

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE MODELAGEM DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA OS RESERVATÓRIOS DO ESTADO DO CEARÁ



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos



HISTÓRICO

O contrato Nº 010/2015/FUNCEME/CONSÓRCIO AQUALOGUS/AZURIT foi assinado em **setembro de 2015**.



O serviço de consultoria foi iniciado em **17 de setembro de 2015**.

O término do serviço ocorreu em **julho de 2017**.



ESCOPO DO SERVIÇO

OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma estratégia de modelagem de qualidade de água adaptada a reservatórios localizados no Estado do Ceará.

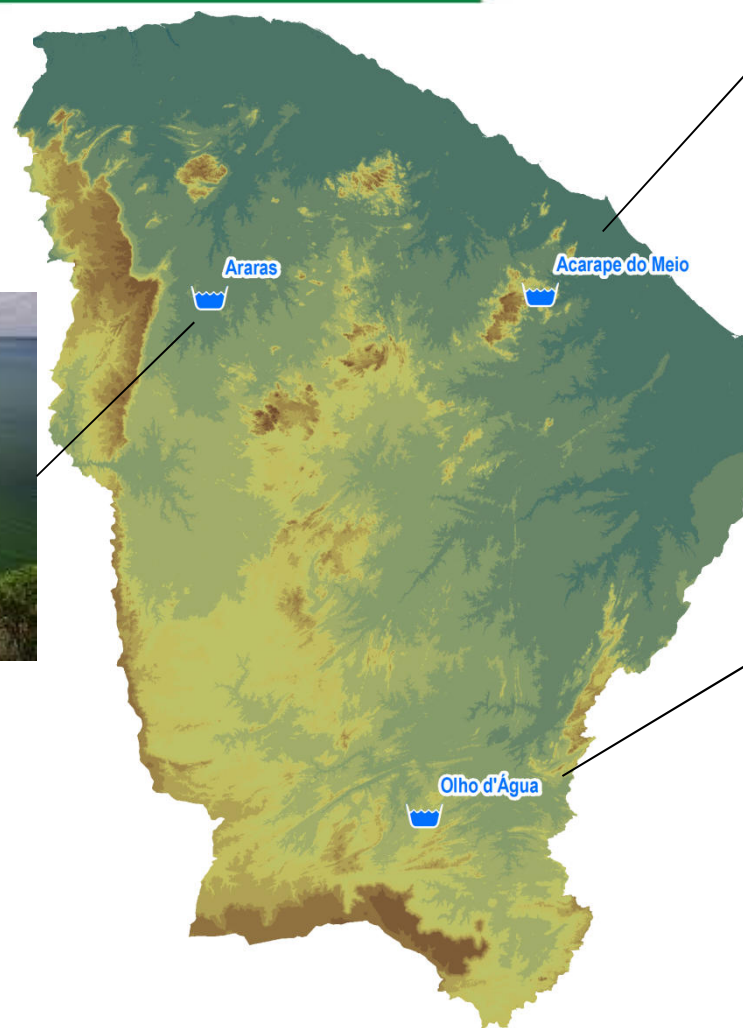
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Propor metodologia de modelagem de qualidade de água em reservatórios;
- Realizar aquisição de dados com vistas a execução da modelagem proposta;
- Testar a metodologia de modelagem em três reservatórios pré-selecionados;
- Identificar estratégias de aplicação para os demais reservatórios do Ceará.

ESCOPO DO SERVIÇO

- **ÁREAS PILOTOS**

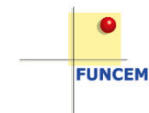
Araras (Reriutaba)



Acarape do Meio
(Redenção)



Açude Olho d'Água
(Várzea Alegre)

