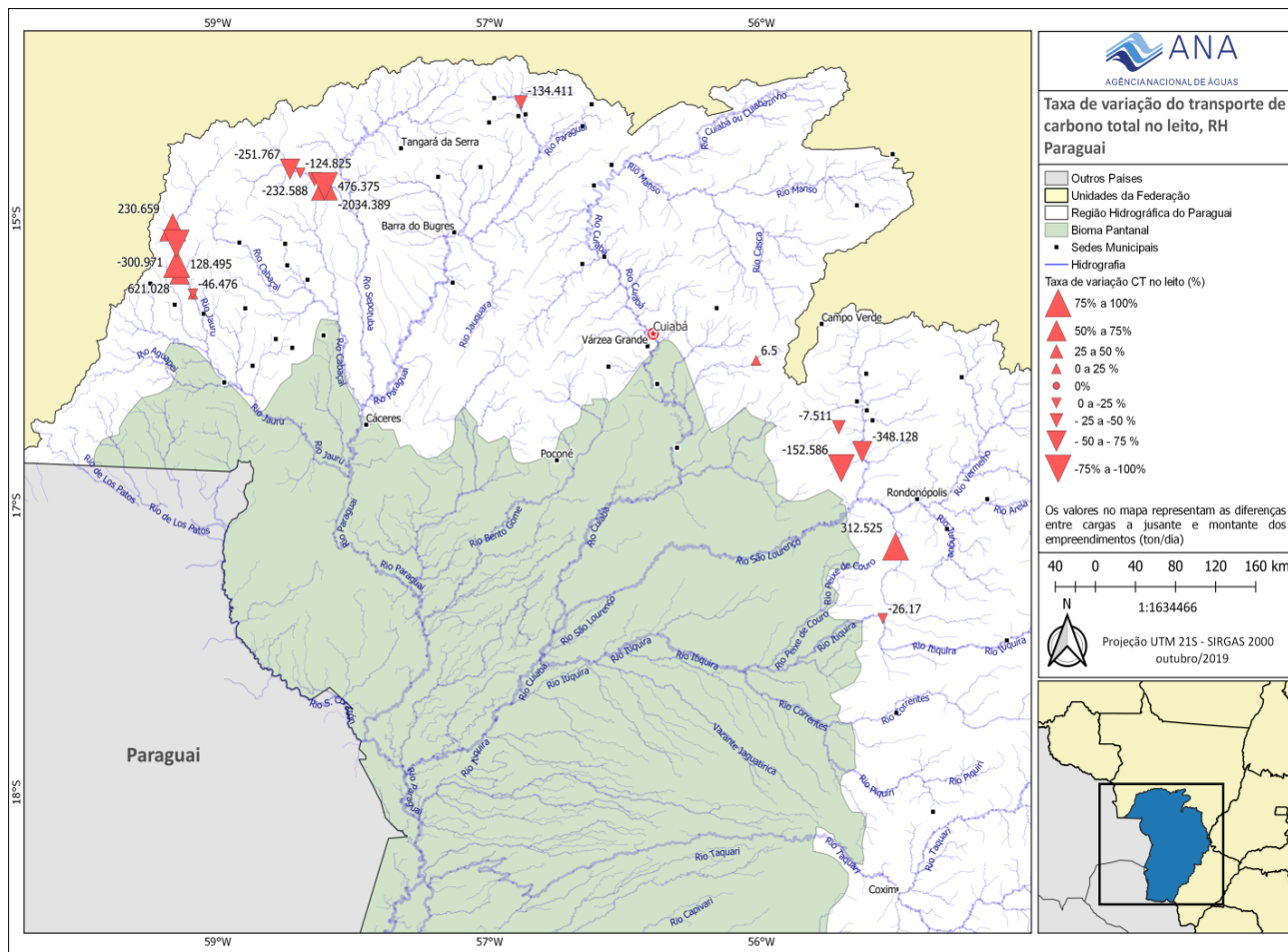


Resultados

Efeito dos empreendimentos em Operação

Carbano Total no Leito



Destakes:

- PCH São Lourenço -99%
- PCHs Indiavaí+Salto -99%
- PCH Ombreiras -97%

Classificação da alteração:

- ⇒ Baixo: 6% dos empreendimentos;
- ⇒ Médio: 6% dos empreendimentos;
- ⇒ Alto: 88% dos empreendimentos;

Figura: Mediana das taxas de alteração de Carbono Total no leito (%)

Resultados

Efeito dos empreendimentos em Operação

Nitrogênio Total em Suspensão

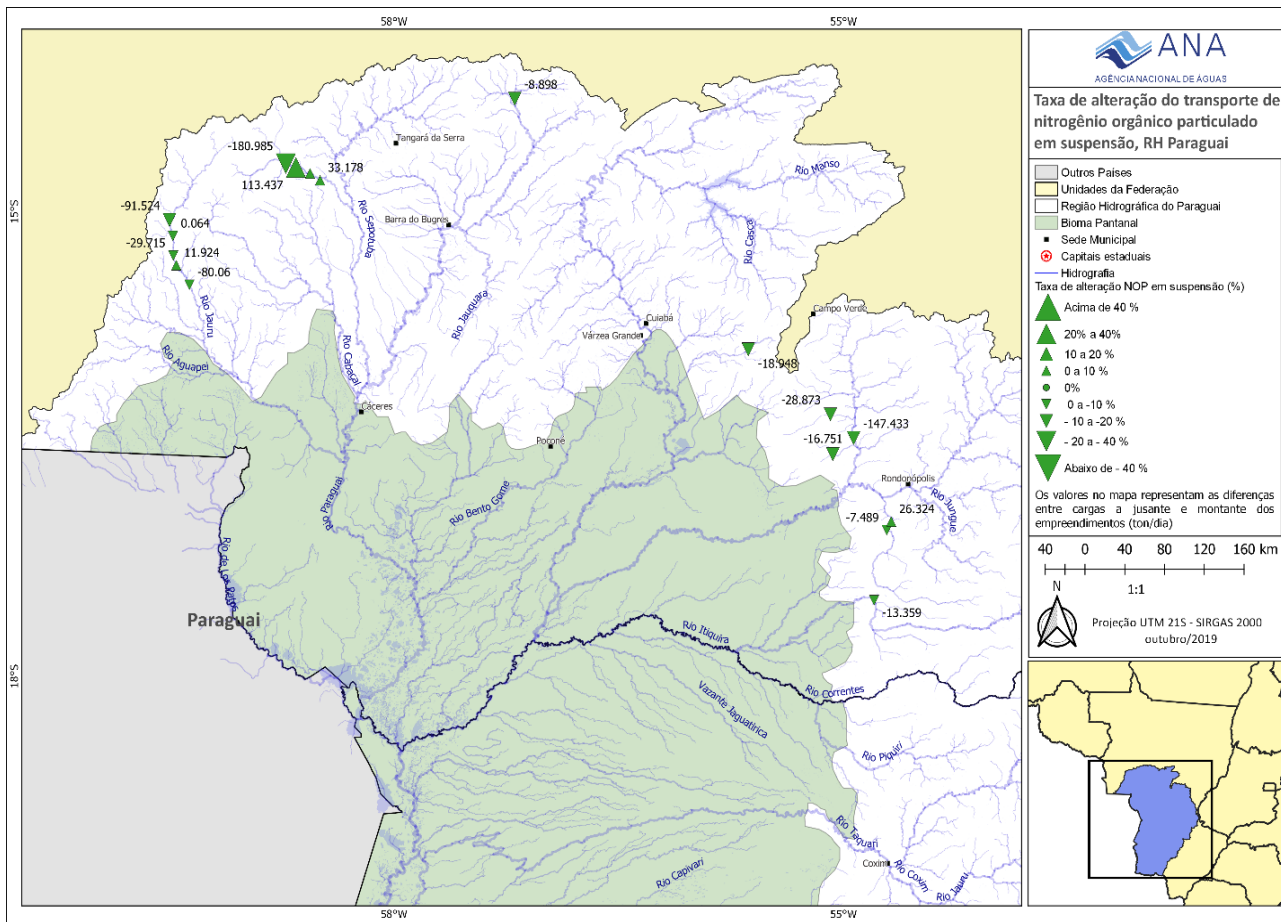


Figura: Mediana das taxas de alteração do Nitrogênio Total em Suspensão (%)

Destaques:

→ PCH Ombreiras -26%

→ PCH Antônio Brennand +44%

Classificação da alteração:

⇒ Baixo: 82% dos empreendimentos;

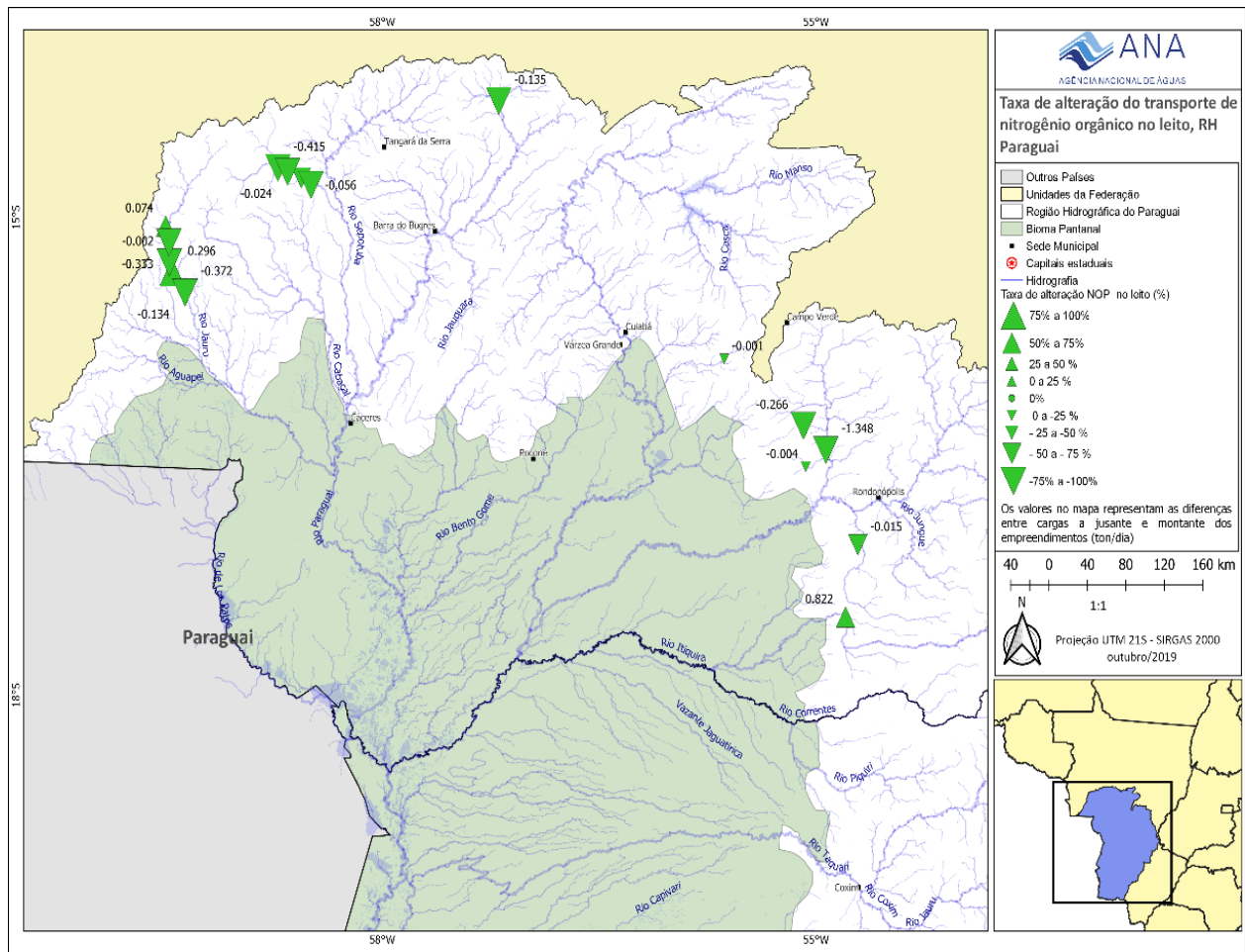
⇒ Médio: 6% dos empreendimentos;

⇒ Alto: 12% dos empreendimentos;

Resultados

Efeito dos empreendimentos em Operação

Nitrogênio Total no Leito



Destakes:

- PCH São Lourenço -99%
- PCH Figueirópolis -99%
- UHE Juba I -97%

Classificação da alteração:

- ⇒ Baixo: 6% dos empreendimentos;
- ⇒ Médio: 6% dos empreendimentos;
- ⇒ Alto: 88% dos empreendimentos;

Figura: Mediana das taxas de alteração no Nitrogênio Total no Leito (%)

