

Oficina de trabalho

Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos –
desenvolvimento científico para suporte à tomada
de decisão.

Apoio:



- **Projeto:** Modelagem de Mananciais Metropolitanos Estratégicos como Insumo para a Gestão de Água e Território Face a Mudanças Climáticas
- **Coordenador:** Nilo Nascimento (UFMG)
- **Equipe:**
 - **Coordenadores associados:** Sérgio Koide (UnB) e J. Rodolfo Scarati (USP)
 - Julian Eleutério e Talita Silva (UFMG)
 - Oscar Cordeiro N. e Lenora N. L. Gomes (UnB)
 - Brigitte Vinçon-Leite (LEESU-ENPC, França)
 - 2 Pos-Doc, 3 PhD e 5 MSc

Objetivos da proposta:

- Conceber métodos para a avaliação de cenários de uso do solo e da água face a mudanças climáticas e pressões globais e locais sobre o uso de recursos naturais
- Contribuir para a formulação de políticas de conservação de água e solo em mananciais estratégicos para regiões metropolitanas
- Conceber e avaliar métodos de integração de modelagem climática, hidrológica de bacias, hidrodinâmica e ecológica de lagos (reservatórios)

Hipóteses:

- Mudanças globais e locais impactam sobre o uso do solo e da água:
 - Preço de commodities e atividade minerária (produção e descomissionamento)
 - Expansão urbana, dispersão urbana
 - Atividades agropecuárias nas franjas metropolitanas
 - Demanda por água, solo, produtos agrícolas e outros recursos naturais cresce com políticas distributivas de renda
- Cenários de variabilidade e de mudança climática (temperatura, duração de períodos secos, intensidade de chuvas) impactam sobre regime hidrológico e ecologia de lagos:
 - Dinâmica do fitoplâncton com aumento de temperatura
 - Efeitos de choque de poluição difusa aumentam: processos erosivos, lixiviação
 - Impactos sobre a concentração de contaminantes: metais pesados, pesticidas, toxinas (cianobactérias)
 - Hidrodinâmica do lago e dinâmica do fitoplâncton
 - Operação de reservatórios mais complexa, com maiores flutuações de NA no tempo

Hipóteses:

- Instrumentos reguladores são necessários mas não são suficientes para promover conservação de água e solo
- Enfoques fundados em conceitos de serviços ecossistêmicos associados a instrumentos econômicos podem contribuir para promover a conservação de água e solo:
 - Cobrança pelo uso da água
 - Pagamento por serviços ambientais
 - Cobertura de custos de transação para promover mudanças: capacitação para a conservação de água e solo, criação e organização de novos mercados (e.g.: agricultura orgânica, ecoturismo); monitoramento e avaliação
- A modelagem matemática pode ser um instrumento importante para quantificar serviços ecossistêmicos e melhor definir instrumentos de gestão

Metodologia 1: estudos de caso

Vargem das Flores Bacia (rio Betim) e reservatório



Área da bacia: 121 km²
Contagem: 90% da área da bacia
Betim: 10% da área da bacia

Reservatório construído em 1972
Produção de 1,5 m³/s (9% da cap. inst. da RMBH)
Área do reservatório: 5,1 km²



Pressões



earth

Reservatório de Serra Azul

Área de contribuição direta,
proteção integral: **32 km²**

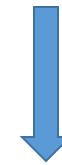
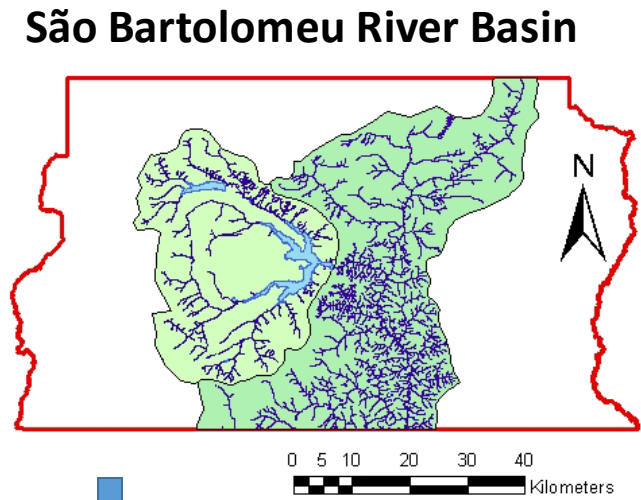
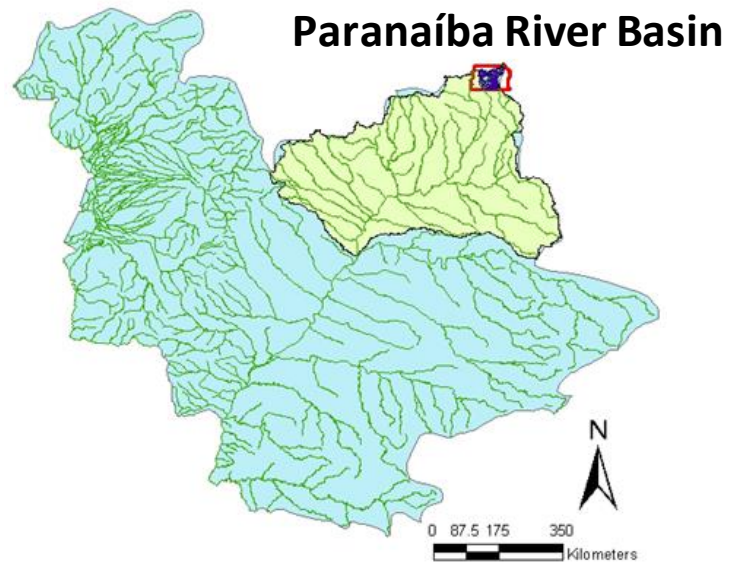
APE: **256 km²**
(Lei 20792 de 08/08/1980)

Capacidade de armazenamento:
98.000.000 m³

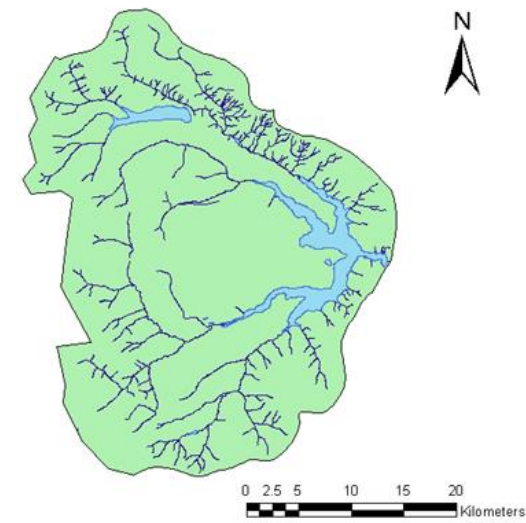
Produção de água:
Máximo: **2,6 m³/s**
Médio: **1,5 m³/s**
RMBH **16%**

Suprimento de água potável para cerca
de **800.000 habitantes**

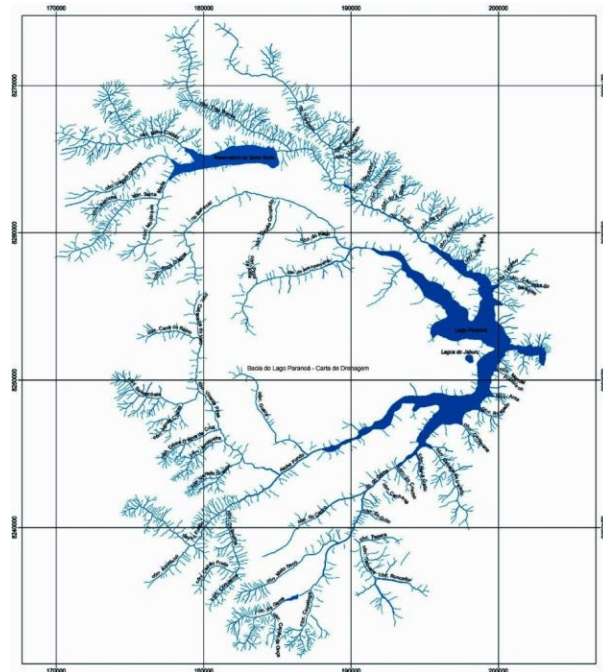




Paranoá Lake Basin



Paranoá Lake



Paranoá Lake



Physical characteristics:

Lake Area – 37,5 Km²

✓ Max. Depth – 38 m

✓ Mean Depth – 12,42m

✓ Volume – 498 x 10⁶ m³

✓ Distance to the Dam

● Sta Maria/Torto – 12,5 km

● Bananal – 15,2 km

● Riacho Fundo – 19 km

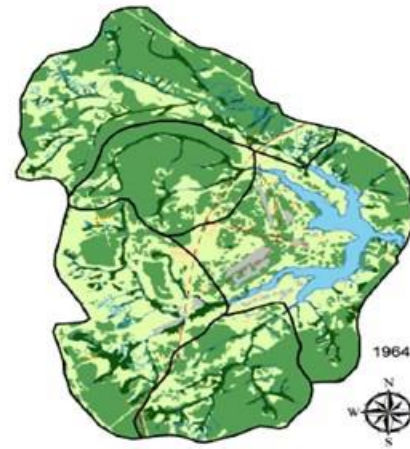
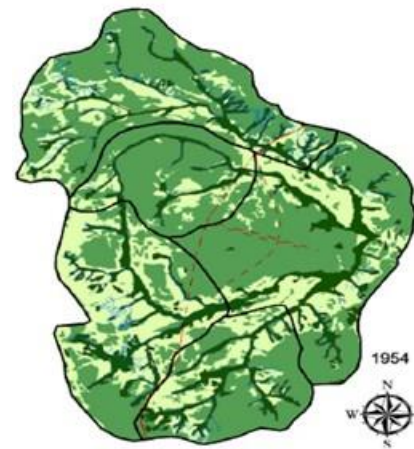
● Gama – 13,7 km

✓ Perimeter – 118,87 km

PARANOÁ LAKE BASIN

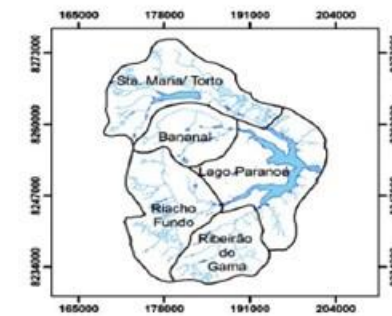
LAND USE

(1954 – 2009)