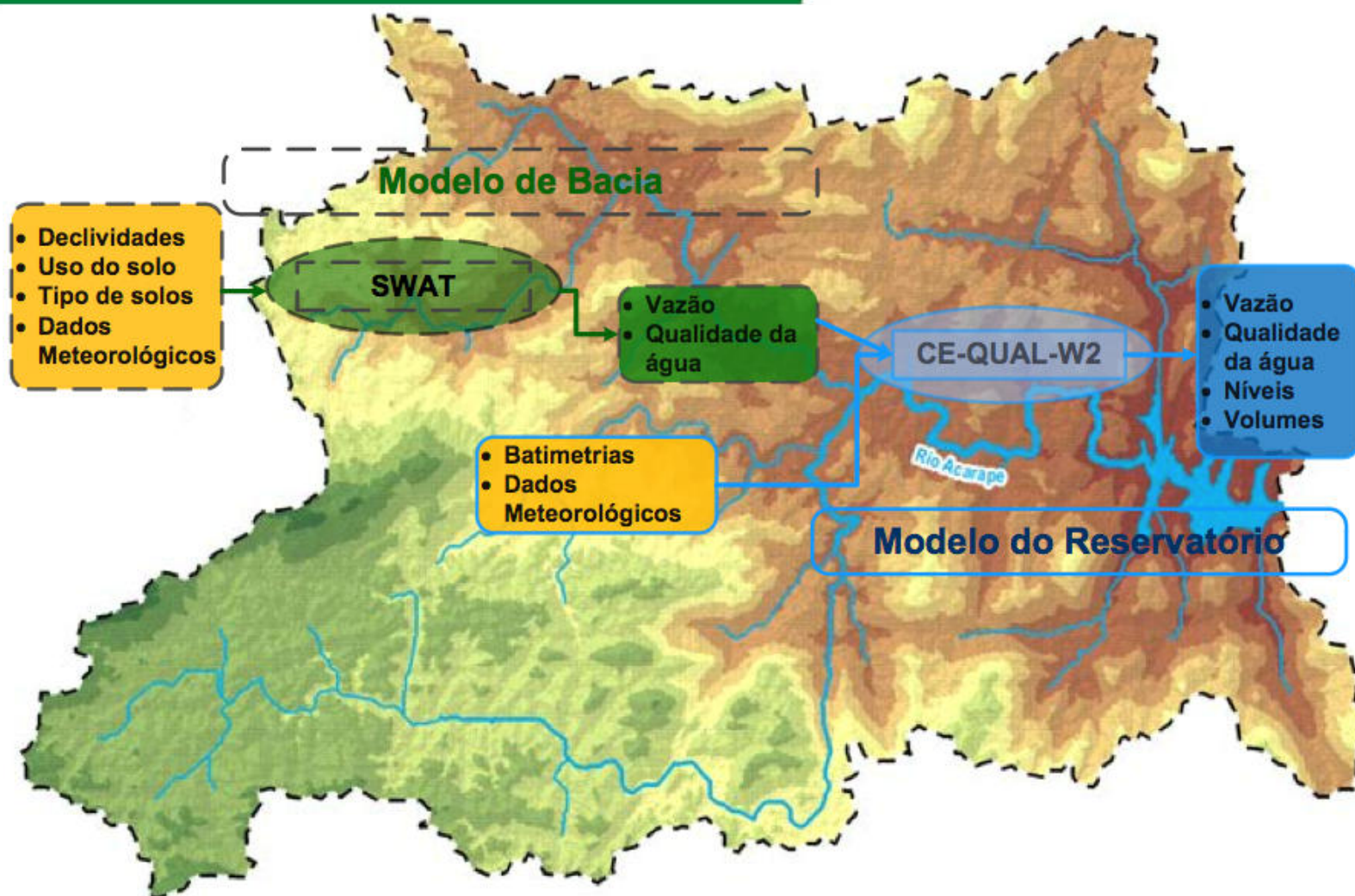


Banco Mundial

Monitoramento da Qualidade da Água



Modelagem Hidrológica



Modelagem Hidrológica - Bacia

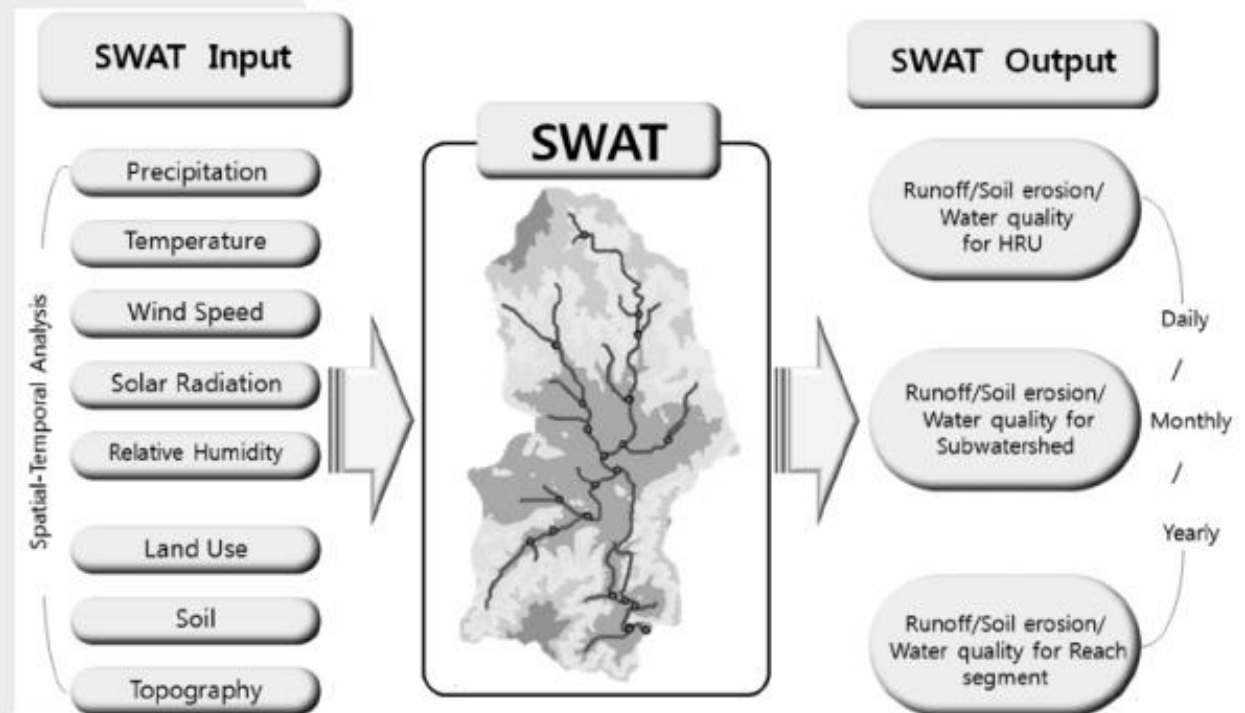
4

MODELO DE BACIA (SWAT)

ESTRUTURA E CARACTERÍSTICAS DO MODELO

Os dados de entrada para o modelo de bacia SWAT são:

- ☐ Dados topográficos
- ☐ Dados do uso do solo
- ☐ Características de solo
- ☐ Dados meteorológicos.