Resultados

Efeito dos empreendimentos em Operação

Fósforo Total em Suspensão

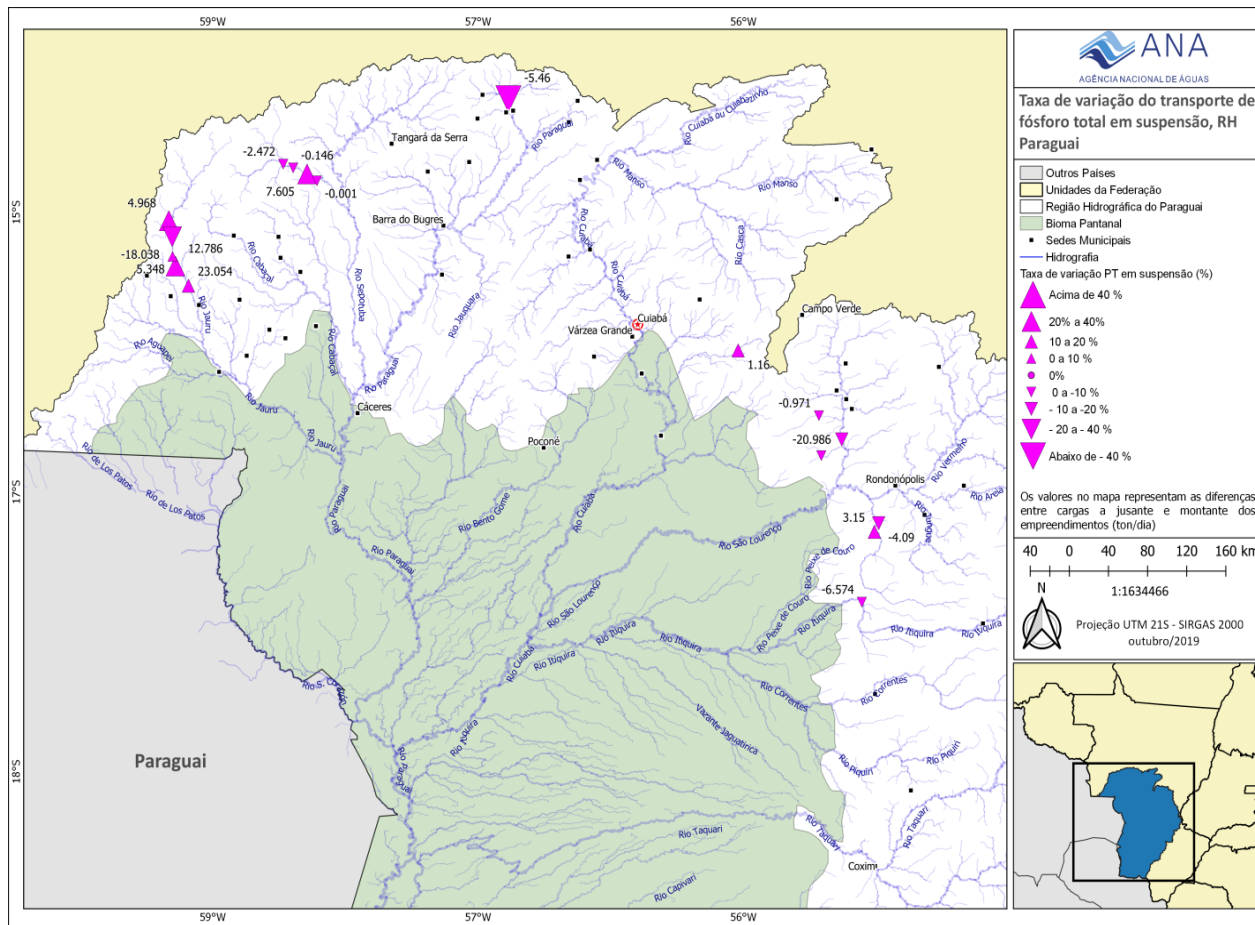


Figura: Mediana das taxas de alteração do Fósforo Total em Suspensão (%)

Destaques:

- PCHs Diamante+Santana -54%
- PCH Graça Brennand +40%
- PCH Ombreiras -27%

Classificação da alteração:

- ⇒ Baixo: 58% dos empreendimentos;
- ⇒ Médio: 18% dos empreendimentos;
- ⇒ Alto: 23% dos empreendimentos;

Resultados

Efeito dos empreendimentos em Operação

Fósforo Total no Leito

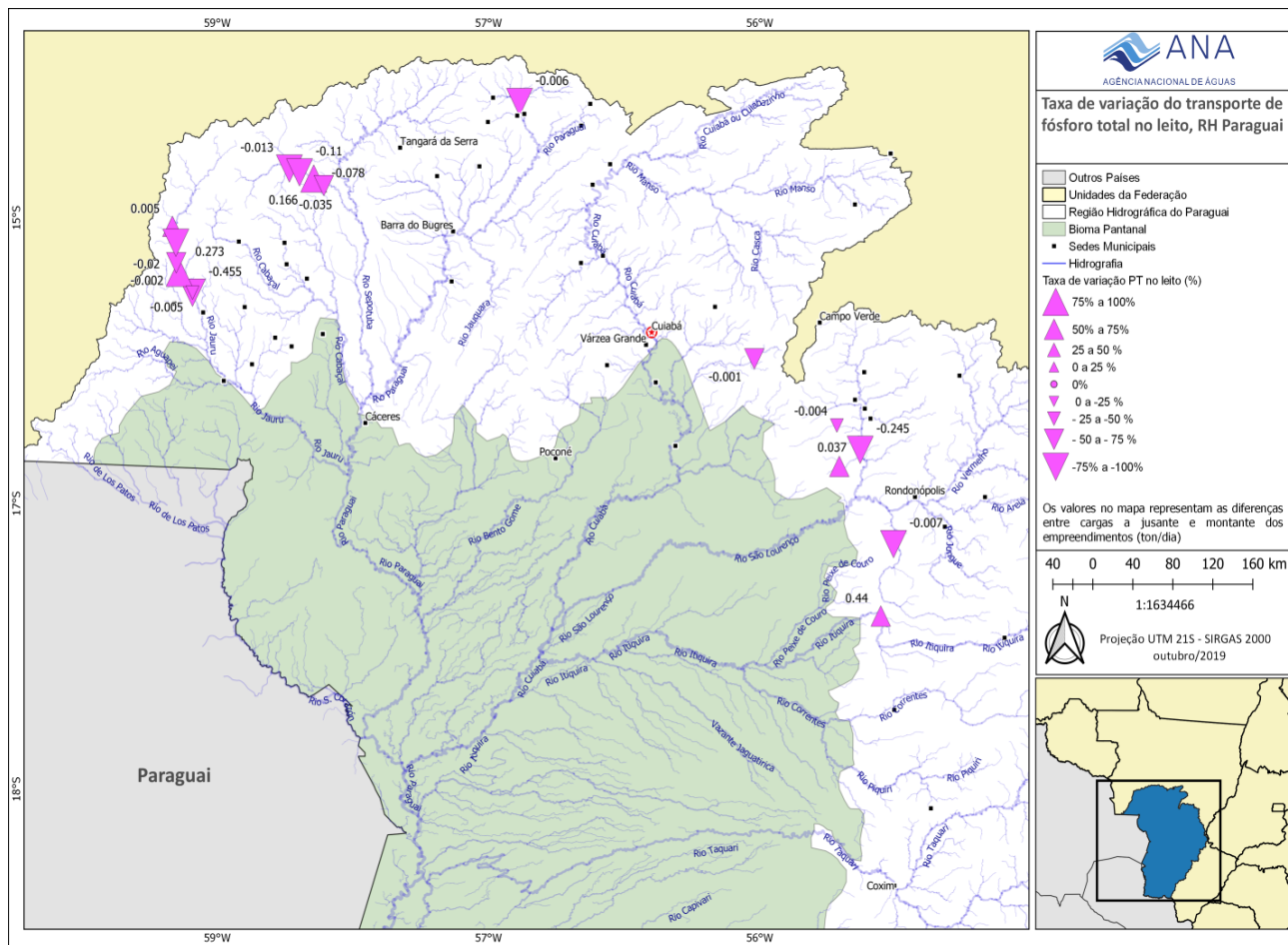


Figura: Mediana das taxas de alteração no Fósforo Total no Leito (%)

Destaques:

- PCH Figueirópolis -99%
- PCHs Indiavaí+Salto +99%
- PCH São Lourenço -98%

Classificação da alteração:

- ⇒ Baixo: 0% dos empreendimentos;
- ⇒ Médio: 6% dos empreendimentos;
- ⇒ Alto: 94% dos empreendimentos;

Resultados

Efeito acumulativo dos empreendimentos em Operação

Tabela: Efeito acumulativo dos empreendimentos em operação sobre o transporte anual de sedimentos e nutrientes em suspensão.

Exutório dos Rios	Taxa de Alteração Anual de Sedimentos em Suspensão (%)	Taxa de Alteração Anual de Nitrogênio Total em Suspensão (%)	Taxa de Alteração Anual de Fósforo Total em Suspensão (%)
Jauru (MT)	-22	6	<1
Sepotuba	-10	-10	4
Santana	-16	2	-26
Cuiabá	-29	NA	NA
São Lourenço	-52	-16	6
Ribeirão Ponte de Pedra	-11	-11	-2
Correntes	-22	4	-13

NA: não avaliado

Obs: Transporte de leito não foi considerado.

Modelos de Simulação de Sedimentos em Suspensão com RNA

Resultados

Modelos de Simulação de Sedimentos em Suspensão com RNA

- Dados de Entrada – 26 entradas
 - Área de Drenagem (km²)
 - Área Alagada (km²)
 - Volume Total (m³)
 - Produção anual de sedimentos na área de drenagem (ton/ha/ano)
 - 11 classes de uso da terra
 - 10 classes de tipo de solo
 - CSS de montante (mg/L)
- Dados de Saída – 1 saída
 - Alteração absoluta da CSS (mg/L)

	Separação de Amostras		
	Treinamento	Validação	Verificação
Nº Amostras	305	151	115

Resultados

Modelos de Simulação de Sedimentos em Suspensão com RNA

Desempenho:

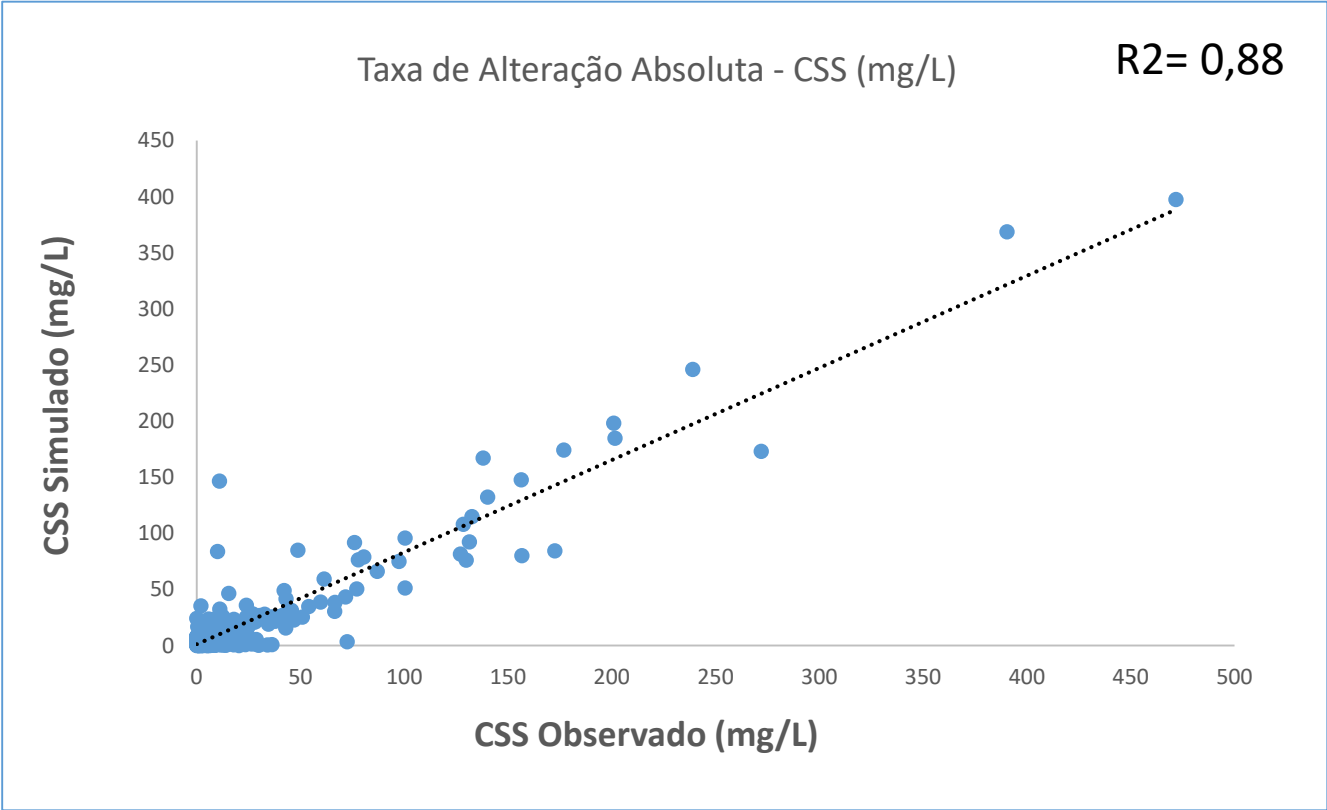


Tabela: Desempenho do modelo de simulação com RNA para Sedimentos em Suspensão.

	Erro médio	Erro (50)	Erro (95)	NS
Treinamento	7,35	4,28	29,05	0,889
Verificação	8,16	4,45	28,73	0,826

Figura: Relação entre valores Observados e Simulados com RNA.