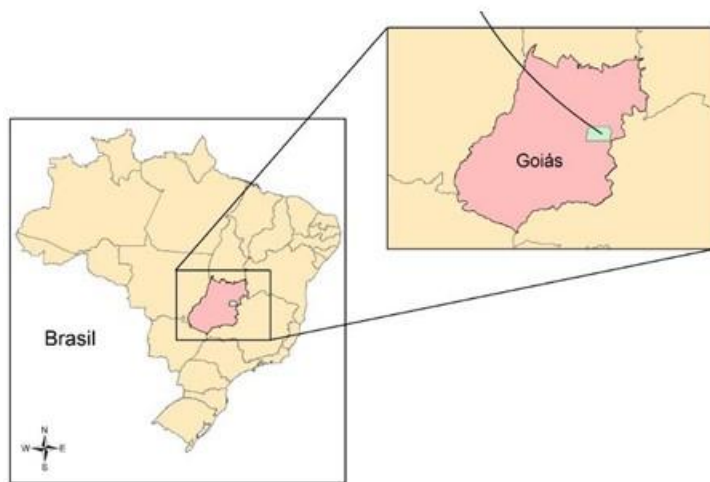
Legenda

- drenagem
- Vias Principais
- Unidades Hidrográficas
- Agricultura
- Campo
- Cerrado
- Corpos d'água
- Mata de Galeria
- Reforestamento
- Solo exposto
- Área urbana 1 (<40% área impermeável)
- Área urbana 2 (40 a 70% área impermeável)
- Área urbana 3 (> 70% área impermeável)

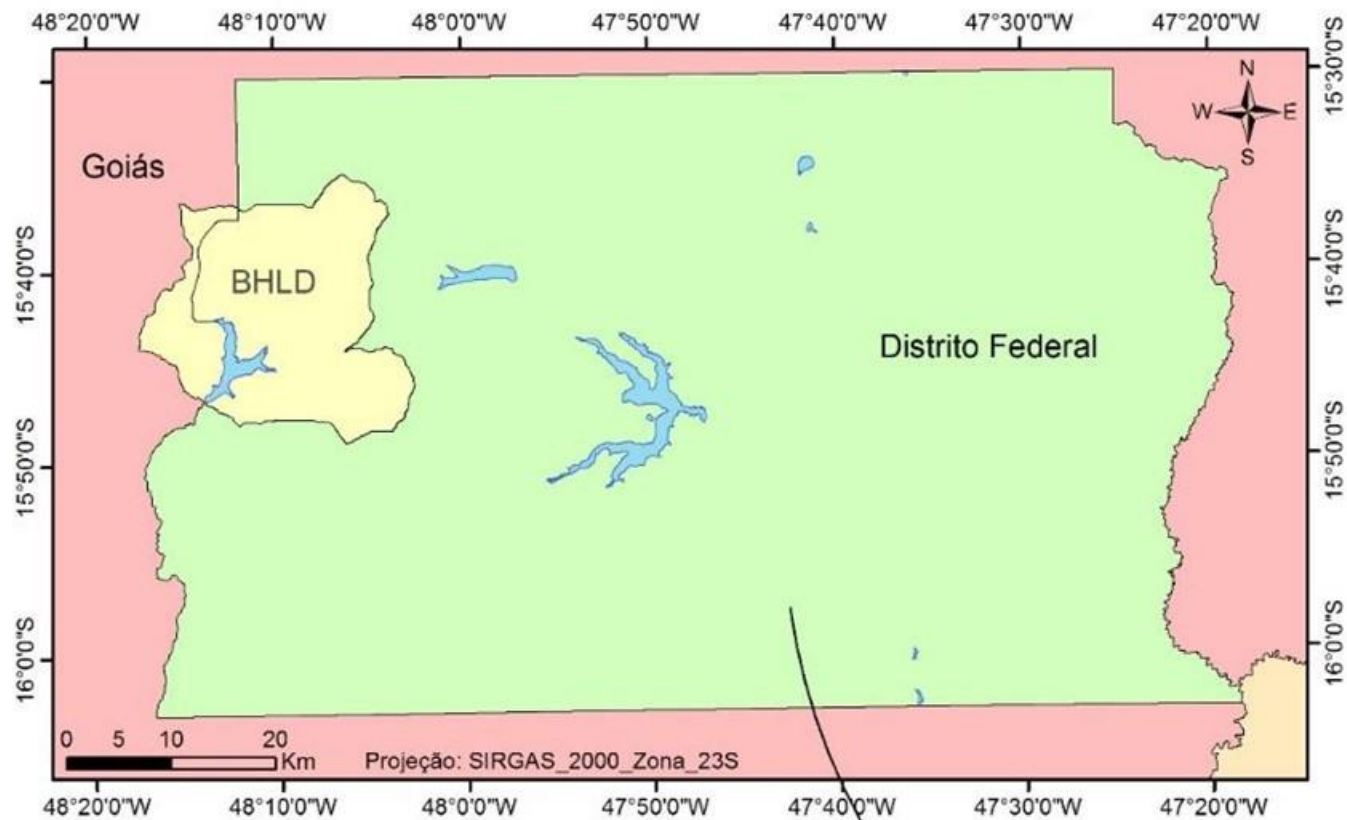


ROIG (2014)

Lago Descoberto

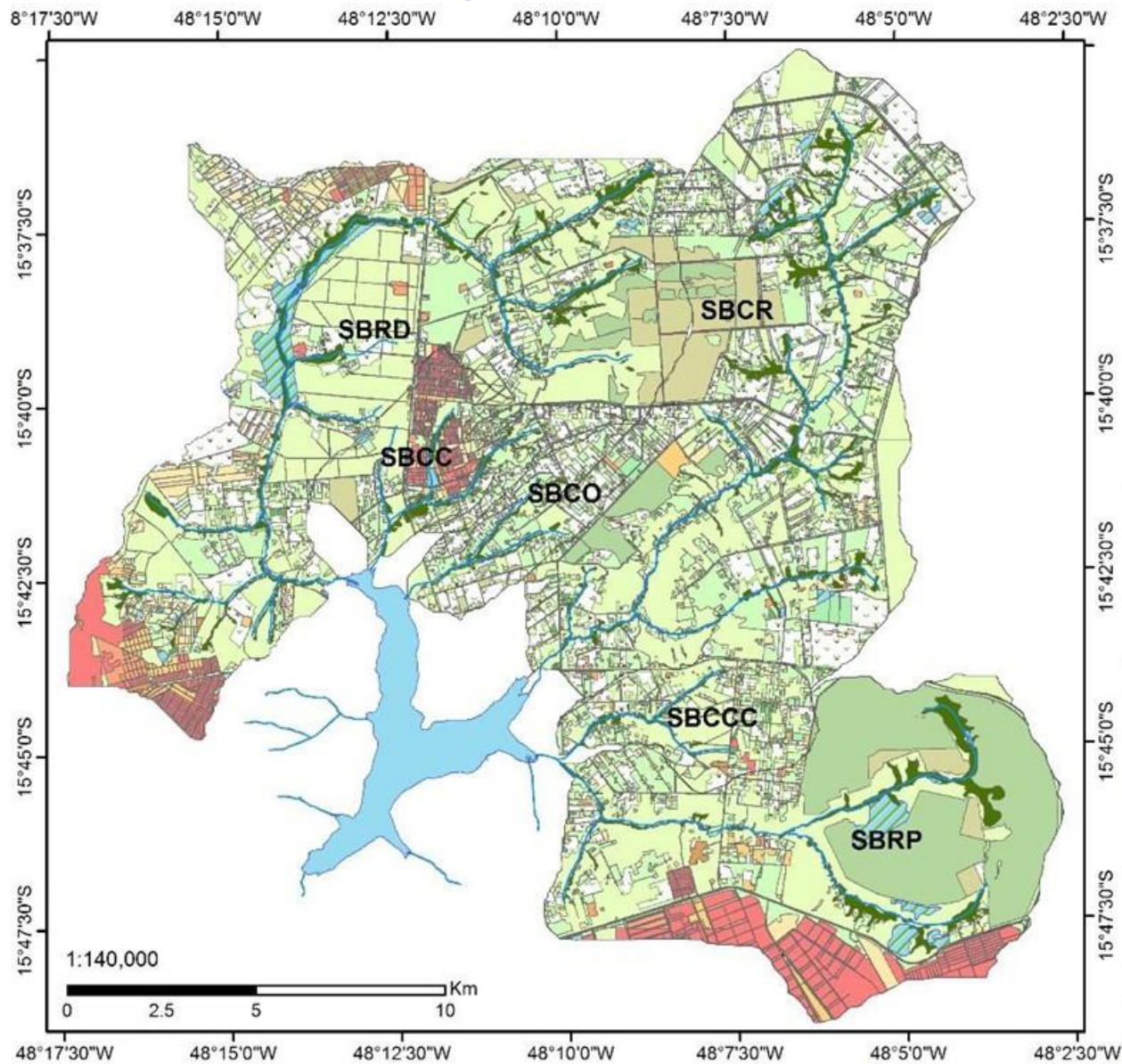


22 de julho de 2012



Texto do rodapé aqui

Caracterização das Sub-bacias



Área do reservatório: 17 km²

Capacidade de armazenamento do reservatório: 102 hm³

Uso e Ocupação do Solo

- Urbanização Alta Densidade
- Urbanização Alta/Média Densidade
- Urbanização Média/Baixa Densidade
- Urbanização Baixa Densidade
- Vias Pavimentadas
- Vias Não Pavimentadas
- Cerrado
- Reflorestamento/Pinus
- Reflorestamento/Eucalipto
- Culturas Anuais
- Culturas Perener
- Mata de Galeria
- Campo Limpo
- Área Vegetada
- Solo Exposto
- Pastagem
- Áreas Degradadas/Cascalheiras
- Água/Âçudes/Lagos
- Áreas Alagáveis/Campos de Murundu

Reservatório Billings SP

- Volume de $1 \times 10^9 \text{ m}^3$ - equivalente à todo sistema de abastecimento da RMSP – grande importância para a segurança hídrica
- Morfologia e processos hidrodinâmicos complexos envolvendo controle de cheias, geração de energia e abastecimento de água
- Qualidade das águas sofre o efeito da urbanização
- Episódios de floração de algas influenciados pelos múltiplos eventos de estratificação e mistura
- Cenários meteorológicos envolvendo de temperatura ventos são dominantes nos processos, juntamente com o manejo para controle de cheias e geração de energia.



