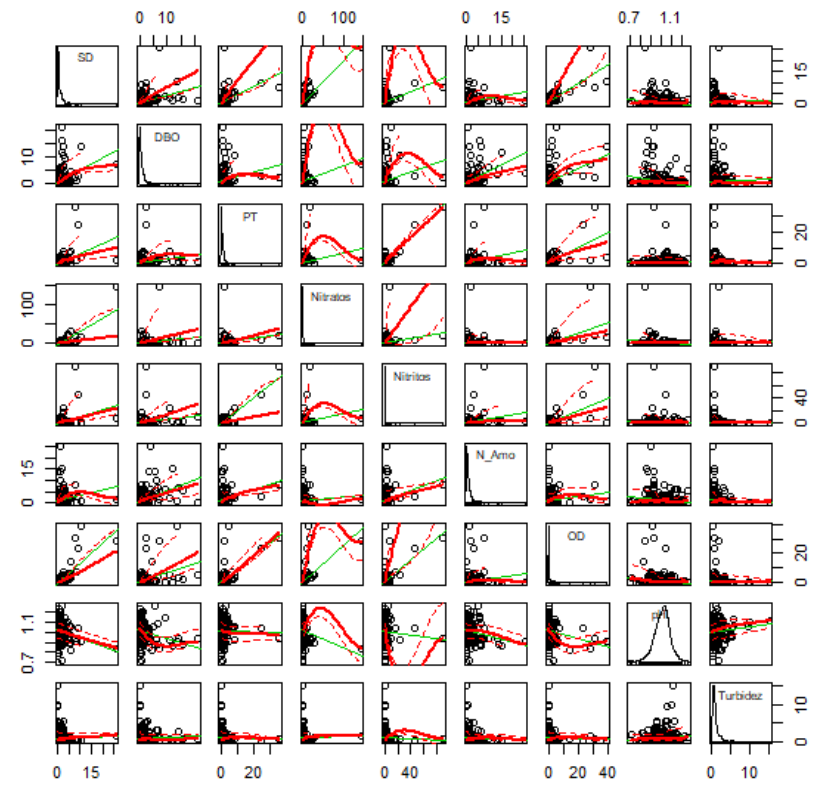
Defesa de Mestrado – Fevereiro de 2018

AVALIAÇÃO CRÍTICA DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA GLOBAL DO ALTO IGUAÇU

MATRIZ DE DISPERSÃO PARA OS DADOS DE CARGA DO HIDROWEB

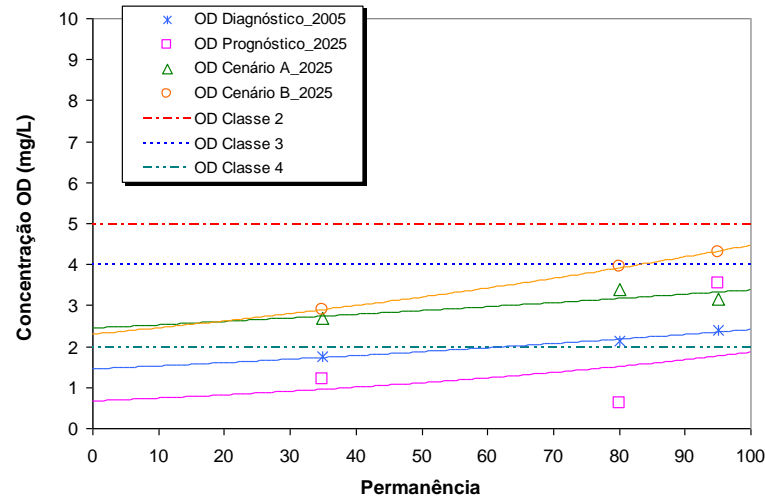
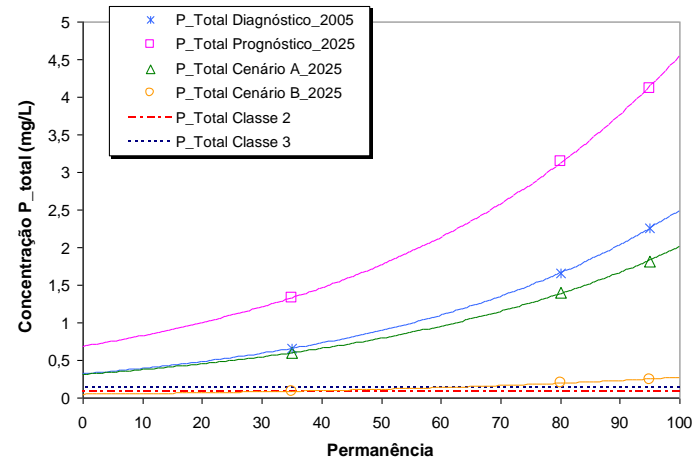
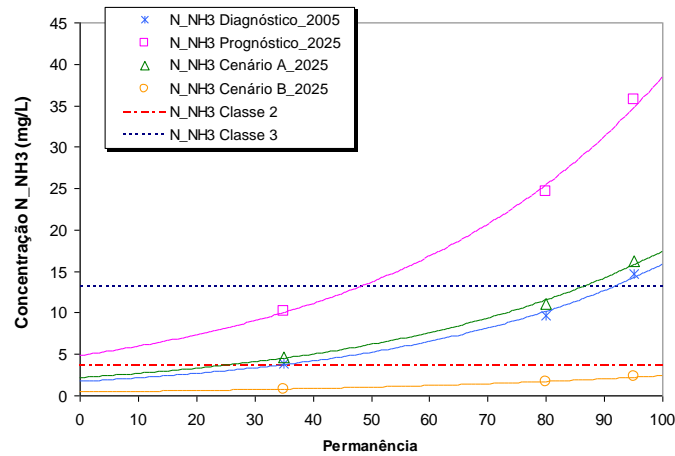


MATRIZ DE DISPERSÃO PARA OS DADOS DE CARGA DA UFPR



Defesa de Mestrado – Fevereiro de 2018

Exemplo: Nitrogênio total, fósforo total e oxigênio dissolvido



Considerações Finais

- Os cenários de despoluição não atendem o enquadramento atual
- As propostas são pouco ousadas quanto aos investimentos:
 - **0,09 a 0,11% do PIB** da RMC em 20 anos
 - **R\$ 10,81** per capita por ano
- Há necessidade de ampliar o Plano e rever as Metas de Enquadramento

Contribuições

- ✓ Enquadramento com Metas Progressivas (Brites 2010)
- ✓ Integração dos Instrumentos de GRH
- ✓ Vazão de Referência
- ✓ Monitoramento e Parâmetros QA alternativos
- ✓ Vazão x Concentração
- ✓ Consistência de Dados Fluviométricos
- ✓ Matriz de Fontes de Poluição
- ✓ Modelagem (Calibração – Simulação) (Knapik, 2009 E 2014)
- ✓ Avaliação dos Usos e Proposta de Enquadramento (Marin, 2006, Brites, 2010, Bitencourt, 2018)
- ✓ Refinamento da metodologia de avaliação de benefícios

Contribuições

- ✓ ICE (Amaro, 2009)
- ✓ Análise Estatística Multivariada (França, 2009 e Bitencourt 2018)
- ✓ Discussão sobre Funções de Custo (Brites, 2010)
- ✓ Otimização analítica no laboratório (Dombroski, 2011 Kozak 2018)
- ✓ Desenvolvimento de Modelo Computacional de Qualidade da Água (MOGEST) (Porto et al. 2011)
- ✓ Consolidação dos Algoritmos desenvolvidos (GA, PSO, Simulated Annealing e DE – Differential Evolution) – Kondageski (2008), Garcia (2011) e Fernandes (2011)
- ✓ Algoritmo para Curvas de Permanência de QA (Ferreira, 2019)