Resultados

Modelos de Simulação de Sedimentos em Suspensão com RNA Previsão da taxa de alteração (%), efeito isolado

Classificação da alteração:

⇒ Baixo: 5% dos empreendimentos;

⇒ Médio: 4% dos empreendimentos;

⇒ Alto: 91% dos empreendimentos;

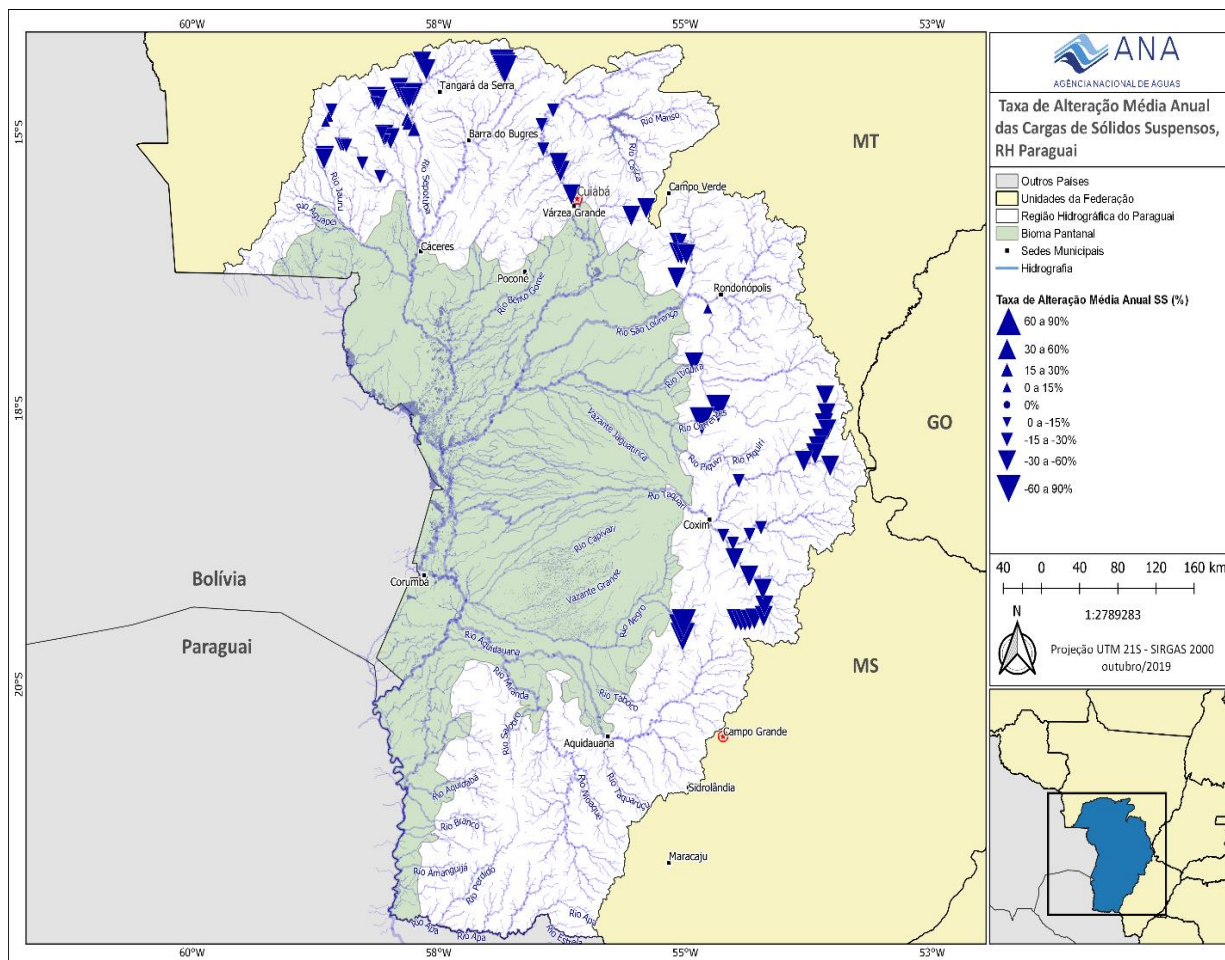


Figura: Simulação da taxa de alteração (%) em empreendimentos previstos.

Resultados

Modelos de Simulação de Sedimentos em Suspensão com RNA Previsão da taxa de alteração (%), efeito isolado

Tabela: Comparação entre simulações do setor energético (EIA) com o Projeto.

Rio	Empreendimentos	EIA/Rima	Simulados RNA
Formoso	Formoso I	81	47
Formoso	Formoso II	66	53
Formoso	Formoso III	79	53
Juba	Tabirapuanã	70	24
Juba	Usina Velha	20	25
Juba	Corredeira	57	25
Ariranha	Dália	85	50
Ariranha	Lírio	84	49
Ariranha	Violeta	66	48
Ariranha	Orquídia	80	47
Ariranha	Primavera	66	44
Cuiabá	Perurá	80	26
Cuiabá	Angatu II	80	26
Cuiabá	Angatu I	80	28
Cuiabá	Iratambé I	80	33
Cuiabá	Iratambé II	80	32
Cuiabá	Guapira II	80	35

EIA= Descarga total de sedimentos (suspensão + leito), estimado pela Curva de Churchill (1948)

Projeto= Descarga em suspensão, estimado com RNA ajustados com dados da bacia.

Resultados

Modelos de Simulação de Sedimentos em Suspensão com RNA Previsão da taxa de alteração (%), efeito acumulativo por sub-bacia

Tabela: Simulação do efeito acumulativo na hipótese de construção de todos os empreendimentos por sub-bacia.

Exutório (entrada para o Pantanal)	Situação atual (ton/ano)	Cenário Simulado (ton/ano)	Alteração Percentual (%)
Rio Cabaçal	68.063	55.020	-19
Rio Sepotuba	78.942	51.424	-35
Rio Cuiabá	477.584	59.354	-88
Rio Taquari	469.898	230.294	-51

Resultados

Modelos de Simulação de Nitrogênio Total em Suspensão com RNA

- Dados de Entrada – 16 entradas
 - Área de Drenagem (km²)
 - Área Alagada (km²)
 - Volume Total (m³)
 - Produção anual de Nitrogênio na área de drenagem (ton/ha/ano)
 - 11 classes de uso da terra
 - Nitrogênio total de montante (mg/L)
- Dados de Saída – 1 saída
 - Nitrogênio Total de Jusante (mg/L)

	Separação de Amostras		
	Treinamento	Validação	Verificação
Nº Amostras	286	125	166

Resultados

Modelos de Simulação de Nitrogênio Total em Suspensão com RNA

Desempenho:

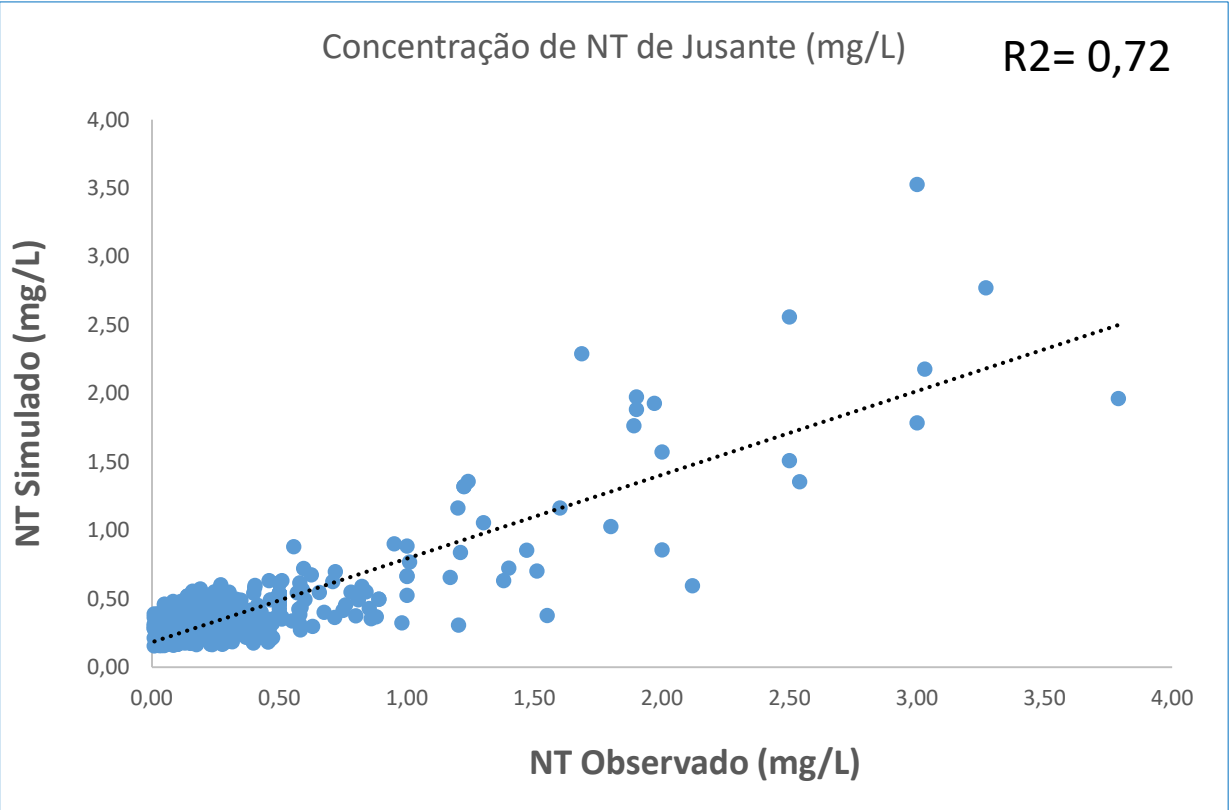


Tabela: Desempenho do modelo de simulação com RNA para Sedimentos em Suspensão.

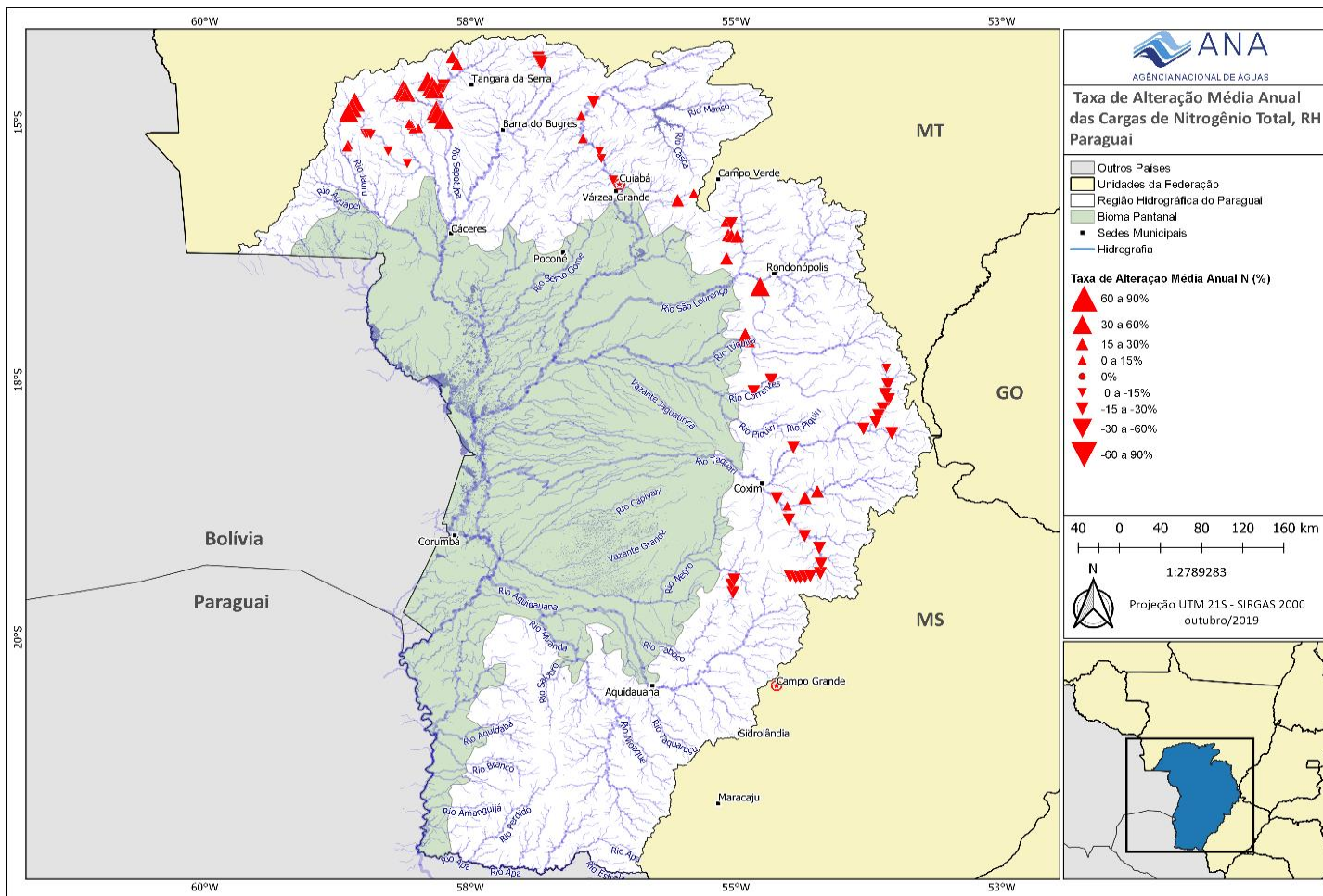
	Erro médio	Erro (50)	Erro (95)	NS
Treinamento	0,59	0,34	2,48	0,847
Verificação	0,56	0,30	2,56	0,823

Figura: Relação entre valores Observados e Simulados com RNA.