Barragem Hedberg – Iperó - SP

- Bacia sob influência da expansão urbana e manejo agrícola, inserida em área de preservação (Floresta Nacional de Ipanema)
- Reservatório mais antigo do Brasil (200 anos), pequenas dimensões, sob intenso processo de assoreamento e eutrofização
- Regime fluvial e temperatura são condicionantes do comportamento hidrodinâmico



Metodologia 2: métodos, etapas e ferramentas

Metodologia 2: métodos, etapas e ferramentas

Dados fisiográficos da bacia e do reservatório

Monitoramento de alta frequência de variáveis meteorológicas, hidrológicas, biológicas

Cenário 0: atual
Calibração e validação

Dados de uso e de ocupação do solo

Modelagem hidrológica da bacia hidrográfica: quantidade e qualidade

Cenário 1: conservação
Conservação de solo e água, ações de saneamento

Prognósticos

Dados hidrológicos e operacionais

Modelagem física e ecológica dos lagos: 1D e 3D

Cenário 2: clima
Mudanças climáticas

Instrumentos

Metodologia 2: métodos, etapas e ferramentas

Ferramentas de Modelagem

Modelos
Hidrológicos

SWMM
SWAT

Modelos de
Qualidade de Água

CE-QUAL-W2

Modelos físicos e
ecológicos de lagos

SELMO
HEA
GLM
Delft 3D Flow e WAQ

Metodologia 2: métodos, etapas e ferramentas

Ferramentas de Análise de Prognósticos e de Instrumentos de Gestão

Índice de
integridade biótica

P-IB-G
PSI
INDICE Q

Serviços
Ecosistêmicos

Métodos
qualitativos e
quantitativos por
modelagem

Pagamentos por
Serviços
Ecosistêmicos

Modelos de PSE

Metodologia 3: exemplos de aplicação em MG

Reservatório Vargem das Flores monitoramento de qualidade de água desde 1974

200 m da Torre de Tomada

Água Suja

Bela Vista

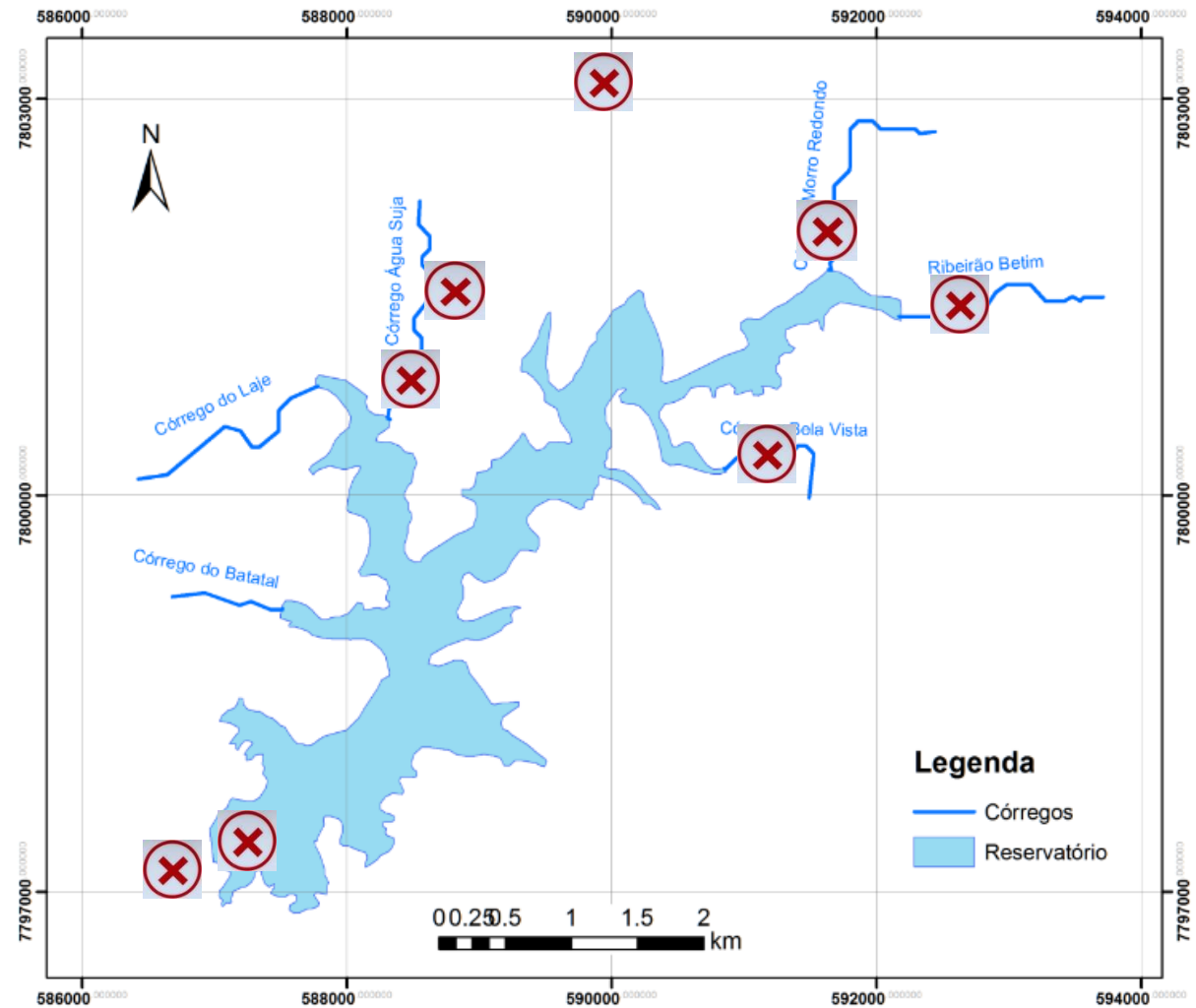
Braço Córrego Água Suja

Enc. Braços Principais

Fluxo de jusante

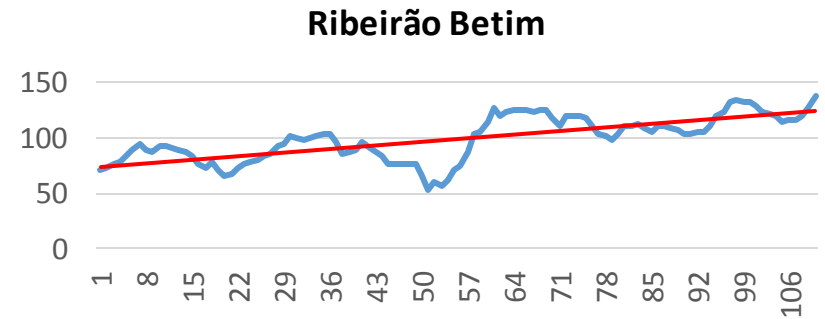
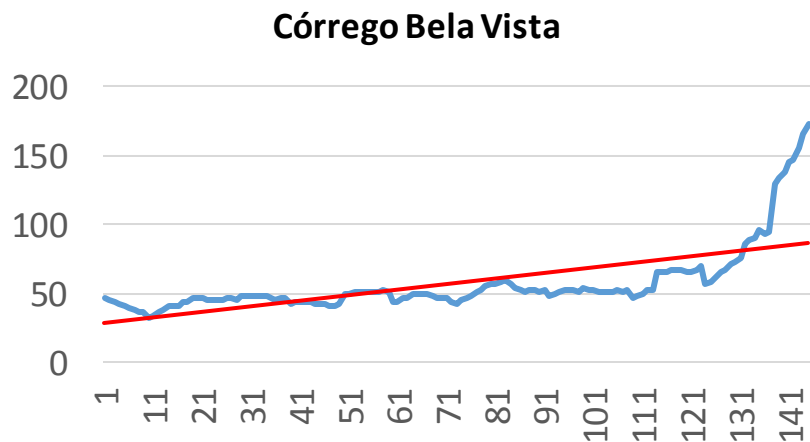
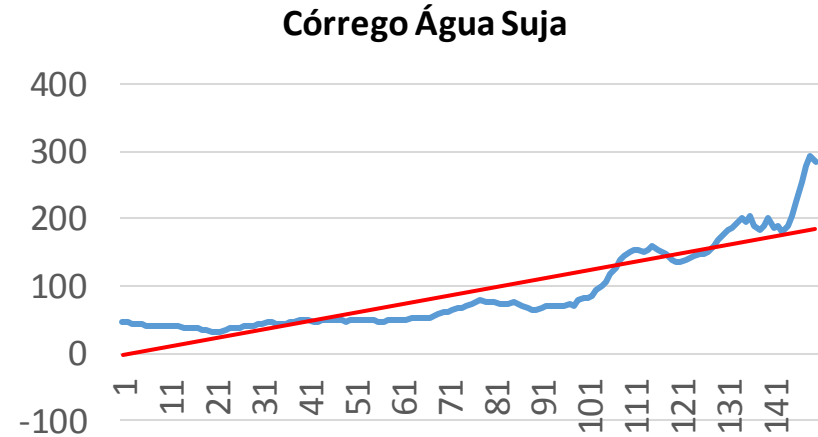
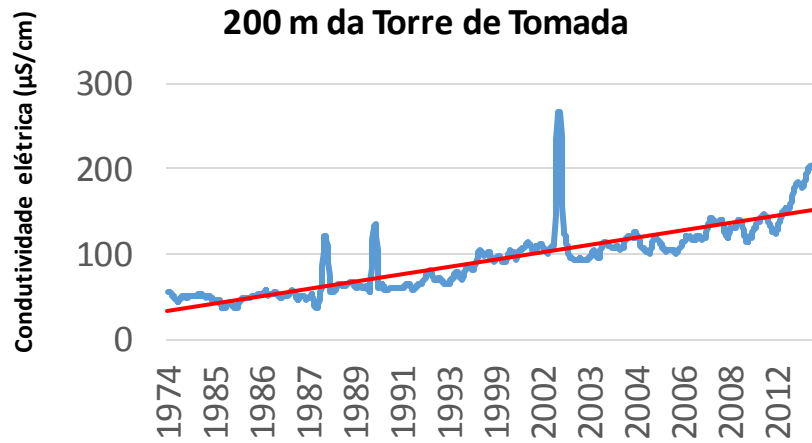
Morro Redondo

Ribeirão Betim



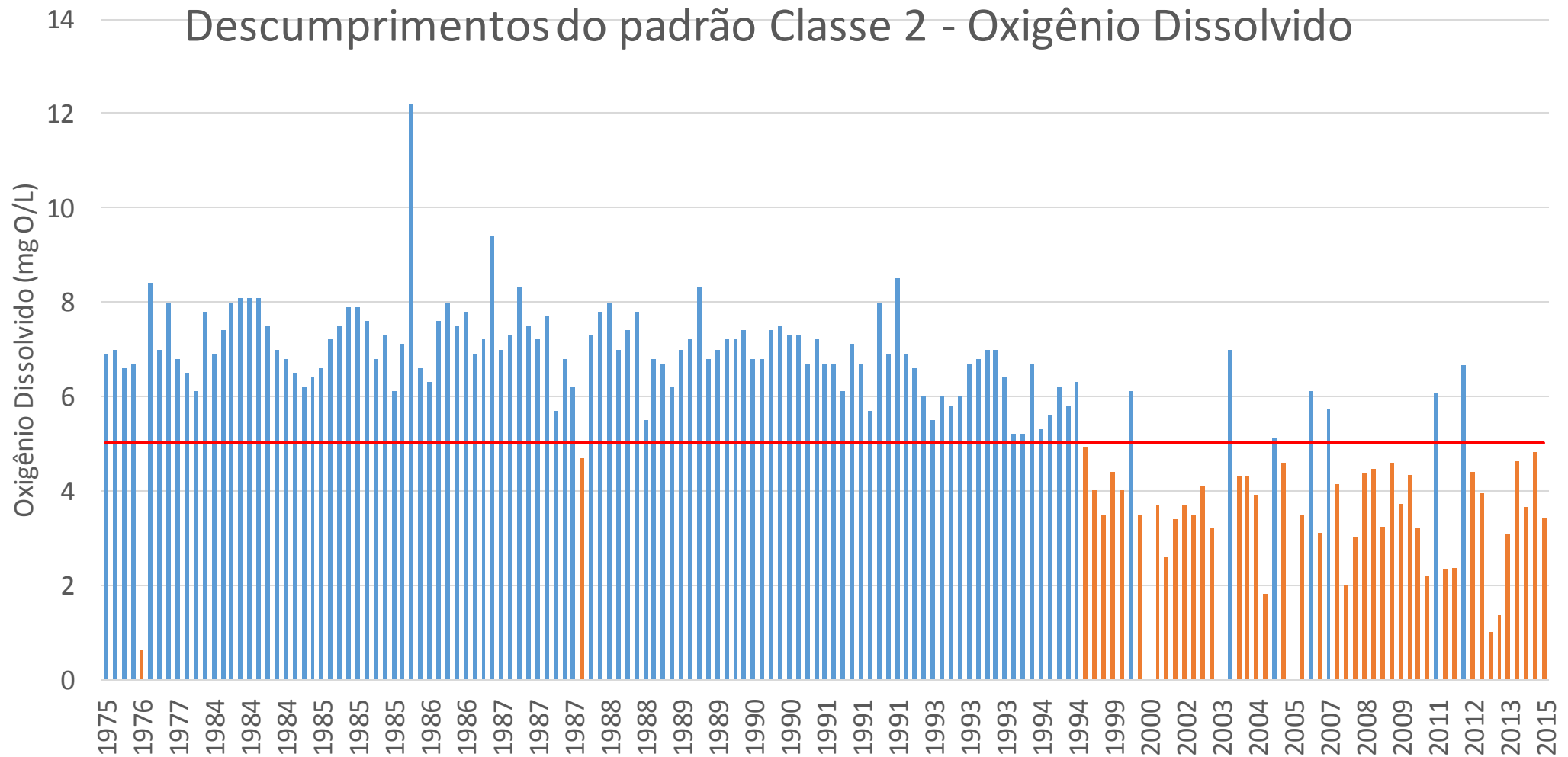
Retirado de César (2015)