Modelagem do Açude

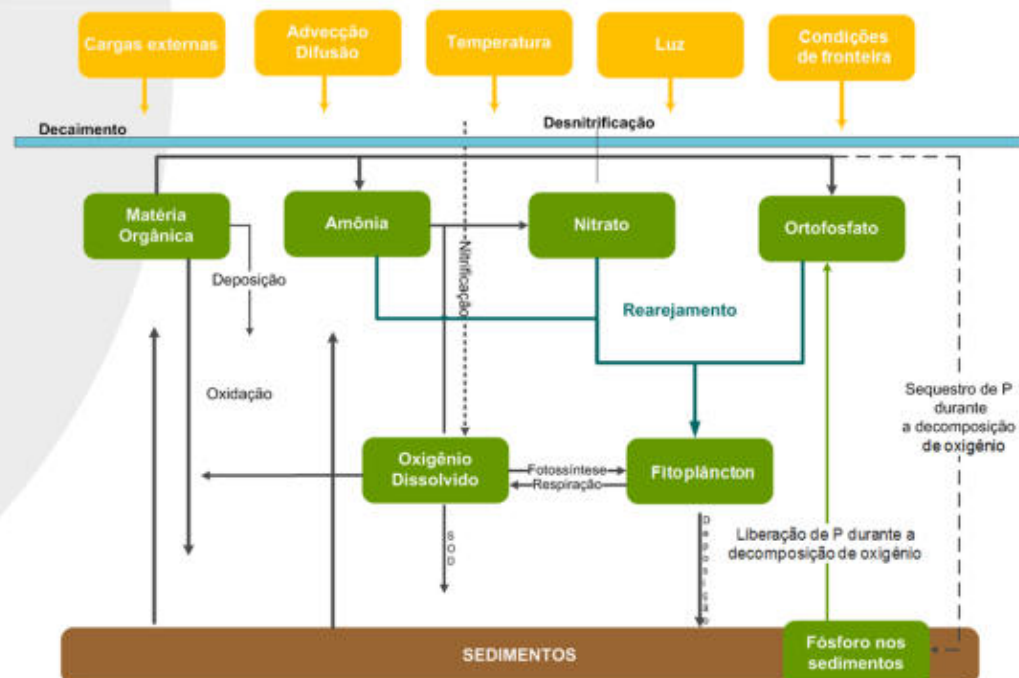
4

MODELO DE RESERVATÓRIO (CE-QUAL-W2)

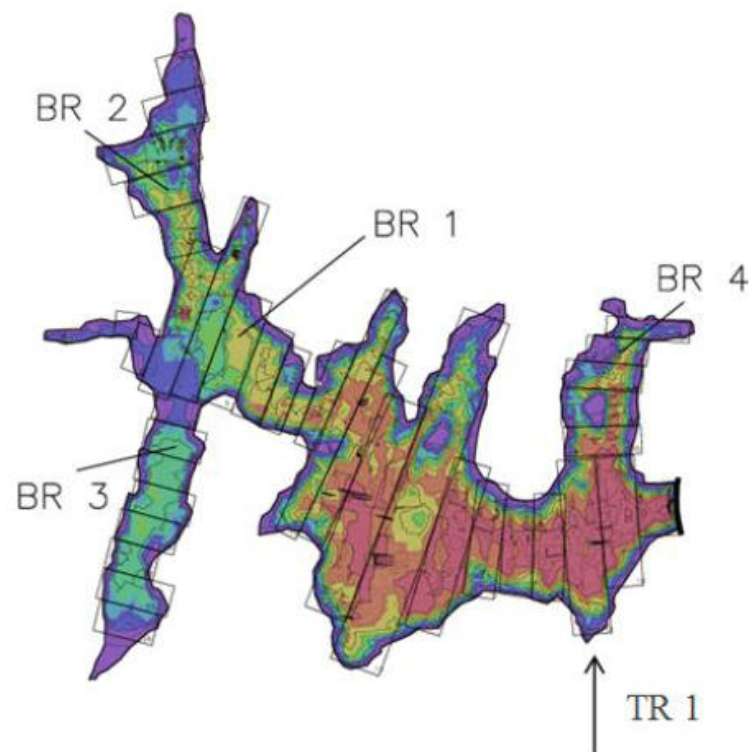
ESTRUTURA E CARACTERÍSTICAS DO MODELO

- ❑ Simula processos que ocorrem tanto na coluna d'água quanto no sedimento e fluxos de matéria entre eles
- ❑ O CE-QUAL-W2 possui parametrização bastante detalhada dos processos químicos em sistemas aquáticos, assim como elaborada parametrização dos principais processos biológicos e componentes ecológicos
- ❑ Na sua mais recente versão (versão 4.0) o algoritmo de qualidade da água incorpora até 39 parâmetros de qualidade da água