Resultados

Modelos de Simulação de Nitrogênio Total em Suspensão com RNA

Previsão da taxa de alteração (%), efeito isolado



Classificação da alteração:

⇒ Baixo: 30% dos empreendimentos;

⇒ **Alto: 24% dos empreendimentos;**

Figura: Simulação da taxa de alteração (%) em empreendimentos previstos.

Resultados

Modelos de Simulação de Nitrogênio Total em Suspensão com RNA

Previsão da taxa de alteração (%), efeito acumulativo por sub-bacia

Tabela: Simulação do efeito acumulativo na hipótese de construção de todos os empreendimentos por sub-bacia.

Exutório (entrada para o Pantanal)	Situação atual (ton/ano)	Cenário Simulado (ton/ano)	Alteração Percentual (%)
Rio Cabaçal	871	851	-2
Rio Sepotuba	1.679	2.435	+45
Rio Cuiabá	2.116	1.459	-31
Rio Taquari	2.220	1.275	-43

Resultados

Modelos de Simulação de Fósforo Total em Suspensão com RNA

- Dados de Entrada – 6 entradas
 - Área de Drenagem (km²)
 - Área Alagada (km²)
 - Volume Total (m³)
 - Produção anual de Nitrogênio na área de drenagem (ton/ha/ano)
 - 1 classe de uso da terra - Agricultura
 - Fósforo total de montante (mg/L)
- Dados de Saída – 1 saída
 - Fósforo Total de Jusante (mg/L)

	Separação de Amostras		
	Treinamento	Validação	Verificação
Nº Amostras	286	125	166

Resultados

Modelos de Simulação de Fósforo Total em Suspensão com RNA

Desempenho:

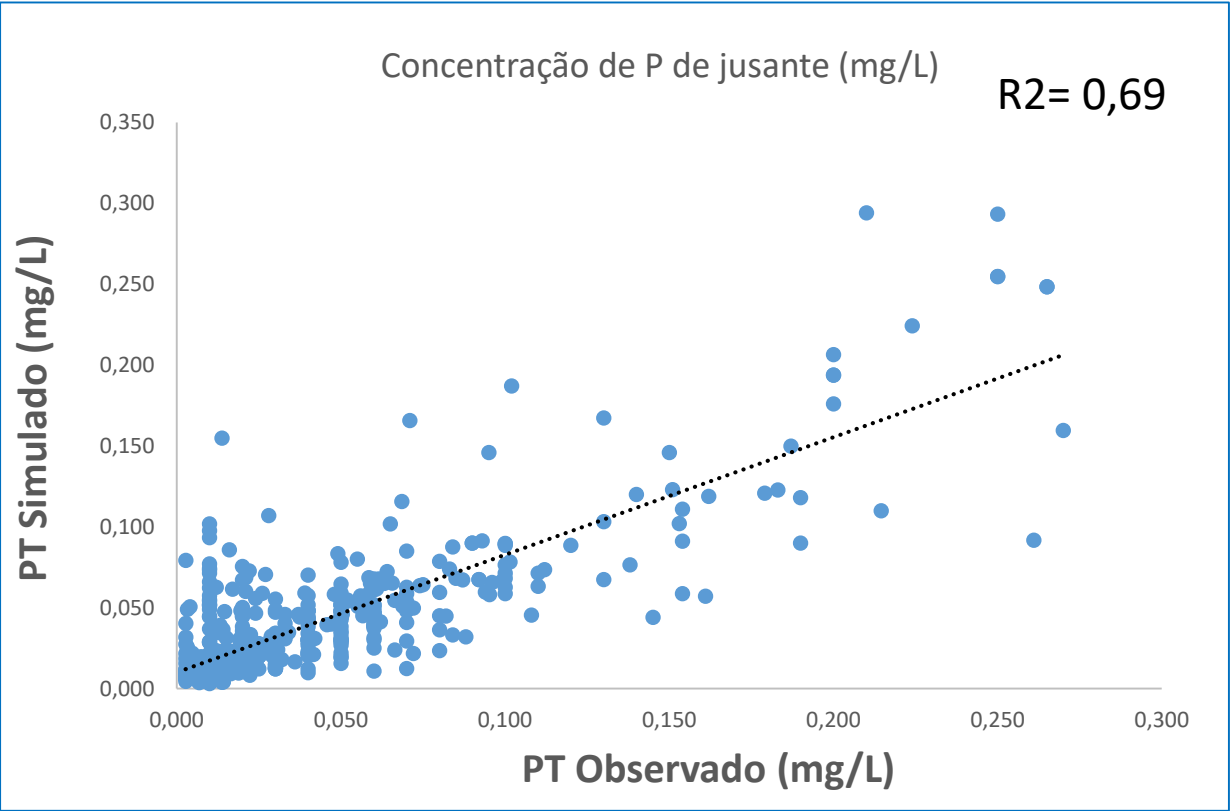


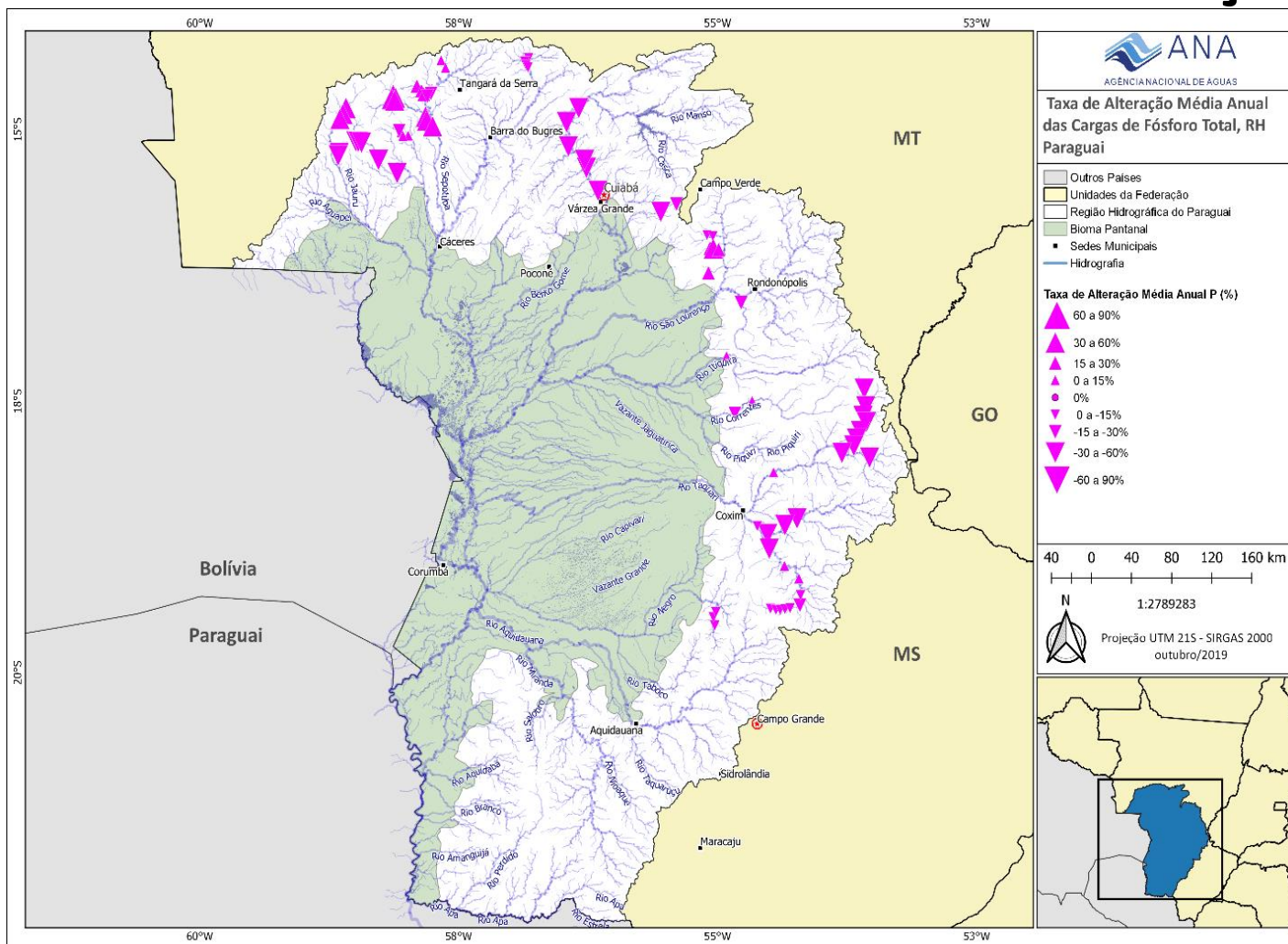
Tabela: Desempenho do modelo de simulação com RNA para Sedimentos em Suspensão.

	Erro médio	Erro (50)	Erro (95)	NS
Treinamento	0,03	0,02	0,10	0,52
Verificação	0,03	0,03	0,11	0,54

Figura: Relação entre valores Observados e Simulados com RNA.

Resultados

Modelos de Simulação de Fósforo Total em Suspensão com RNA Previsão da taxa de alteração (%), efeito isolado



Classificação da alteração:

⇒ Baixo: 26% dos empreendimentos;

⇒ Médio: 12% dos empreendimentos;

⇒ Alto: 61% dos empreendimentos;

Figura: Simulação da taxa de alteração (%) em empreendimentos previstos.

Resultados

Modelos de Simulação de Fósforo Total em Suspensão com RNA

Previsão da taxa de alteração (%), efeito acumulativo por sub-bacia

Tabela: Simulação do efeito acumulativo na hipótese de construção de todos os empreendimentos por sub-bacia.

Exutório (entrada para o Pantanal)	Situação atual (ton/ano)	Cenário Simulado (ton/ano)	Alteração Percentual (%)
Rio Cabaçal	75	61	-19
Rio Sepotuba	61	79	+29
Rio Cuiabá	529	398	-25
Rio Taquari	286	115	-60

Resultados

Modelos de Simulação com RNA

Previsão da taxa de alteração (%), efeito acumulativo.

A construção de empreendimentos previstos a montante de empreendimentos em cascatas ou com grande reservatório que estão em operação, terão seus efeitos assimilados e adicionarão pouca alteração (<1%) em relação aos existentes.

Casos:

Rio Jauru a montante da PCH Figueirópolis;
Rio Juba a montante da PCH Pampeana;
Rio Sapo a montante da PCH Sampo;
Rio Santana a montante da PCH Santana;
Rio São Lourenço a Montante da PCH São Lourenço;
Ribeirão Ponte de Pedra a montante da PCH Rondonópolis;
Rio Aricá a montante da PCH São Tadeu I
Rio Correntes a montante da UHE Ponte de Pedra

Restrito aos empreendimentos previstos e simulados;

A adição de empreendimentos não previstos ou com ausência de dados para simulação deverão ser avaliados.