Córrego Água Suja: exemplo de análise preliminar de dados



— Média Móvel (n=10) - Cond. Elétrica
— Linear (Média Móvel (n=10) - Cond. Elétrica)

Córrego Água Suja: exemplo de análise preliminar de dados



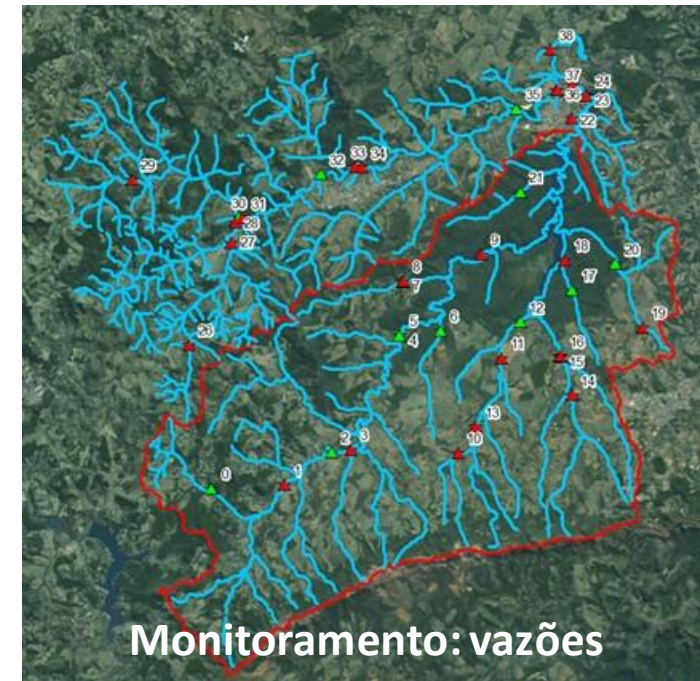
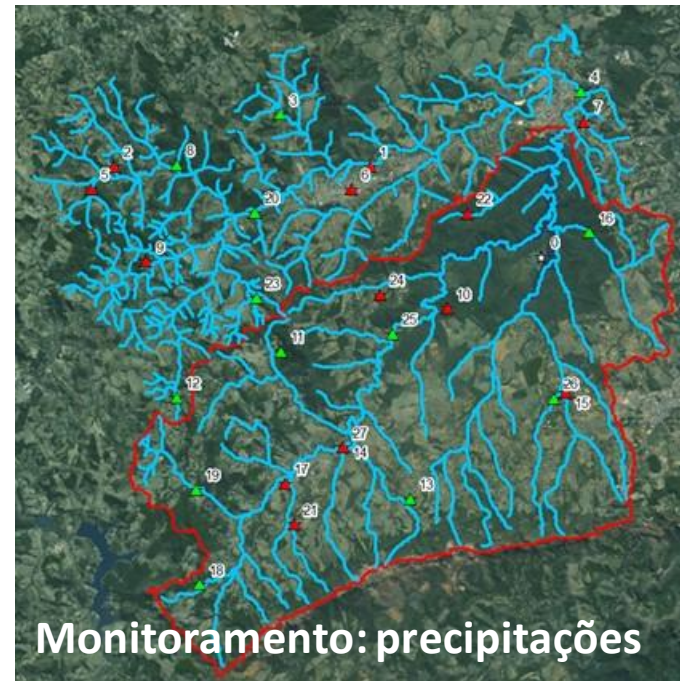
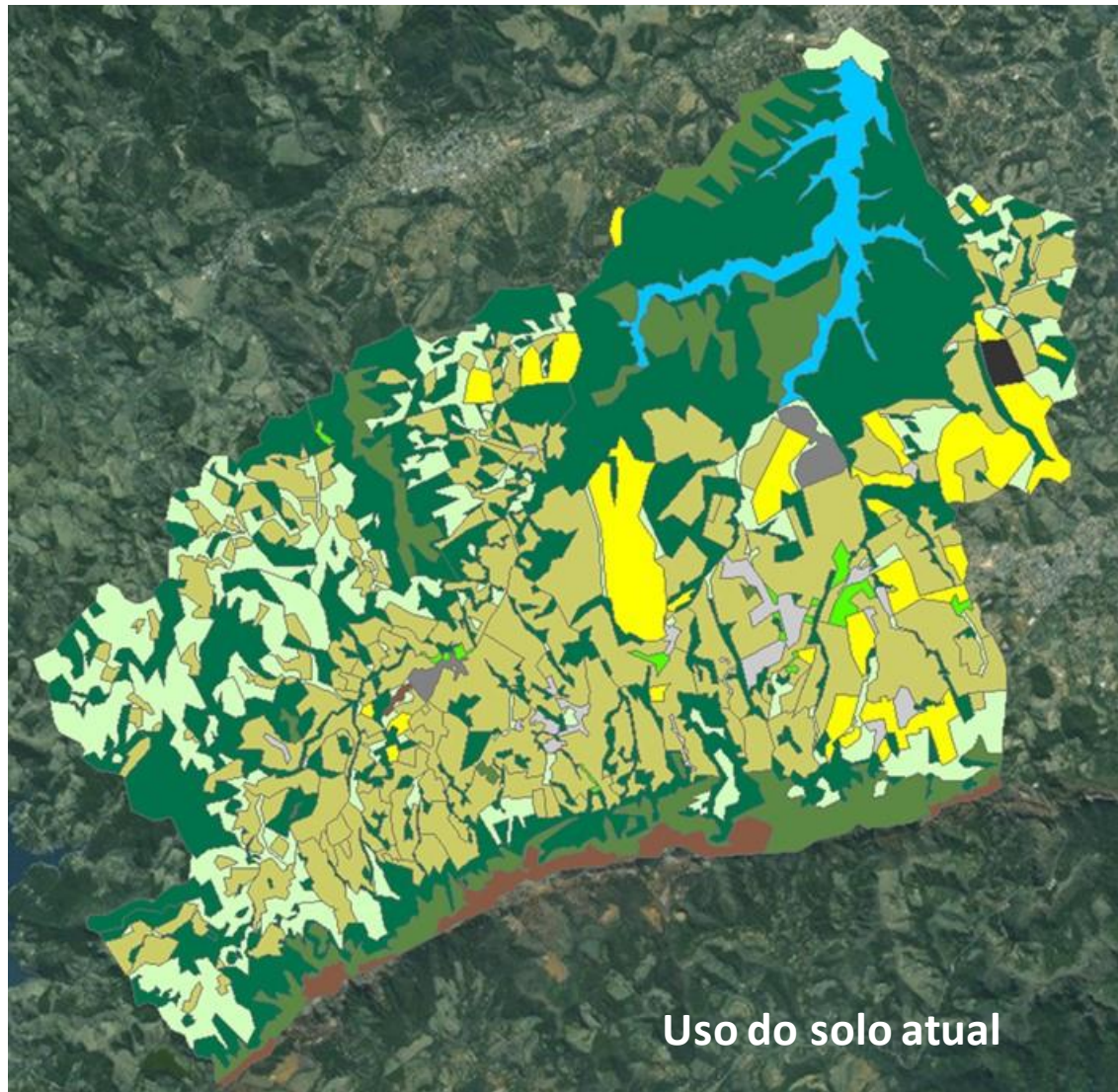


Clip of Area 1 Classes

- Asphalted roads
- Bare soil
- Constructions
- Field vegetation
- Non-paved roads
- Riparian vegetation
- Shadow
- Urban vegetation