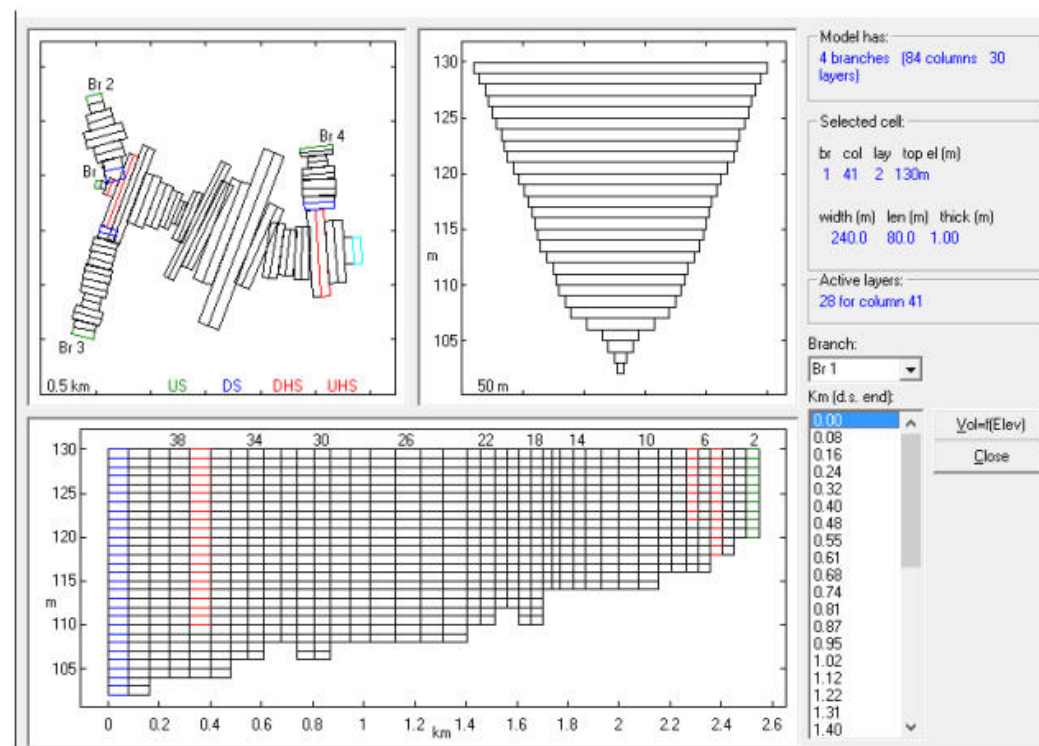
Water Quality Research Group
CE-QUAL-W2 Hydrodynamic and Water Quality Model



Modelo de Reservatório – Condições de Fronteira



(a)



(b)

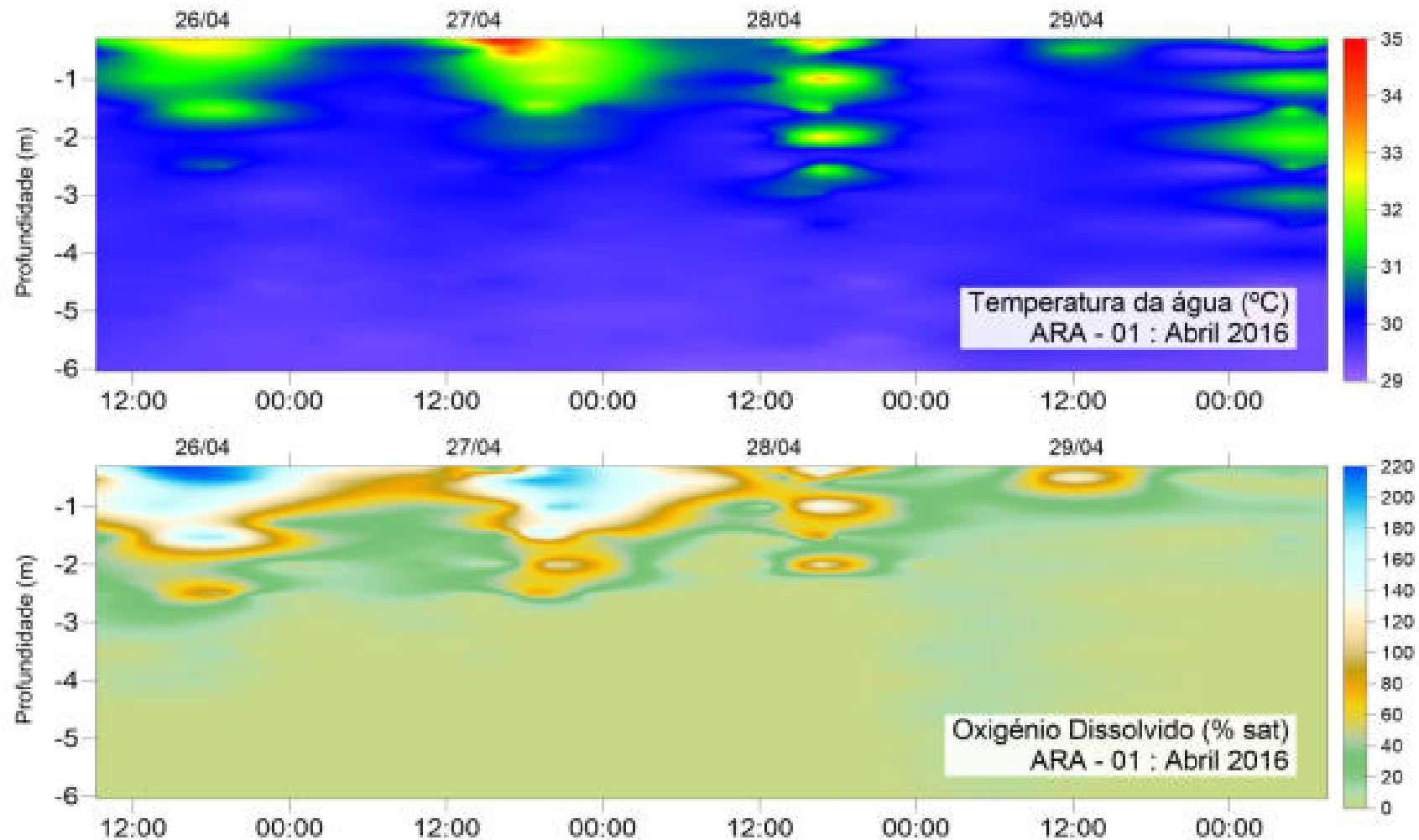
Figura 7.3 – Definição dos segmentos do Açude Acarape do Meio (a) e geometria do açude no modelo CE-QUAL-W2 (b), onde se pode visualizar a representação da área superficial, um exemplo de seção do braço principal e perfil longitudinal.