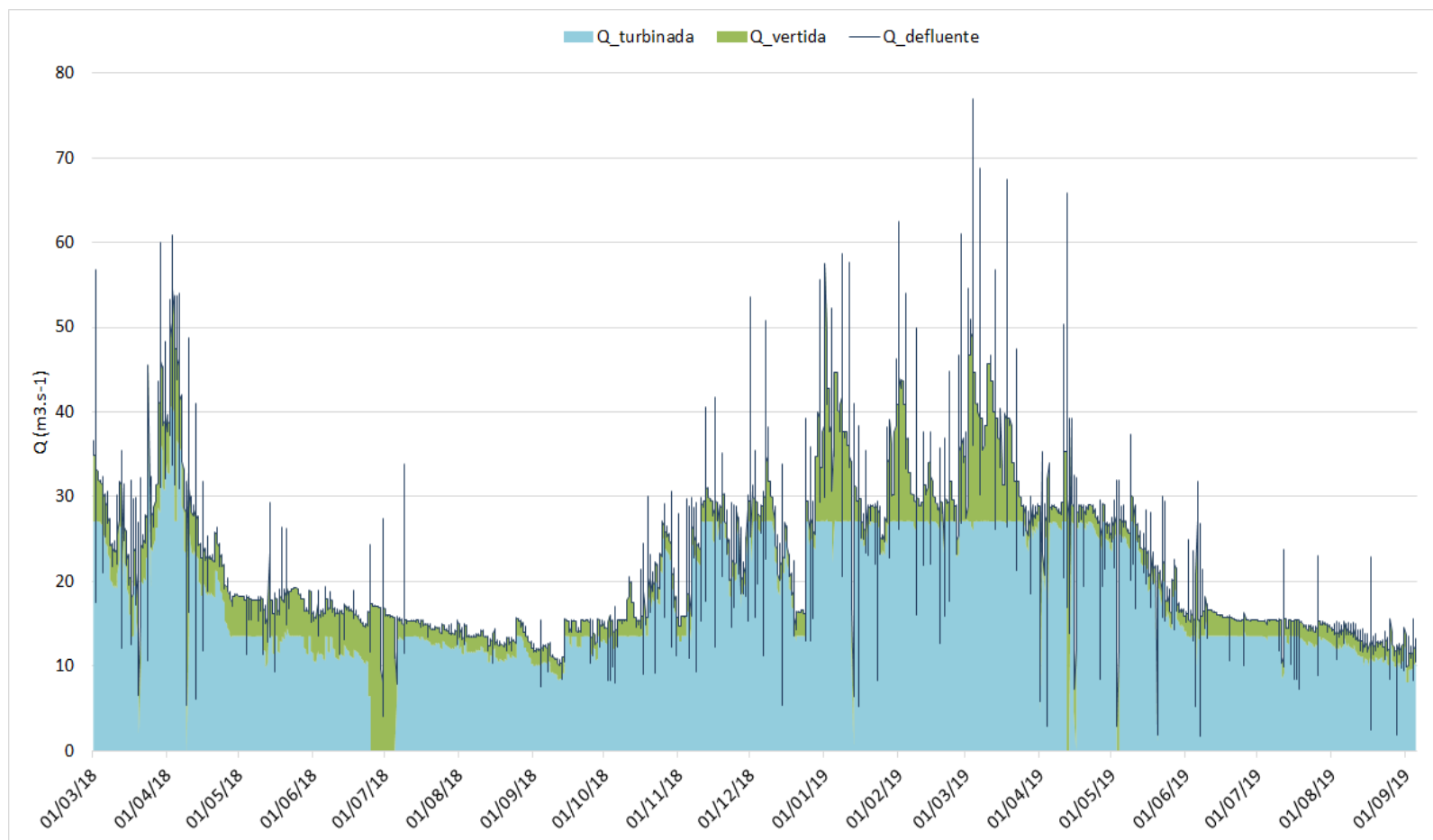
Monitoramento de Alta Frequência Temporal

Estudo de Caso

Resultados

Monitoramento de Alta Frequência Temporal

Vazões Defluente PCH José Gelásio



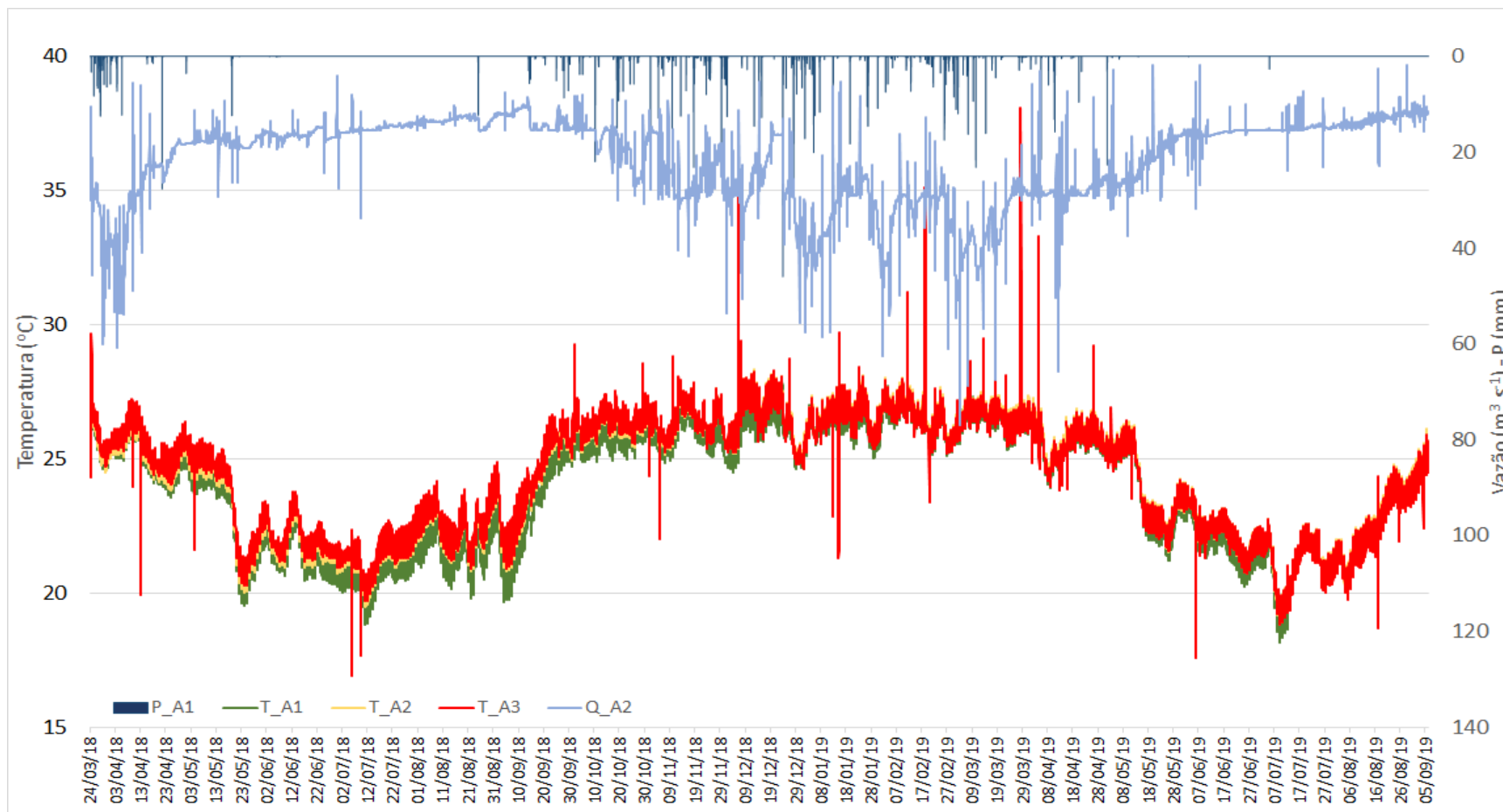
→ Picos de vazões de curta duração.

Figura: Variação das vazões turbinada e vertida na PCH José Gelásio em escala horária (Fonte: Engie).

Resultados

Monitoramento de Alta Frequência Temporal

Temperatura da Água



→ Aumento na Temperatura;

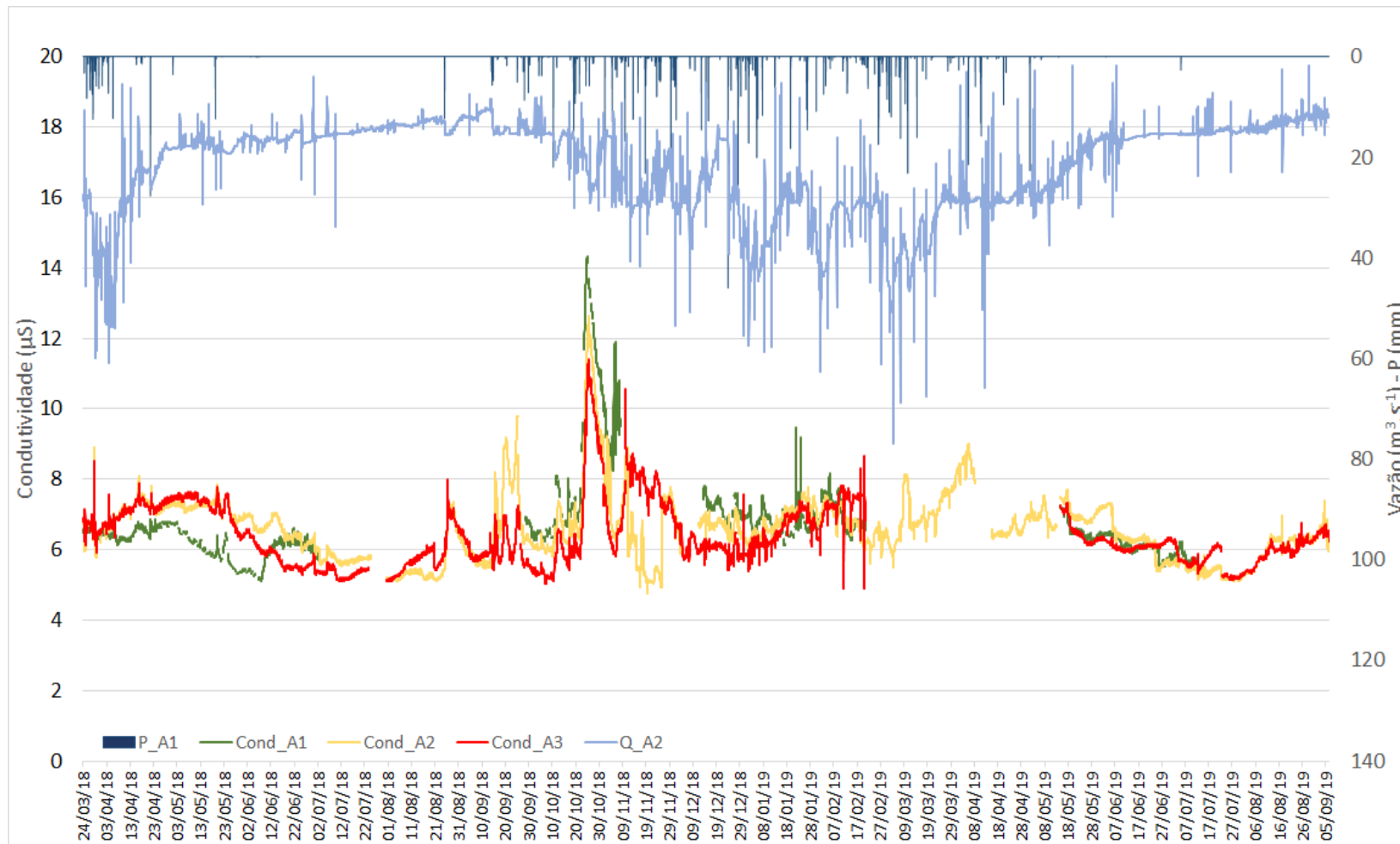
→ Alterações nos padrões de variação com picos de curta duração, não registrados no ponto de controle (Montante PCH José Gelásio).

Figura: Variação da temperatura da água na Cascata do Ribeirão Ponte de Pedra em escala horária.

Resultados

Monitoramento de Alta Frequência Temporal

Condutividade Elétrica



→ Baixos valores;

→ Padrão similar de variação entre os pontos amostrados.

Legenda:

— Vazão

— Montante PCH José Gelásio

— Jusante PCH José Gelásio

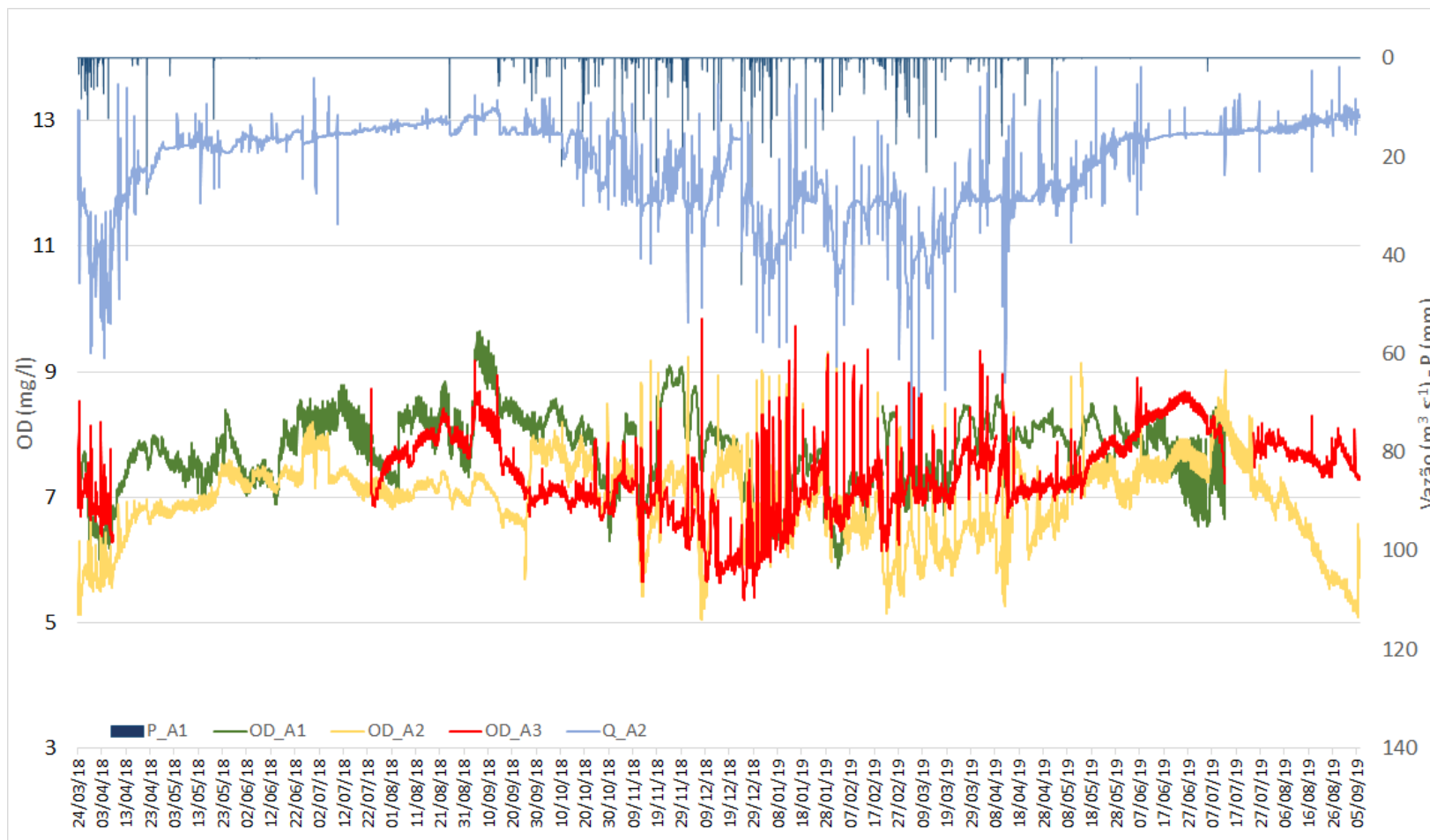
— Jusante PCH Rondonópolis

Figura: Variação da condutividade elétrica na Cascata do Ribeirão Ponte de Pedra em escala horária.