Scale: 1:3300

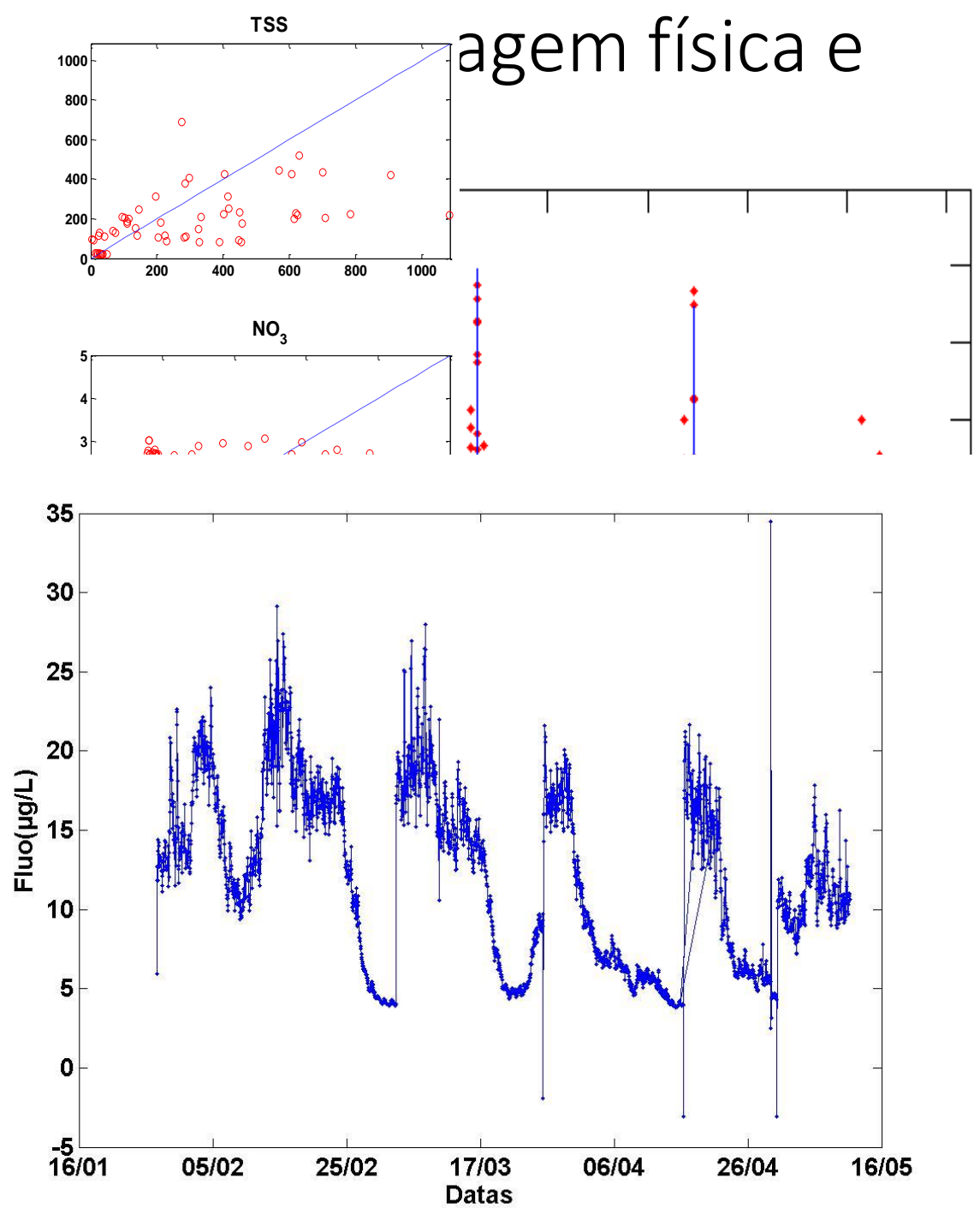
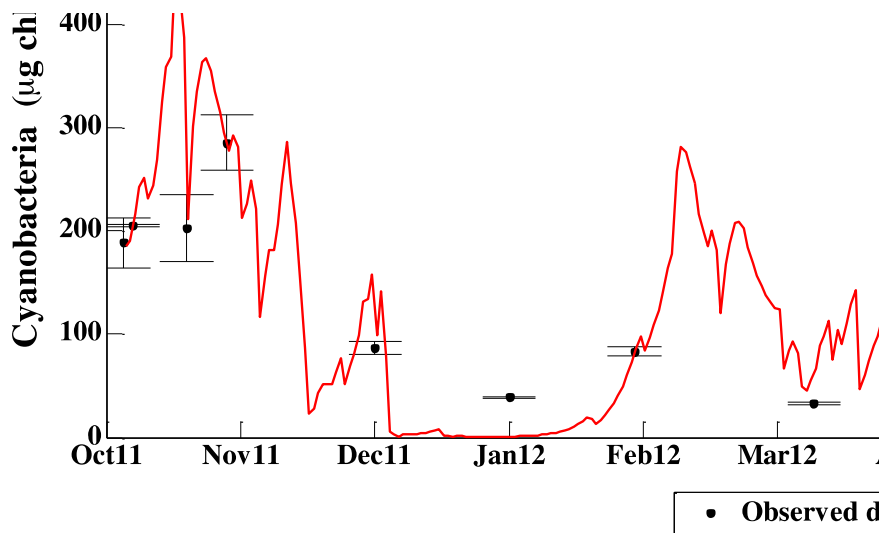
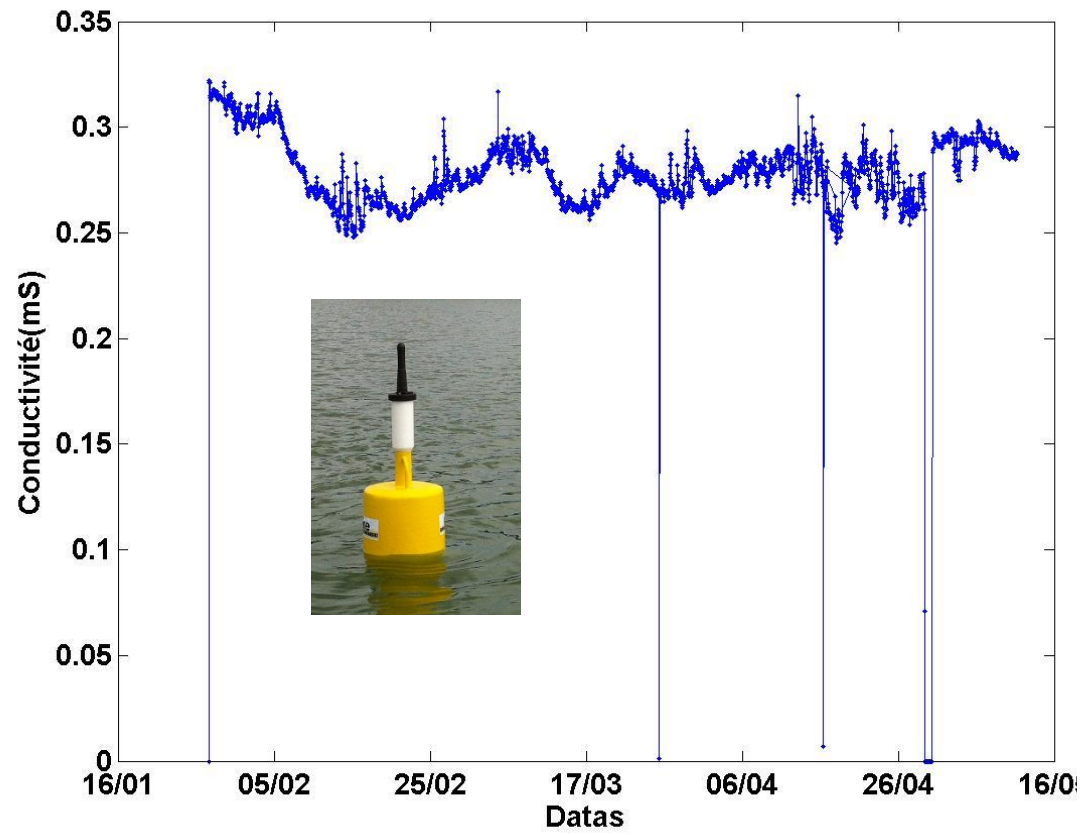
Bacia do Serra Azul, início de trabalhos com modelo SWAT



Três cenários de simulação:

1. Situação atual
2. Cenário com foco em ações de conservação
3. Cenário com mudança climática

Exer
ecol
(Silva

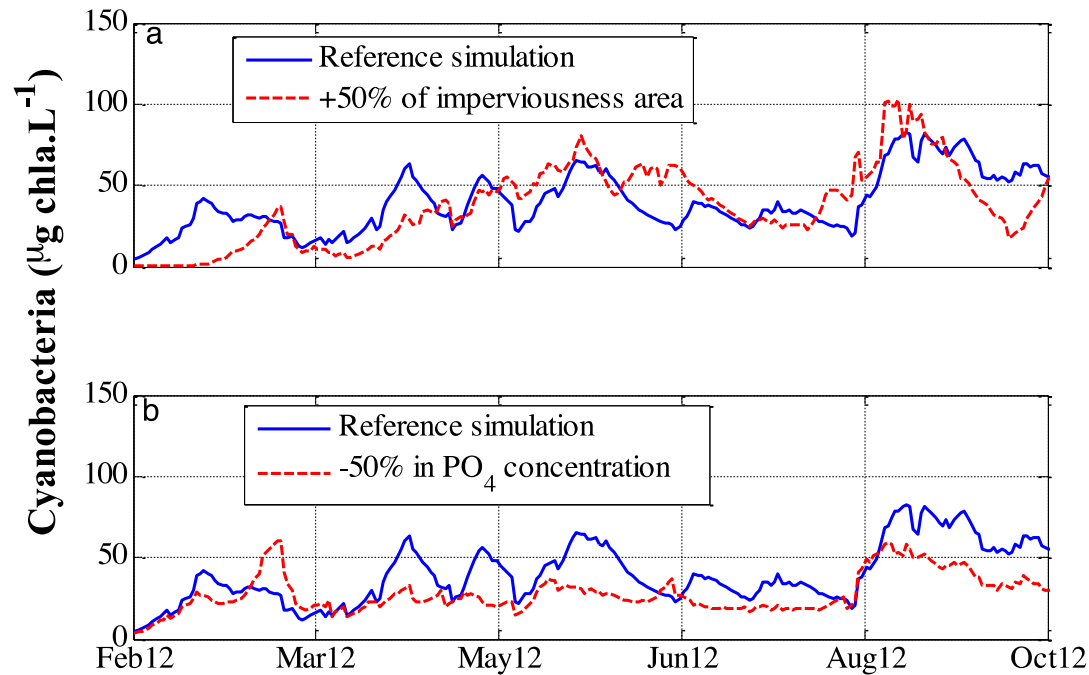


Exemplo 2: Lago Pampulha monitoramento e modelagem física e ecológica do lago e da bacia

(Silva et al, 2014)

Modificação de parâmetros e variáveis de entrada	Variação média absoluta da biomassa de cianobactérias
+ 30% de impermeabilização	42%
+ 50% de impermeabilização	46%
- 50% de concentração de NH_4	14%
- 50% de concentração de PO_4	26%