Monitoramento para a Modelagem de Qualidade de Água

Tabela 3.1 – Listagem de parâmetros fundamentais e adicionais a serem considerados na modelagem.

Parâmetro		Modelo
Parâmetros Fundamentais	Temperatura da água (°C)	Reservatório
	Clorofila-a ($\mu\text{g/L}$ ou mg/m^3)	Reservatório
	Oxigênio dissolvido (mg/L e % saturação)	Reservatório
	Nitrogênio amoniacal (mgN/L)	Reservatório
	Ortofosfato (mgP/L)	Reservatório
	Nitrato (mgN/L)	Reservatório e bacia
	Fósforo total (mgP/L)	Reservatório e bacia
	Vazão (m^3/s)	Bacia
Parâmetros Adicionais	Carbono orgânico total (mg C/L)	Reservatório
	Nitrogênio total (mgN/L)	Reservatório e bacia
	pH	Reservatório
	Sólidos suspensos totais (mg/L)	Reservatório e bacia

Monitoramento – Campanha Nictimeral em 2016



Monitoramento/Modelagem – Campanha Nictimeral em 2016

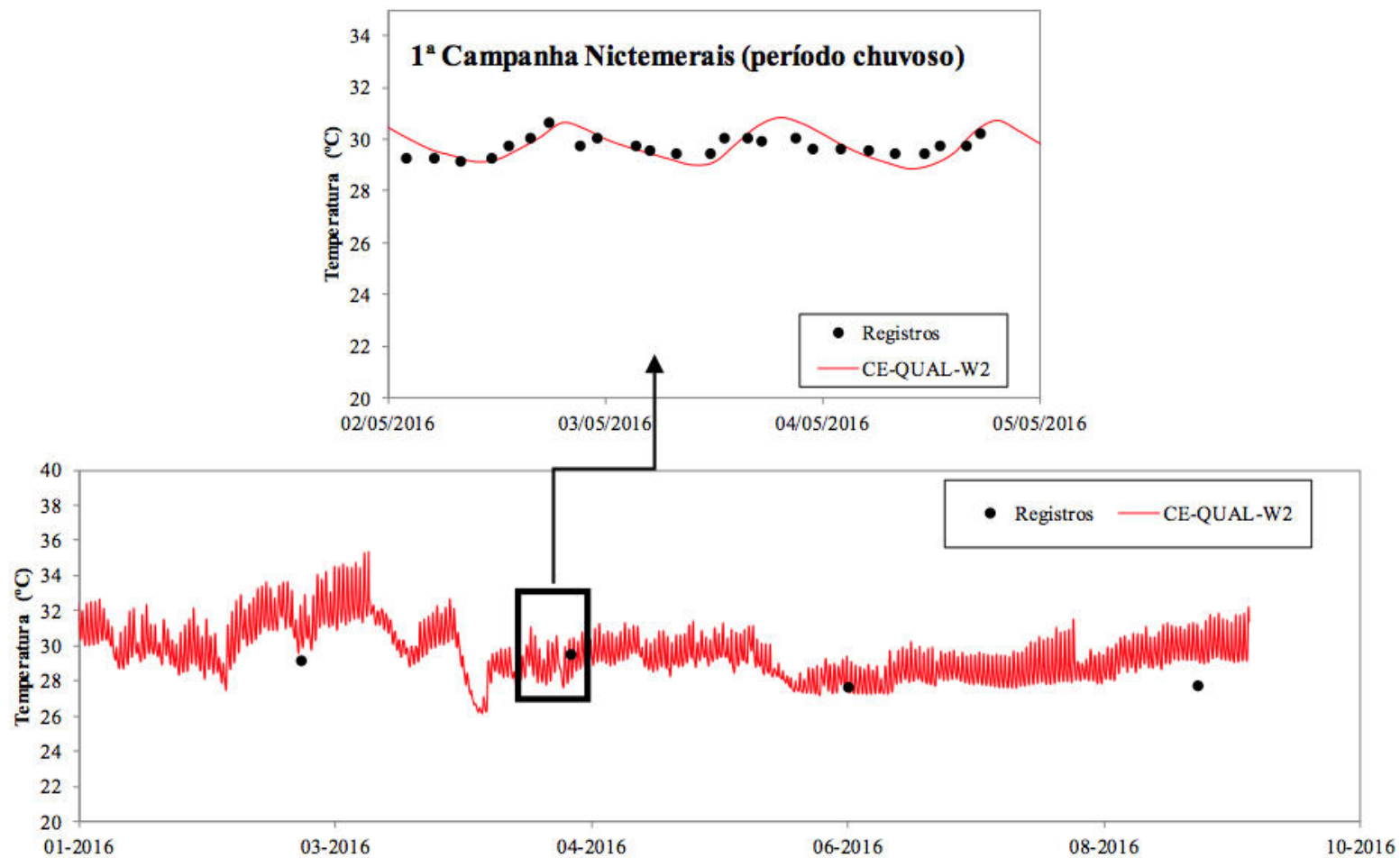


Figura 4.3 – Série temporal de temperatura da água à superfície no Açude Acarape do Meio no ano de 2016 (pontoACA-09).

Modelo de Reservatório – Perfis Simulados

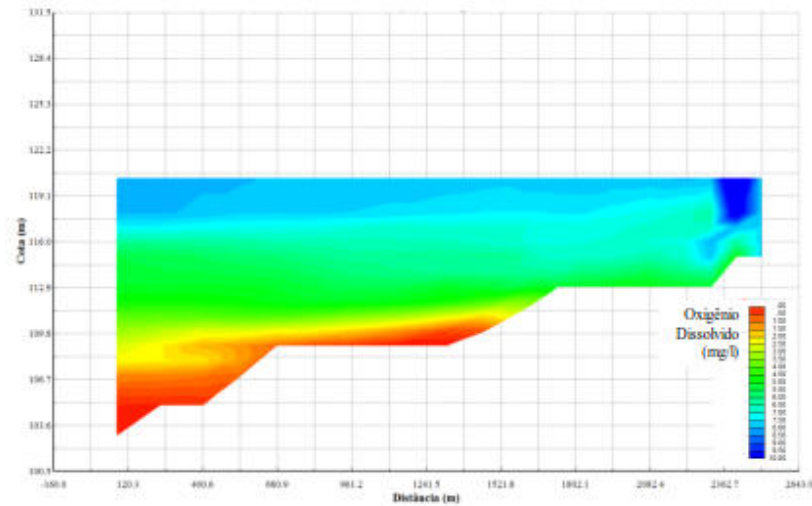


Figura 2.33 – Perfil longitudinal da concentração de oxigênio dissolvido no Açude Acarape do Melo (período úmido).

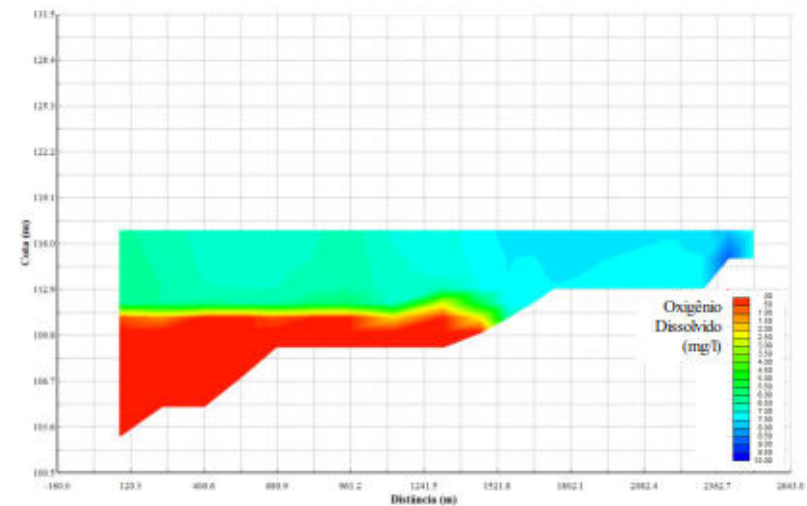


Figura 2.34 – Perfil longitudinal da concentração de oxigênio dissolvido no Açude Acarape do Melo (período seco).