Resultados

Monitoramento de Alta Frequência Temporal

Oxigênio Dissolvido (OD)



- Redução do OD;
- Picos de curta duração, principalmente no período chuvoso, não registrados no ponto de controle (Montante PCH José Gelásio).

Legenda:

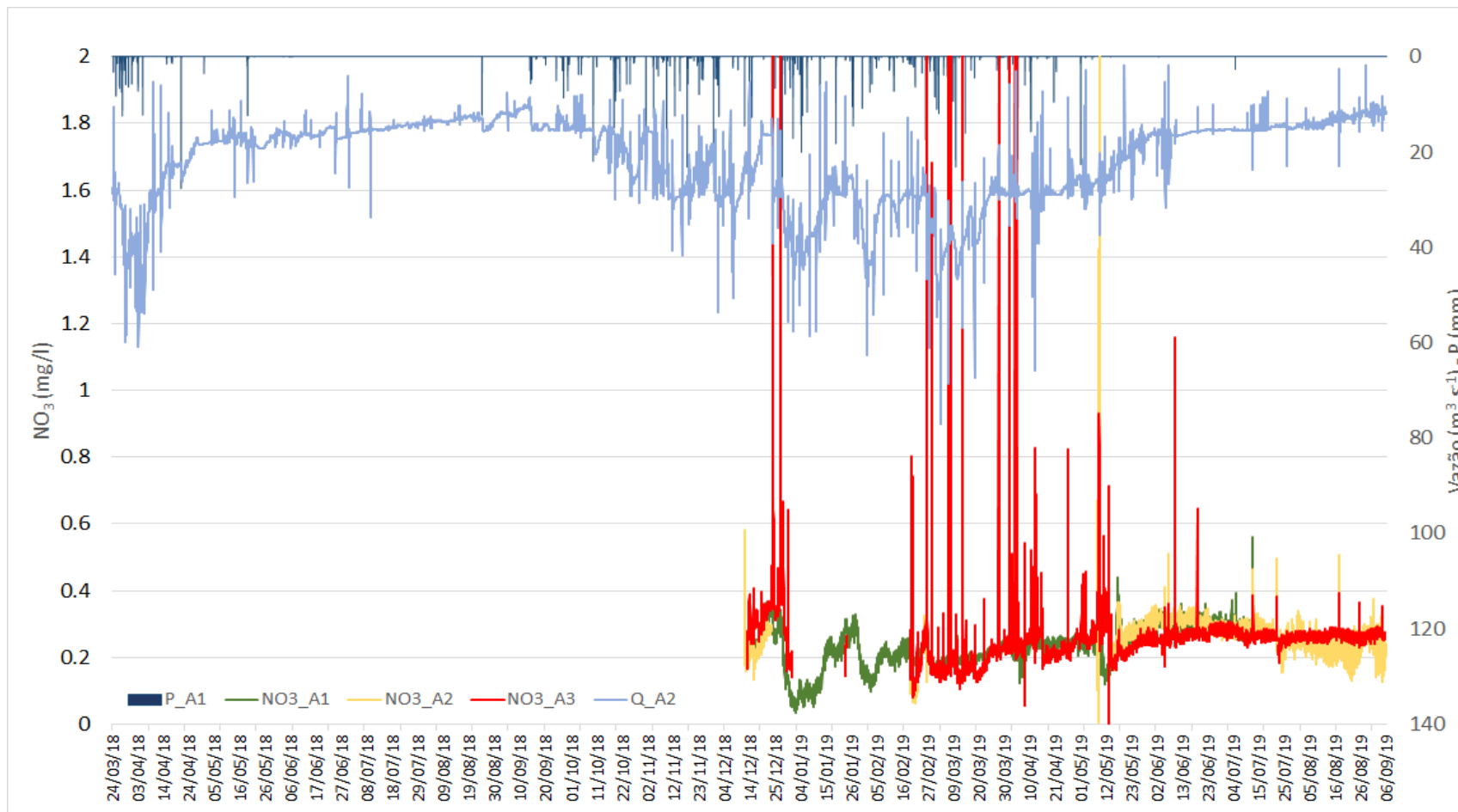
- Vazão
- Montante PCH José Gelásio
- Jusante PCH José Gelásio
- Jusante PCH Rondonópolis

Figura: Variação do oxigênio dissolvido na Cascata do Ribeirão Ponte de Pedra em escala horária.

Resultados

Monitoramento de Alta Frequência Temporal

Nitrato



- Padrão similar de variação entre os pontos amostrados;
- picos de curta duração, não registrados no ponto de controle (Montante PCH José Gelásio).

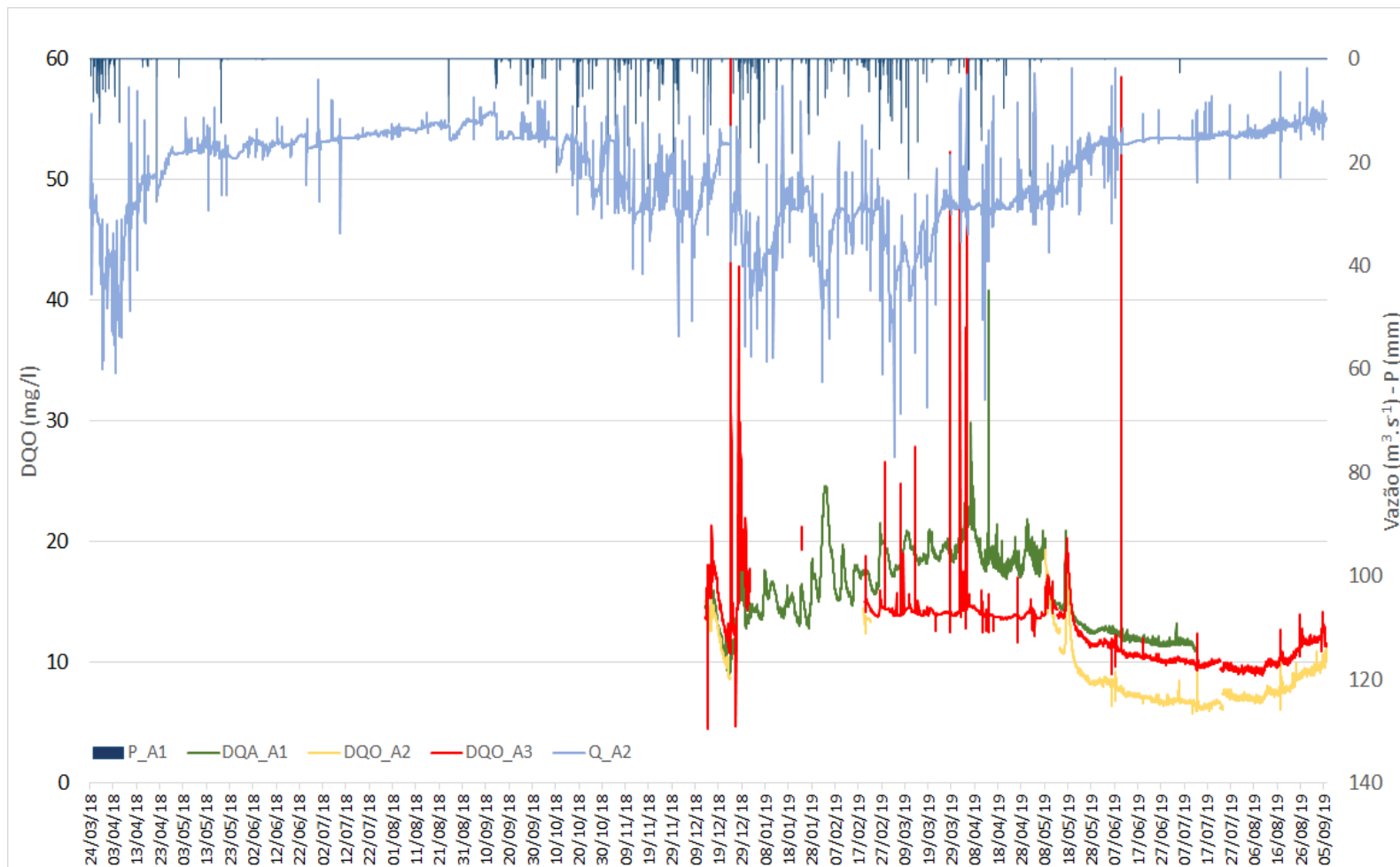
Legenda:

- Vazão
- Montante PCH José Gelásio
- Jusante PCH José Gelásio
- Jusante PCH Rondonópolis

Figura: Variação das vazões turbinada e vertida na PCH José Gelásio em escala horária (Fonte: Engie).

Resultados

Monitoramento de Alta Frequência Temporal Demanda Química de Oxigênio (DQO)



→ Redução da DQO;

→ picos de curta duração, não registrados no ponto de controle (Montante PCH José Gelásio).

Legenda:

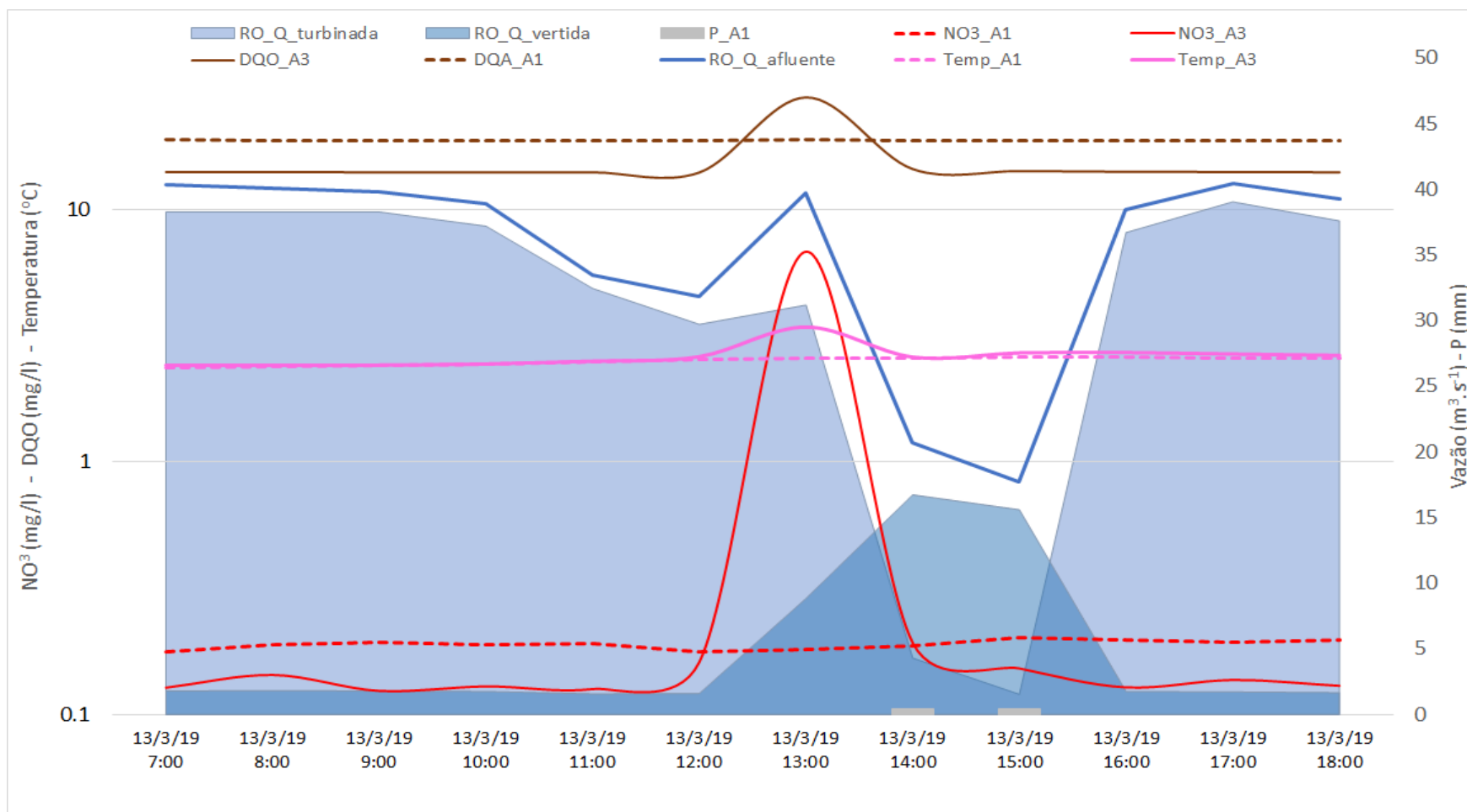
- Vazão
- Montante PCH José Gelásio
- Jusante PCH José Gelásio
- Jusante PCH Rondonópolis

Figura: Variação das vazões turbinada e vertida na PCH José Gelásio em escala horária (Fonte: Engie).