Fonte: Silva et al, 2014

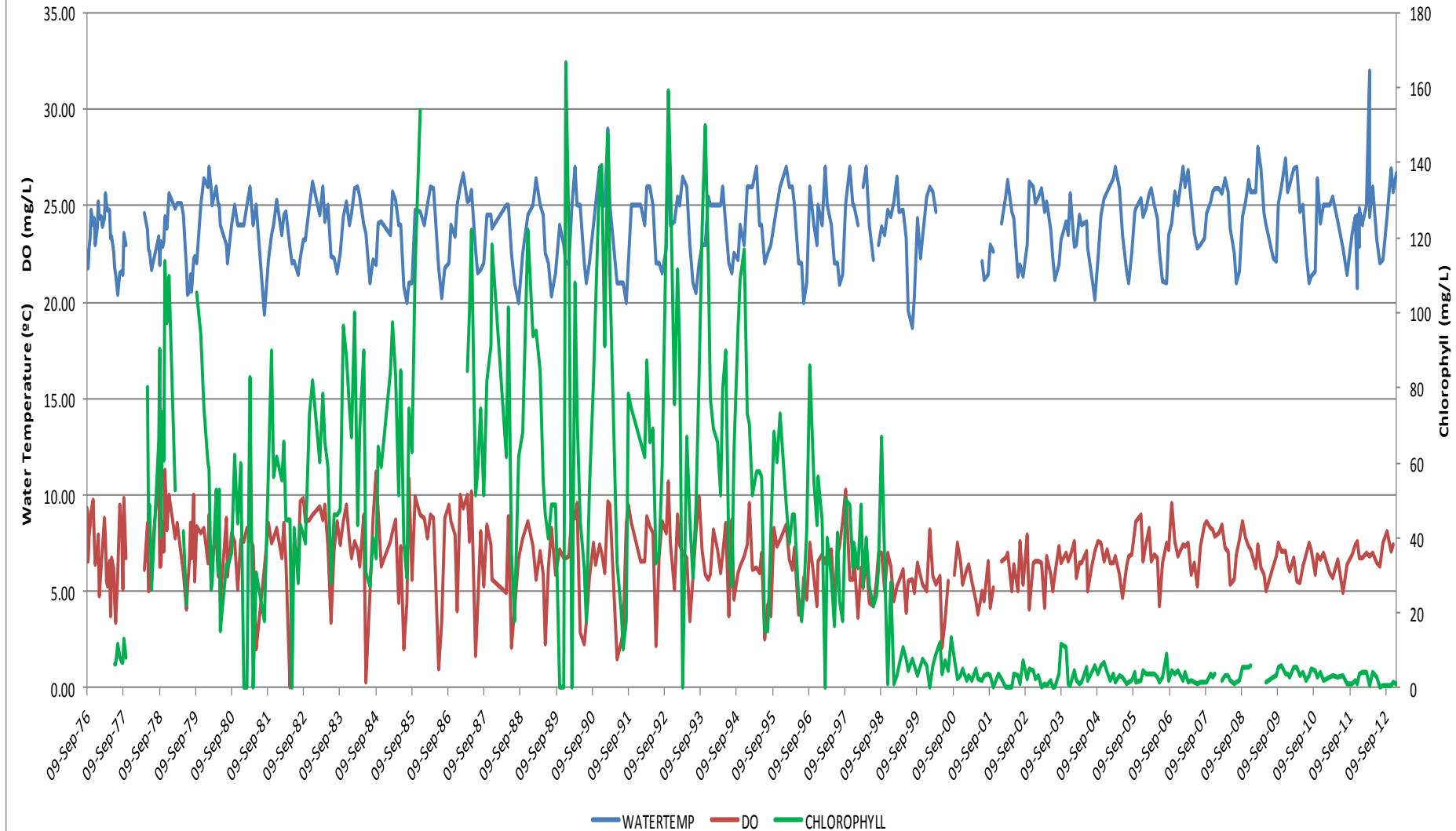


✓ No período chuvoso, o aumento de vazões e volumes de escoamento afeta a estabilidade do lago e causa redução da biomassa de cianobacteria

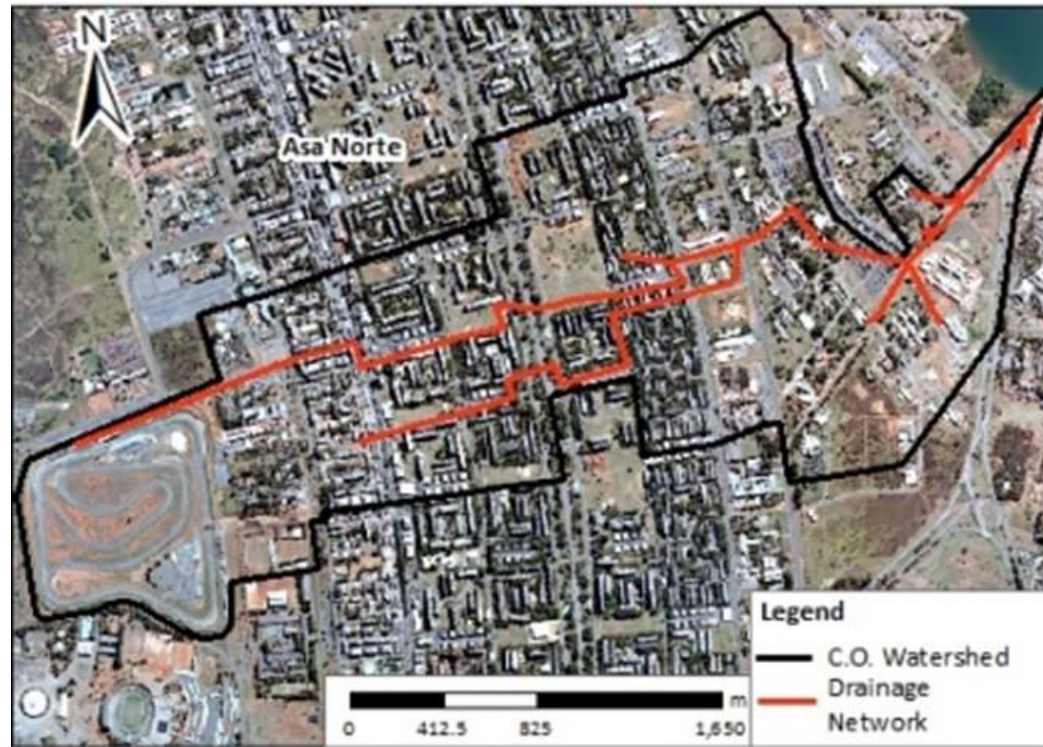
✓ A redução de PO_4 , nutriente limitante, leva à redução da biomassa de cianobacteria ao longo de toda a simulação

Metodologia 3: exemplos de aplicação em DF

Paranoá Lake - C Point (Near Dam) - 1 m depth - Chlorophyl, DO and Water Temperature
Monthly data from 1976 to 2012