Inserção do Projeto no Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos

- Designação de técnico da Agência de Bacia para repasse dos dados
- Designação de técnico as SANEPAR para definição de cenários de medidas de despoluição
- Capacitação técnica dos membros do Comitê
- Parte do Plano de Bacia do AI
- Metodologia Aplicada para a Bacia do Rio Jacaré – Universidade Federal do Sergipe

Integração USP – UFPR – Uma rede de pesquisa consolidada para o Alto Iguaçu

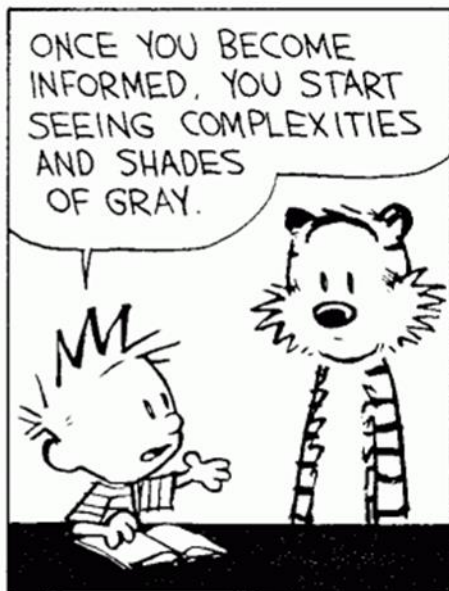
Produção Acadêmica

- ✓ 6 Teses de Doutorado Defendidas(USP)
- ✓ 9 Dissertações Defendidas(UFPR)
- ✓ 2 Dissertação Defendida (USP)
- ✓ Informações Técnicas para o Plano de Bacia do Alto Iguaçu
- ✓ 2 Trabalhos de conclusão de curso (Eng^a Ambiental)
- ✓ Artigos publicados em abrangência nacional e internacional

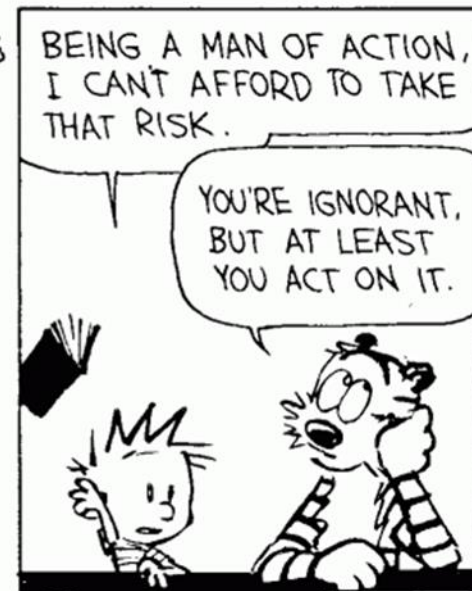
De que adiantou tudo isso???

Podemos mudar a realidade do
AI???

Um novo caminho!!!



YOU REALIZE THAT NOTHING IS AS CLEAR AND SIMPLE AS IT FIRST APPEARS. ULTIMATELY, KNOWLEDGE IS PARALYZING.



Desafios Alto Iguaçu:

Com a ajuda da ANA

- Melhorar Ação Indutiva de Transformação
 - Motivar a SANEPAR (p.e.: Auxílio na revisão do Plano Diretor de Esgotos)
 - Envolvimento com a Agência de Bacia e com o Comitê de Bacia
 - Continuação de Parceria com o Instituto das Águas
 - Iniciar Parceria com IAP
- Bacia do AI – Bacia Experimental
 - Sermos mais profissionais
 - Manutenção das Estações

Desafios Alto Iguaçu:

- **TROCAR EXPERIÊNCIAS**

Agradecimentos

- FINEP, CT-Hidro, CNPq, CAPES
- Instituto das Águas, SANEPAR
- Equipe administrativa do FCTH
- Ana Maria Barbosa (FINEP)
- Prof. Rubem Porto – Inspiração conceitual
- Victória Quintas Fernandes
- Débora Medeiros Camargo
- Luiz Carlos Barbosa

Agradecimento Especial



**Profa Monica Porto e Team Work USP/UFPR=
Gestão de Recursos Hídricos!!!**