Resultados

Monitoramento de Alta Frequência Temporal

Vazões, Temperatura, Nitrato e DQO



→ Picos de vazões de curta duração provocam alterações nas características da água.

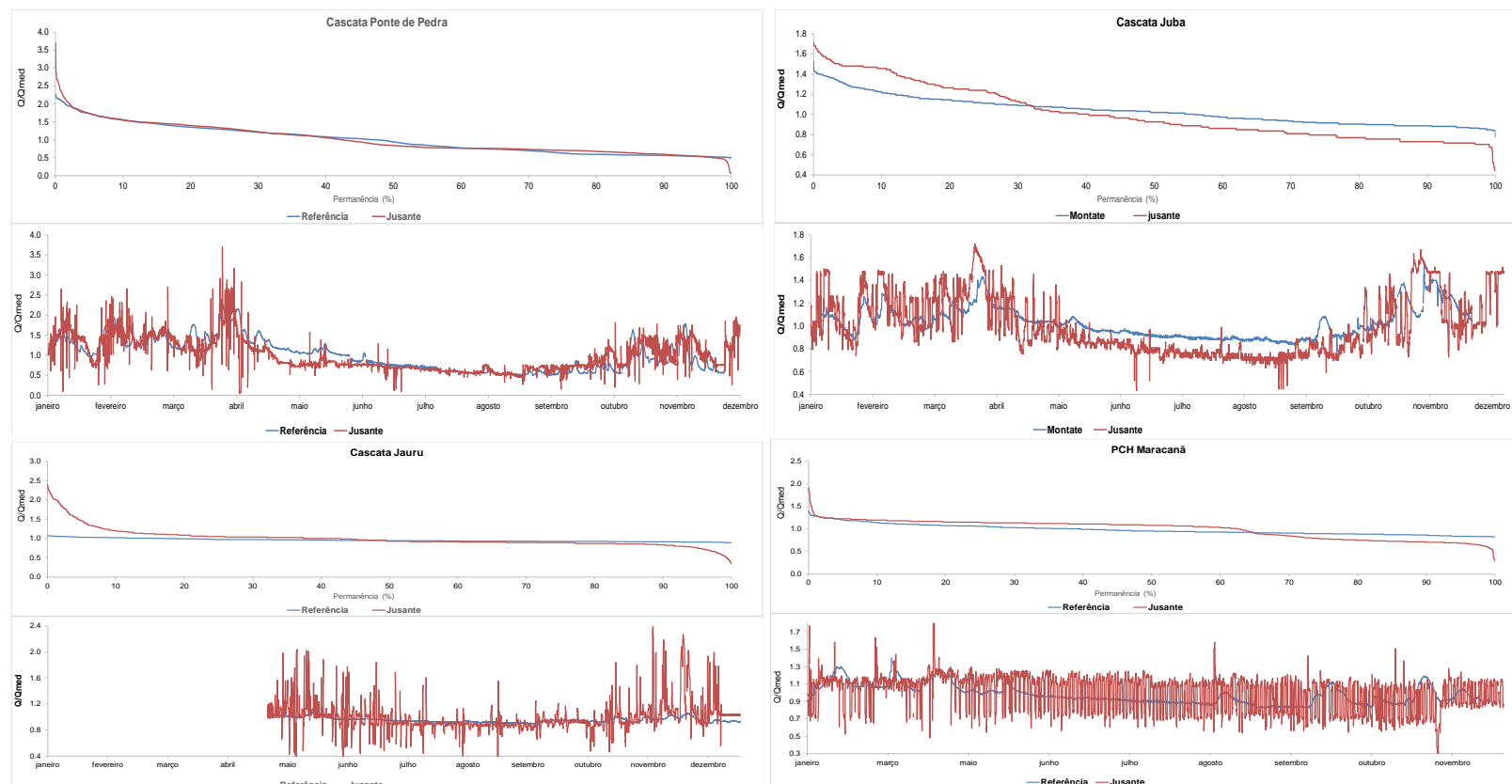
Legenda:

- Vazão turbinada Jusante PCH Rondonópolis
- Vazão Vertida Jusante PCH Rondonópolis
- Temperatura Montante PCH José Gelásio
- Temperatura Jusante PCH Rondonópolis
- DQO Montante PCH José Gelásio
- DQO Jusante PCH Rondonópolis
- Nitrato Montante PCH José Gelásio
- Nitrato Jusante PCH Rondonópolis

Figura: Variação da vazão, temperatura, nitrato e DQO na Cascata do Ribeirão Ponte de Pedra.

Resultados

Monitoramento de Alta Frequência Temporal Vazões sub-diárias



Picos de vazões de curta duração é um padrão comum em empreendimentos hidrelétricos;



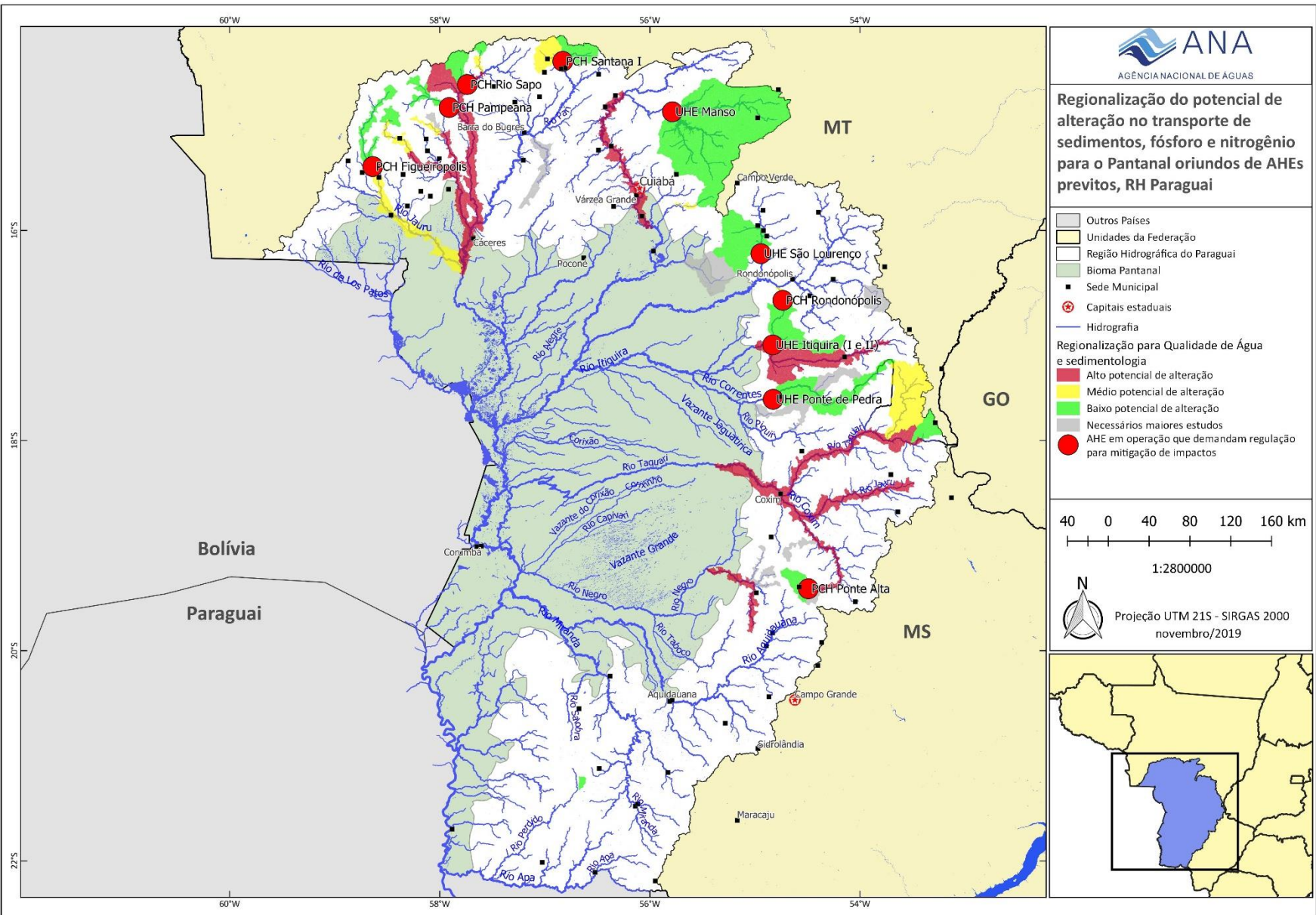
Picos de curta duração de sedimentos e nutrientes;



Reservatórios oscilam entre fases de retenção e liberação de sedimentos e nutrientes dependendo do seu regime de operação

Figura: Curva de permanência e hidrogramas das estações fluviométricas localizadas a jusante e a montante (referência) de empreendimentos hidrelétricos.

Proposta de Áreas com maior Potencial de Alteração



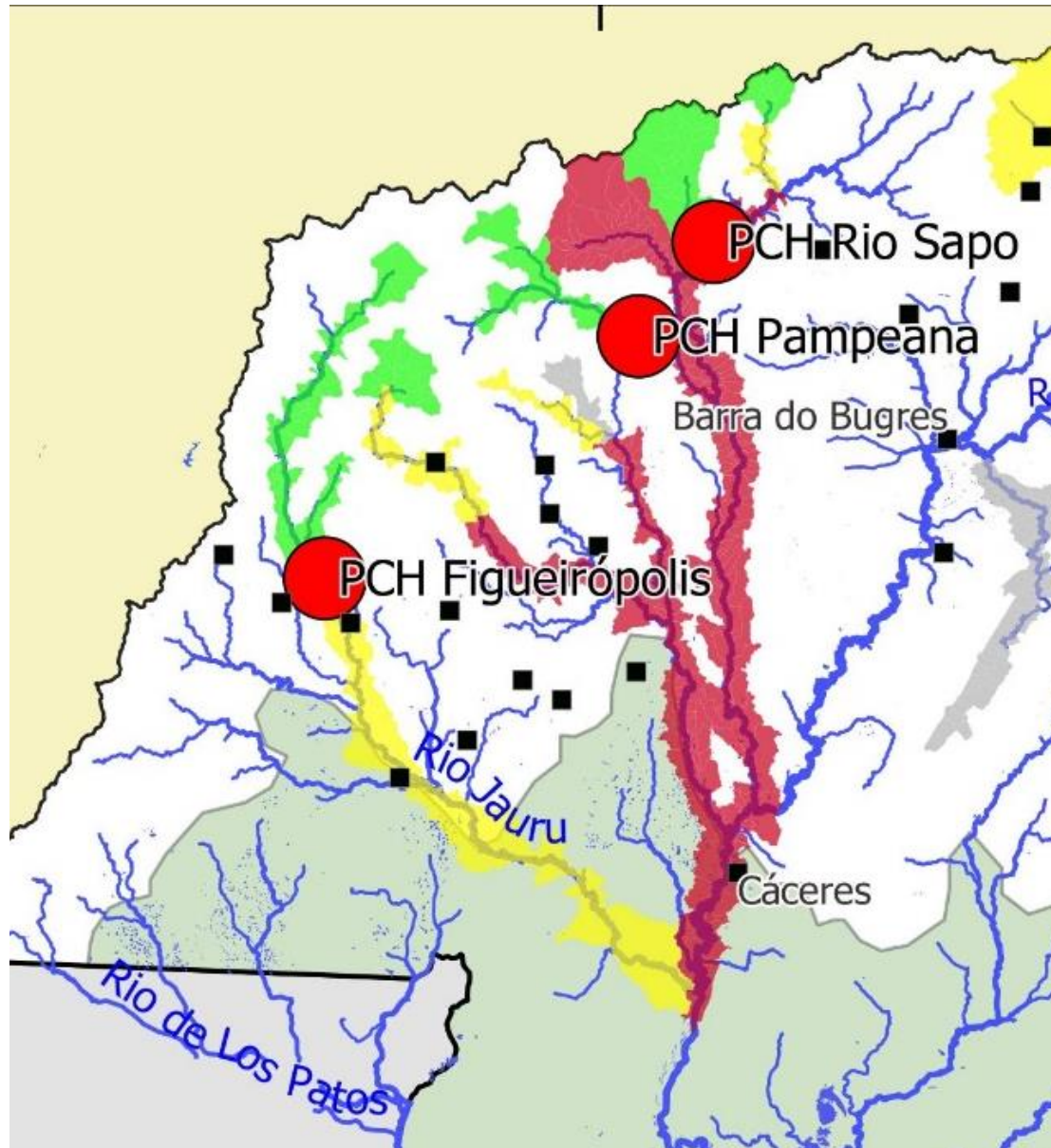
⇒ Condicionantes:

Alteração potencial do empreendimento (>20%);

Empreendimentos em
operação;

Alteração potencial para o Pantanal.