Paranoá lake basin

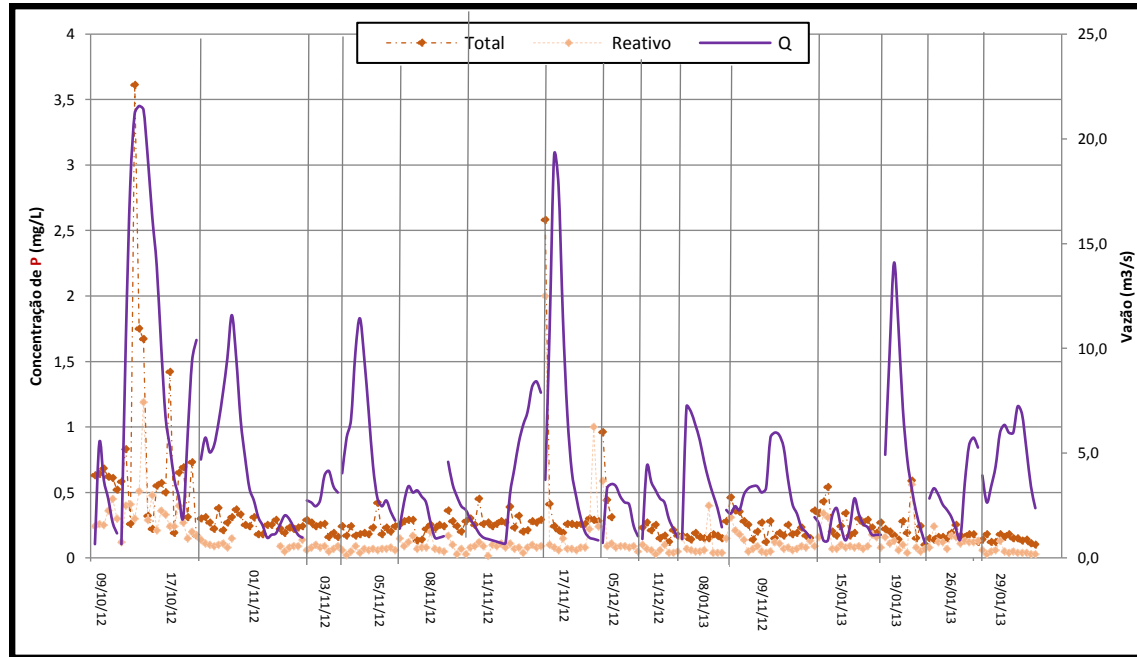


Olympic Center/UnB Catchment

Swmm

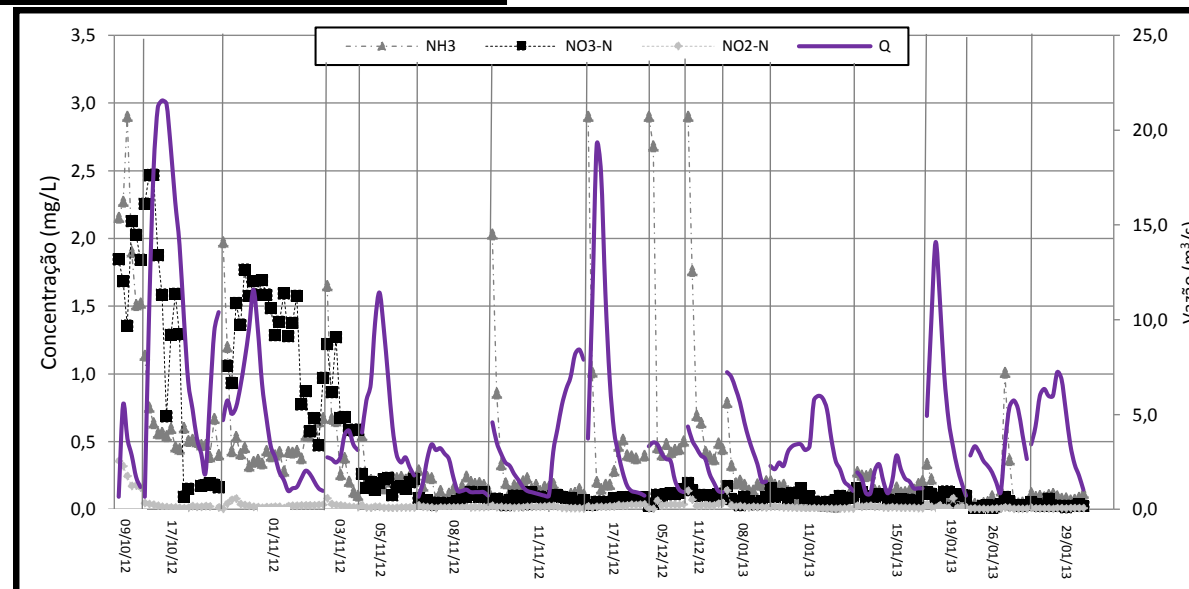
Phosphorus

OLYMPIC CENTER/UNB CATCHMENT



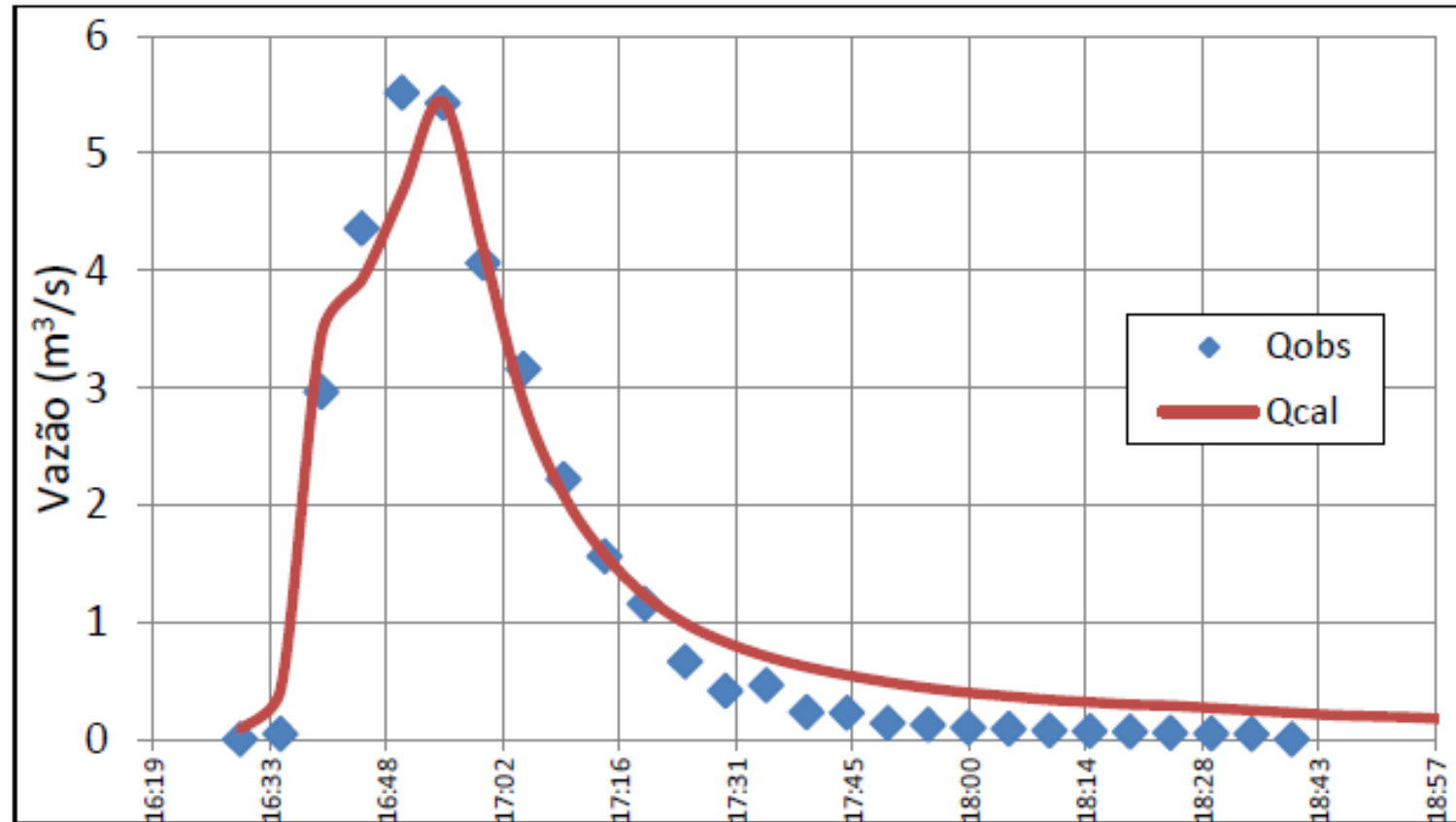
MONITORING DATA

Nitrogen



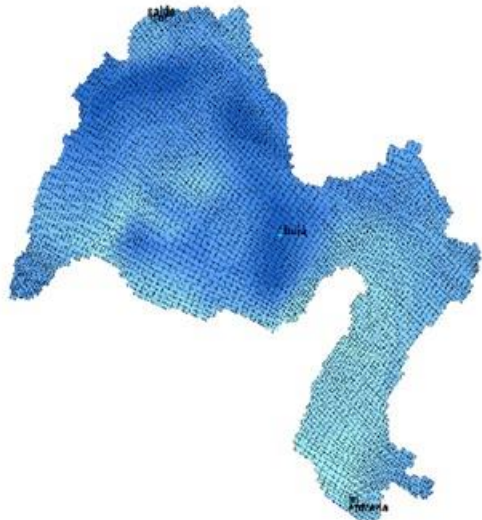
OLYMPIC CENTER/UNB CATCHMENT

FLOW



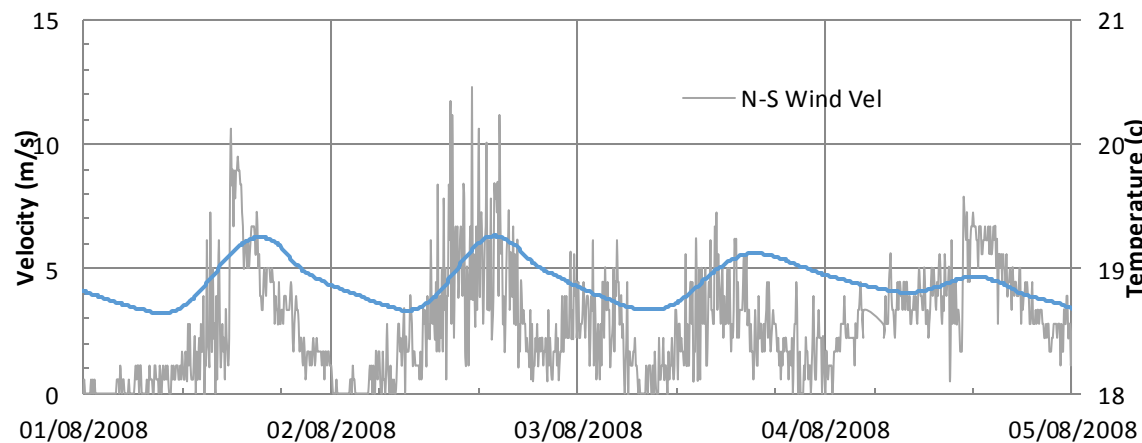
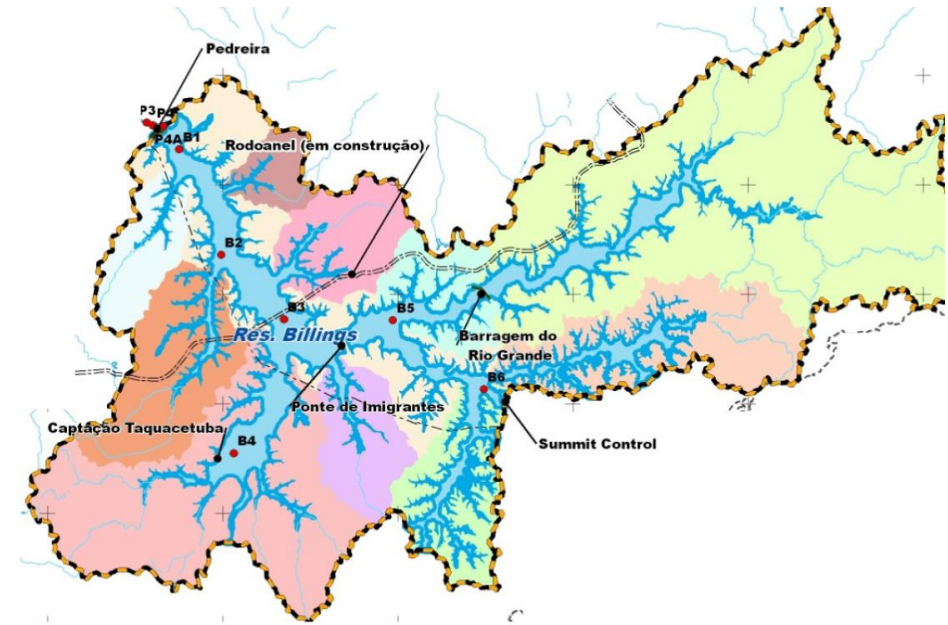
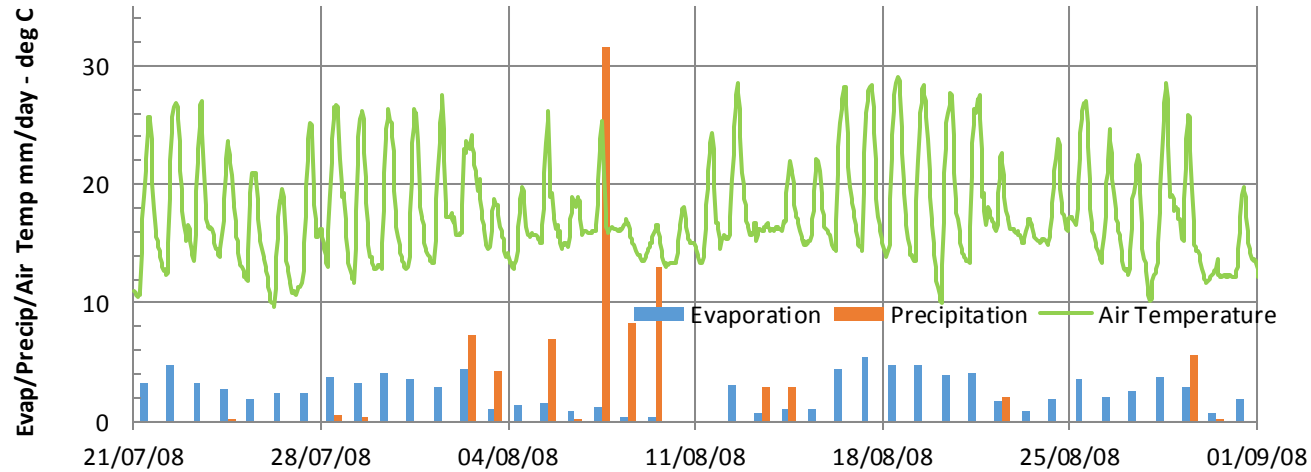
Metodologia 3: exemplos de aplicação em SP