Modelo de reservatório – Séries Simuladas

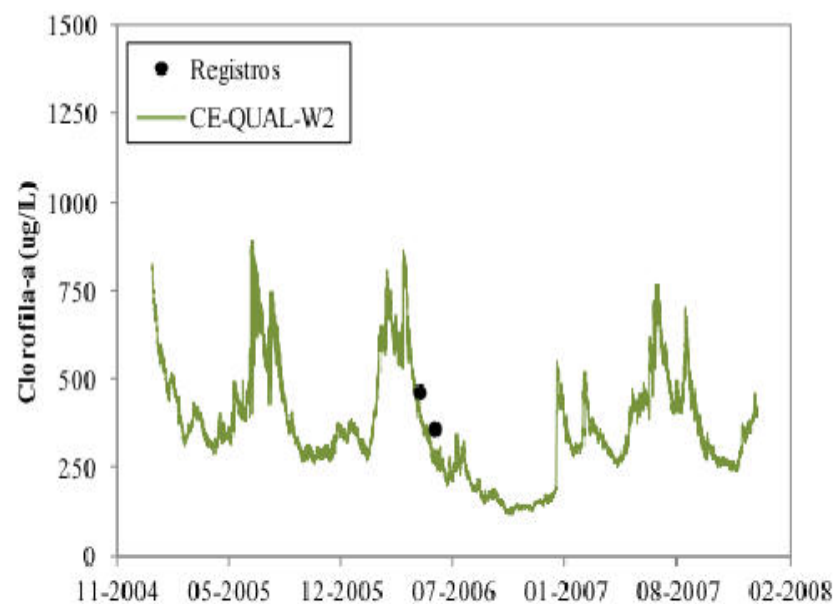


Figura 4.16 – Série temporal de clorofila-a à superfície da coluna d'água no Açude Olho d'Água no ponto de monitoramento OLH-01.

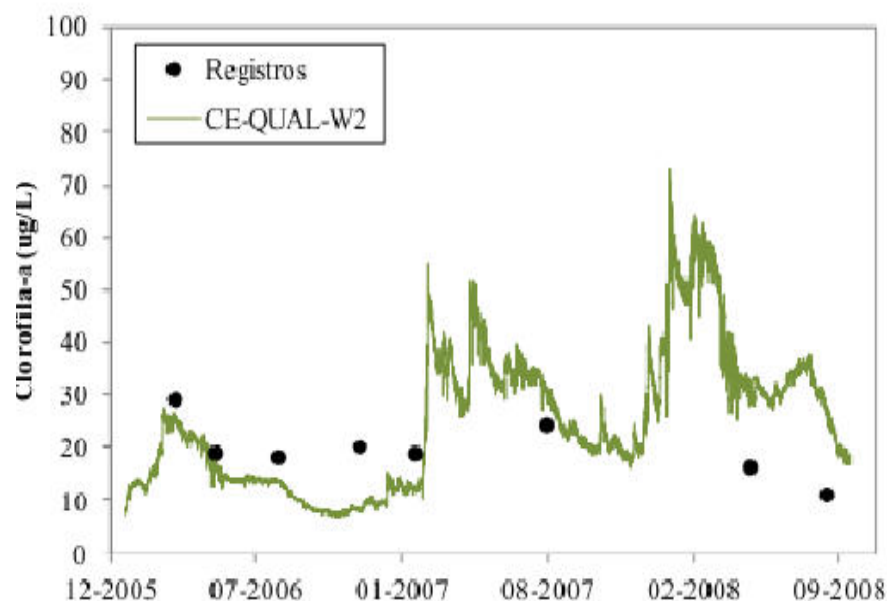


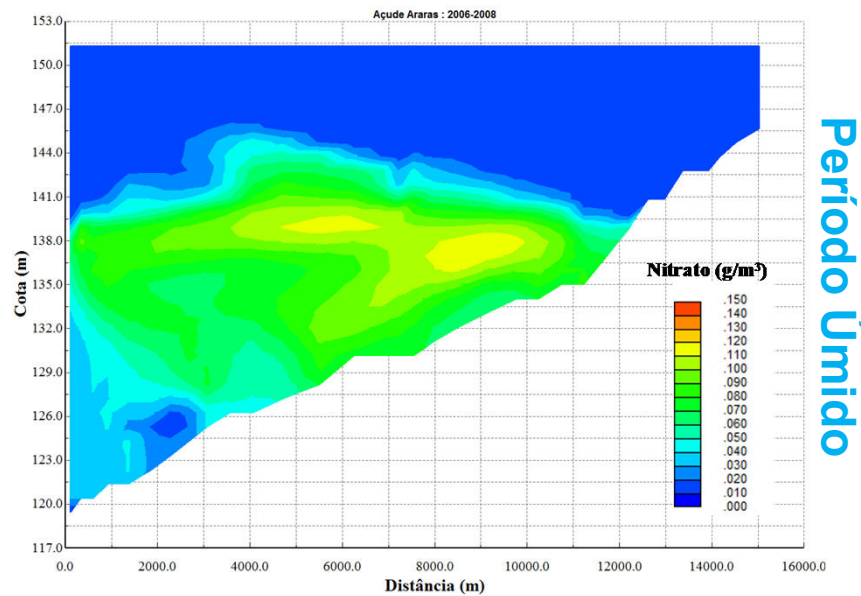
Figura 5.27 – Série temporal de clorofila-a à superfície da coluna d'água no Açude Araras no ponto de monitoramento ARA-01.