Proposta de Áreas com maior Potencial de Alteração



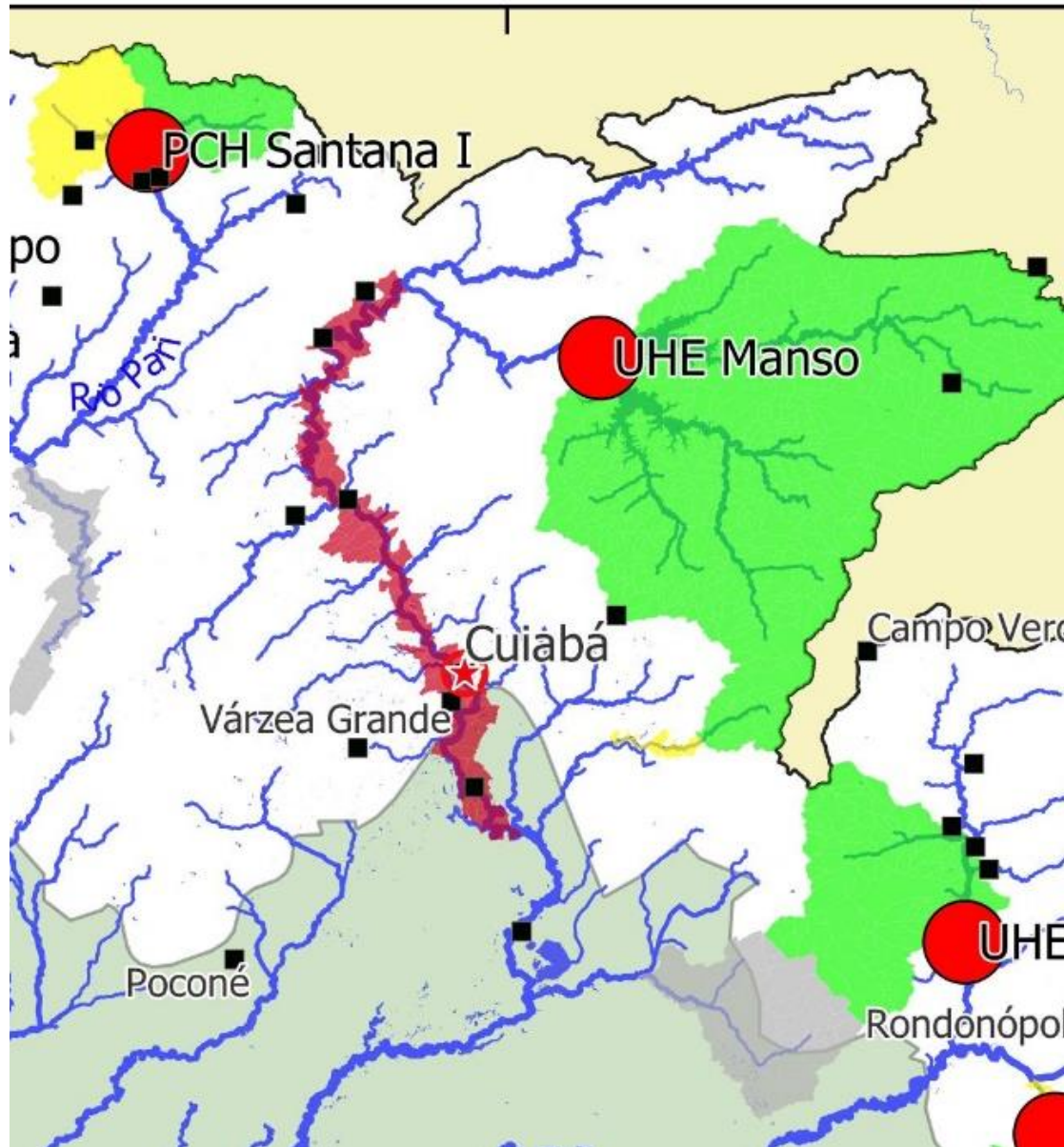
⇒ **Condicionantes:**

Alteração potencial do empreendimento (>20%);

Empreendimentos em operação;

Alteração potencial para o Pantanal.

Proposta de Áreas com maior Potencial de Alteração



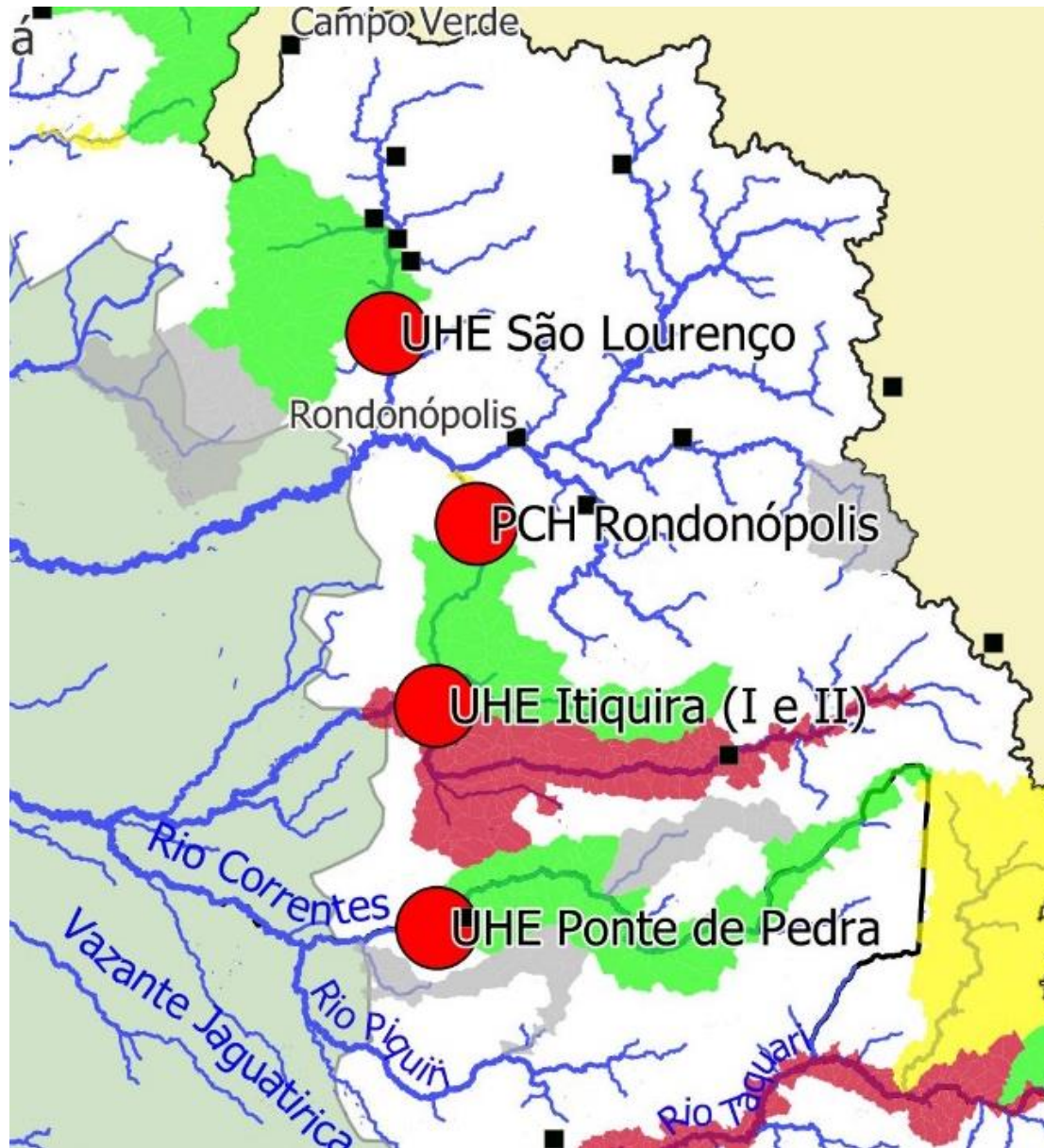
⇒ **Condicionantes:**

Alteração potencial do empreendimento (>20%);

Empreendimentos em operação;

Alteração potencial para o Pantanal.

Proposta de Áreas com maior Potencial de Alteração



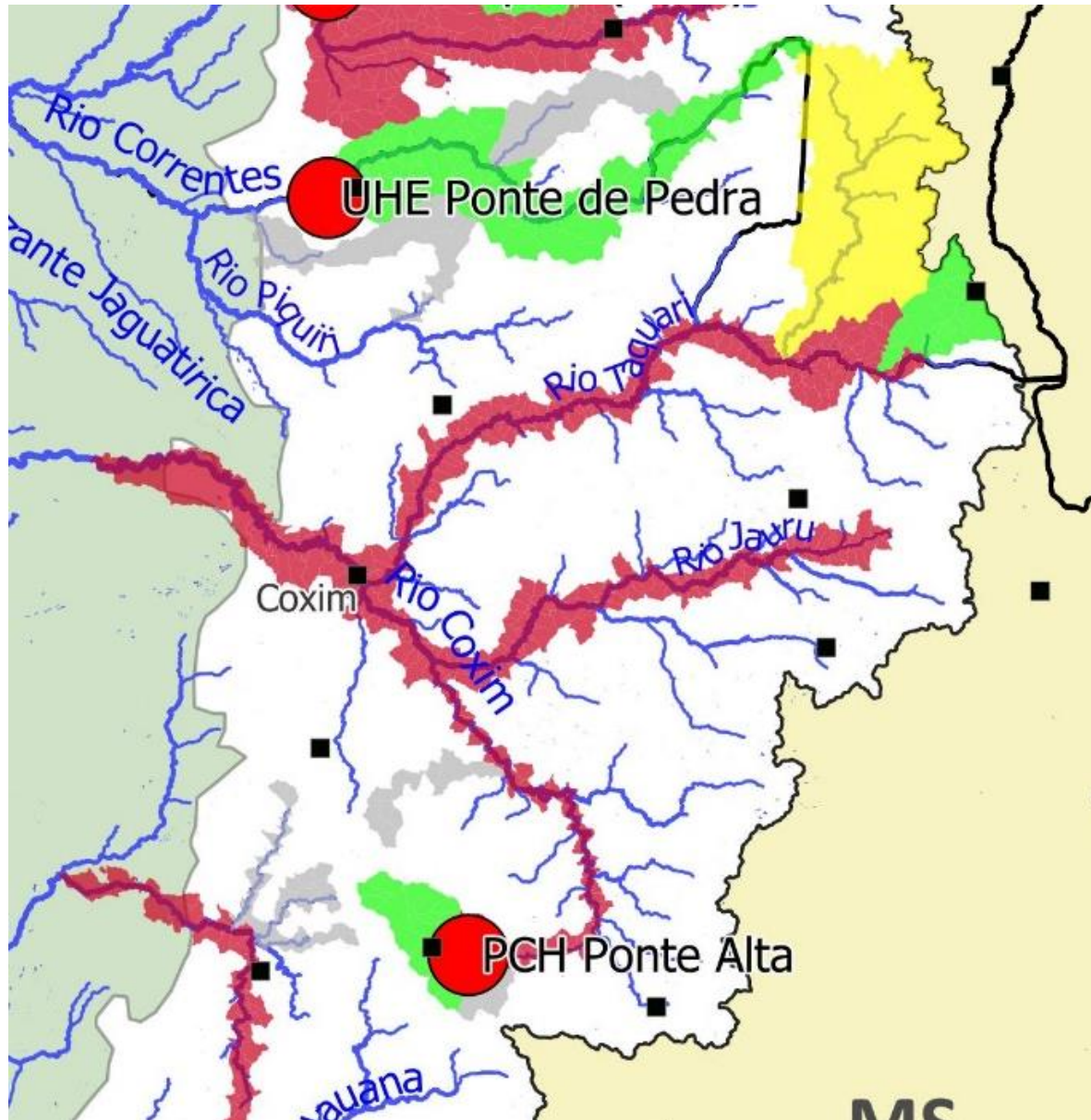
⇒ **Condicionantes:**

Alteração potencial do empreendimento (>20%);

Empreendimentos em operação;

Alteração potencial para o Pantanal.

Proposta de Áreas com maior Potencial de Alteração



⇒ **Condicionantes:**

Alteração potencial do empreendimento (>20%);

Empreendimentos em operação;

Alteração potencial para o Pantanal.

Agradecimentos

Equipe de pesquisadores, alunos e colaboradores;

Empreendedores na disponibilização das informações e no acesso aos empreendimentos;

Sindenergia e ABRAGEL na interlocução com os empreendedores;

Ministério Público do Estado de Mato Grosso na interlocução com os empreendedores;

SEMA e IMASUL na disponibilização dos relatórios de monitoramento e EIA/RIMA;

ANA e FEA suporte técnico e logístico;

EMPRAPA Pantanal e UFMT apoio técnico e financeiro

OBRIGADO!

Ibraim Fantin da Cruz
ibraimfantin@ufmt.br