Metodologia e Monitoramento e Simulação

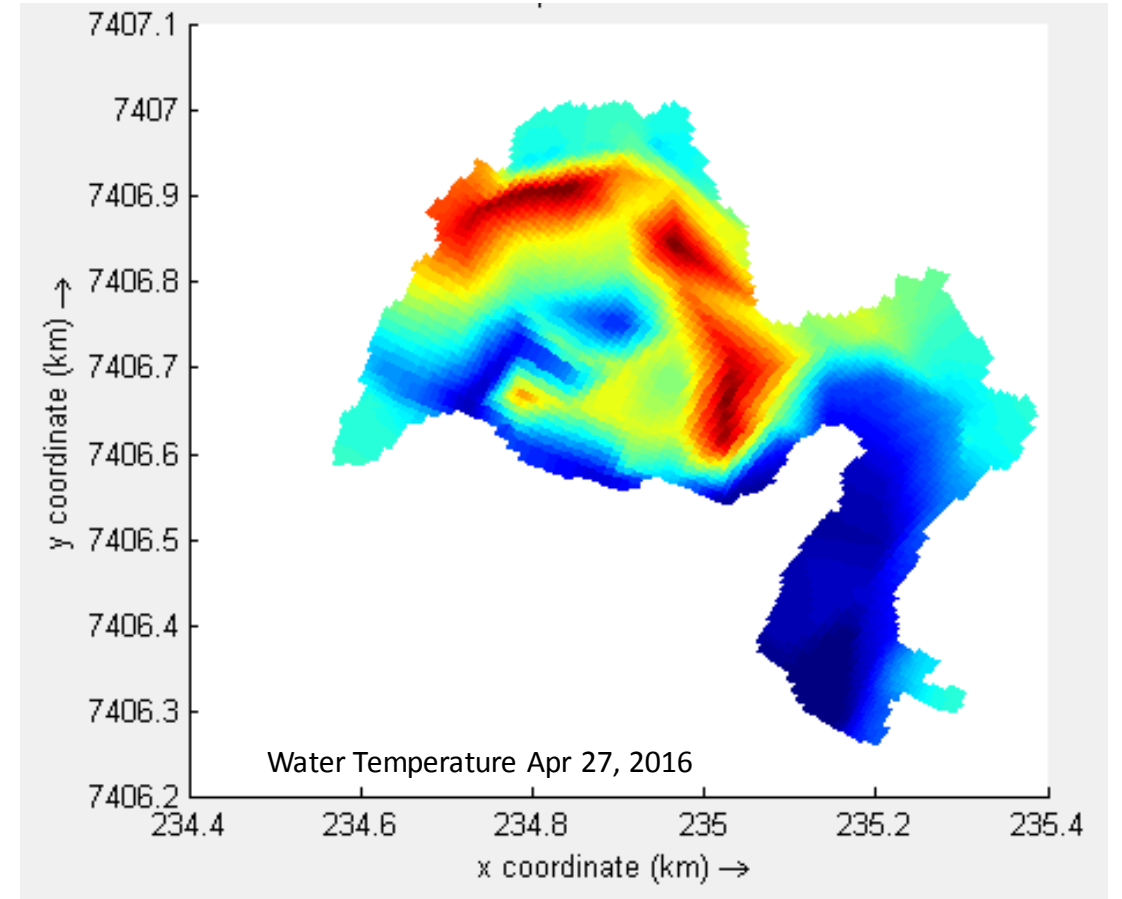
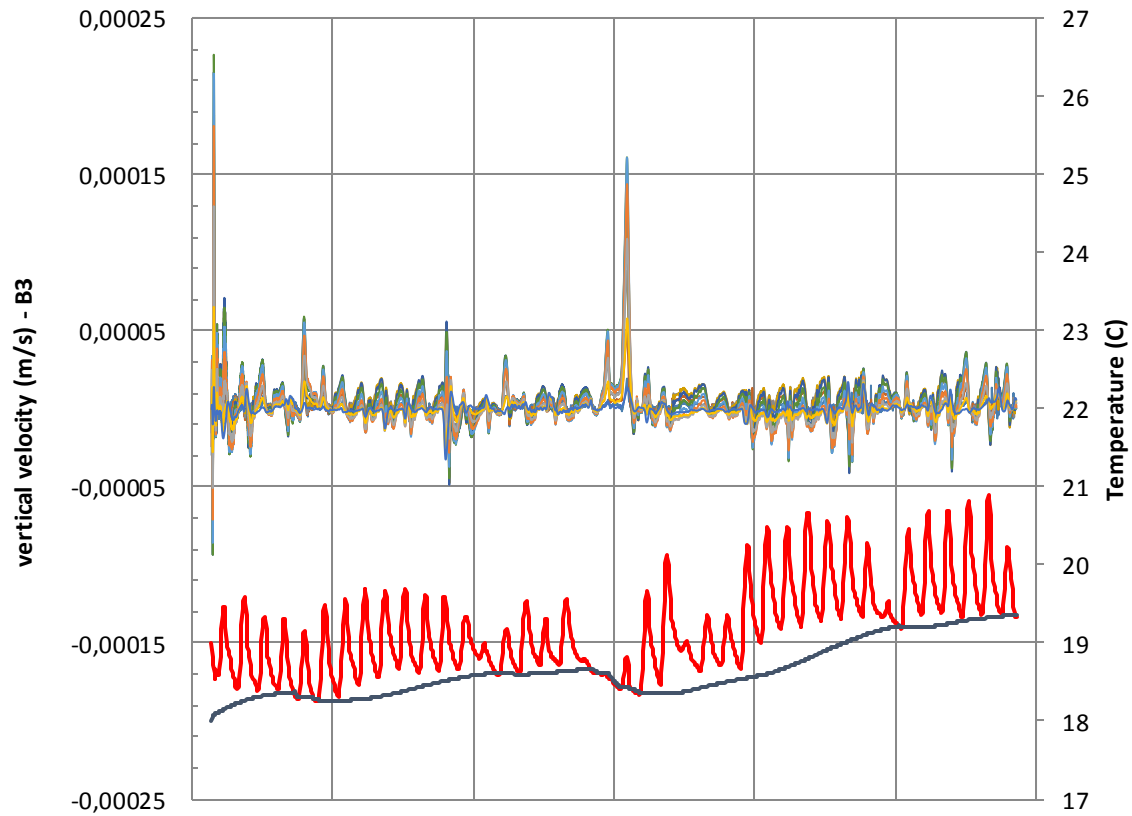


- Medição em alta frequência das variáveis ambientais (temperatura e fitoplâncton)
- Modelagem 3D utilizando os Modelos Delft 3D Flow & WAQ
- Análise comparativa mediante simulação de cenários climáticos e de ocupação/uso da bacia

Simulação de Cenários Hidrológicos, climáticos e de uso/ocupação



Avaliação da resiliência e resposta ao manejo



Resultados esperados:

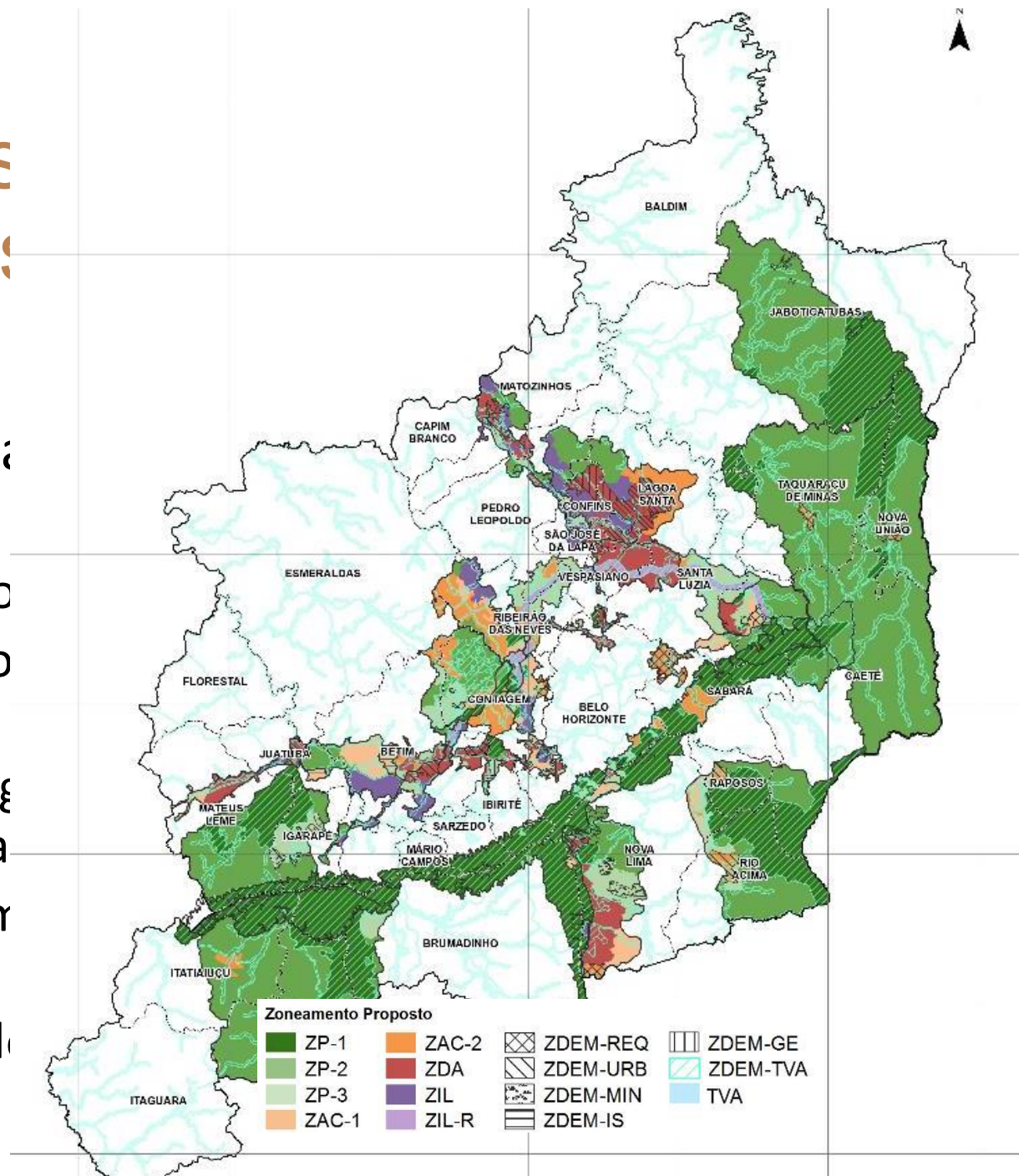
- Disseminação de técnicas de avaliação da resposta hidrodinâmica de reservatórios com base em monitoramento e modelagem de alta resolução
- Pospecção de métodos para avaliação da resiliência de reservatórios aos cenários de ocupação da bacia e mudanças climáticas
- Proposição e avaliação de técnicas para manejo de reservatórios de pequeno e grande porte
- Estrutura de modelos matemáticos das bacias que permita analisar os impactos das diversas formas de ocupação das bacias e de diferentes cenários climáticos nas vazões e na qualidade da água dos rios e, conseqüentemente, dos aportes aos reservatórios
- Estrutura de modelos matemáticos de lagos que permita analisar as características hidrodinâmicas dos reservatórios e os impactos dos aportes de vazão e carga e de cenários climáticos sobre a qualidade da água e o perfil de temperatura dos lagos.

Impactos da pesquisa para o avanço da ciência e sociedade:

- Compreensão sobre o comportamento de lagos tropicais: hidrodinâmica e ecologia
- Compreensão sobre impactos sobre os lagos em decorrência de:
 - Mudanças no uso do solo e da água
 - Operação para fins múltiplos, notadamente, abastecimento de água
 - Variabilidade e mudanças climáticas
- Avanços em modelagem integrada bacia – lago
- Avanços em simulação de técnicas de conservação de solo e água

Impactos da pesquisa e gestão de recursos

- Discussão de modelos institucionais em esfera metropolitana:
 - Diversidades de usos do solo e de ocupação
 - Escalas territoriais, coerência de políticas hidrográficas
 - Conflitos entre interesses locais/região mas envolvendo possivelmente macro-região
 - Dinâmica econômica resultando em impactos para o planejamento e a gestão
 - Modelos para a regulação de uso do solo (Macrozoneamento da RMBH)



Impactos da pesquisa para planejamento e gestão de recursos hídricos:

- Experiências de enfoques fundados em serviços ecossistêmicos:
 - Pagamento por serviços ambientais como a experiência de Extrema e de programas bolsa verde
 - O Programa Cultivando Água Boa de iniciativa da Itaipu Binacional: cobrindo custos de transação; os aspectos de mobilização e participação
 - O pagamento por serviços ambientais no âmbito da ANA

Obrigado

Nilo Nascimento

niloon@ehr.ufmg.br

Sérgio Koide

skoide@unb.br

J. Rodolfo Scarati

scarati@usp.br