Modelagem do Açude

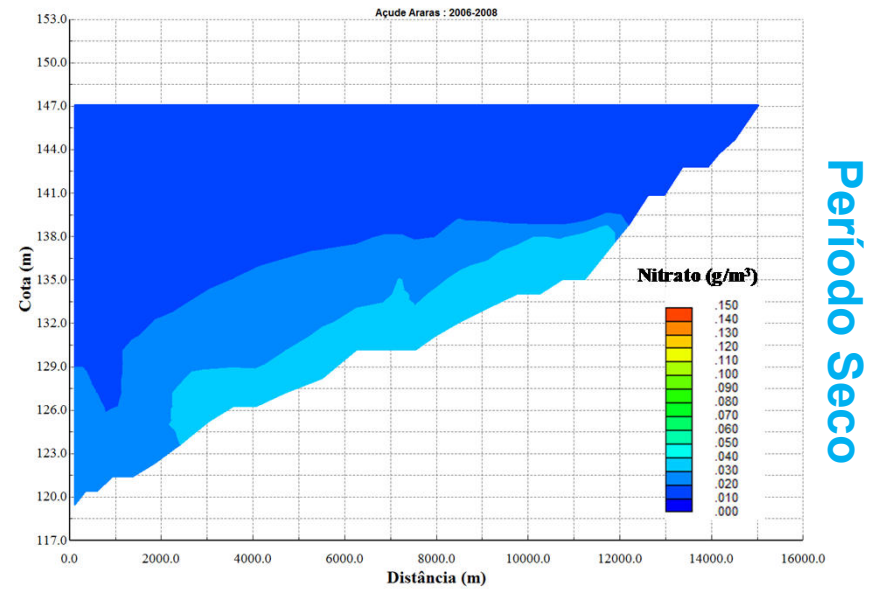
- RESULTADOS

Nutrientes: Nitrato

Perfil Longitudinal



Perfil longitudinal de concentração de Nitrato no Açude Araras no dia 12 de maio de 2008, às 12h (período úmido).



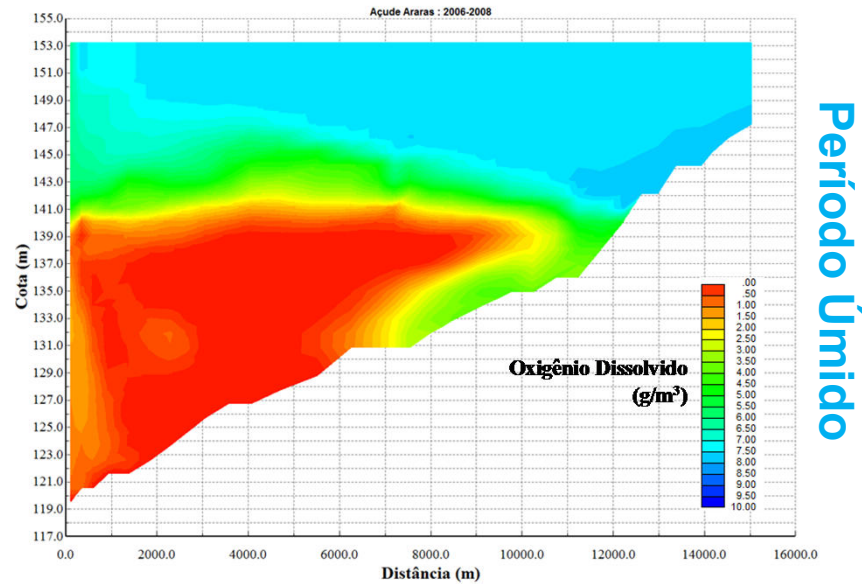
Perfil longitudinal de concentração de Nitrato no Açude Araras no dia 06 de Agosto de 2007 , às 12h (período seco).

Modelagem do Açude

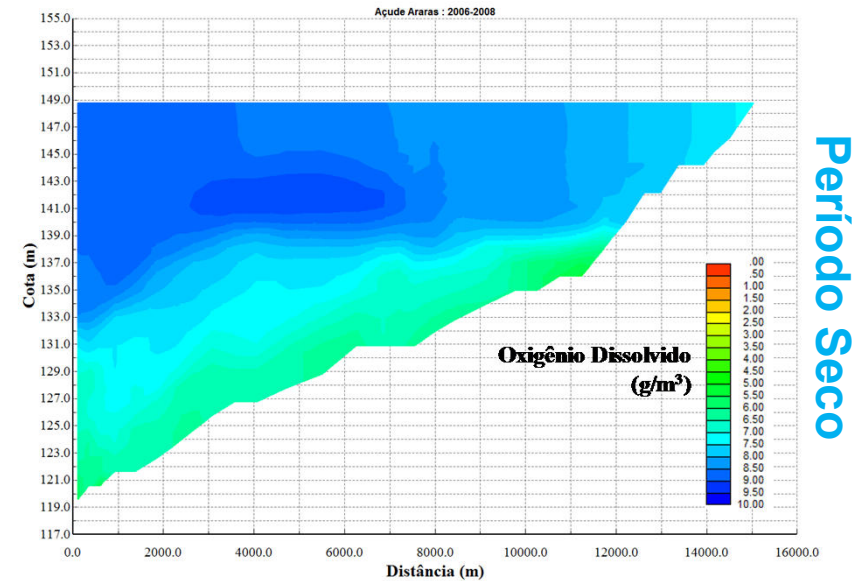
- RESULTADOS

Oxigênio Dissolvido

Perfil Longitudinal

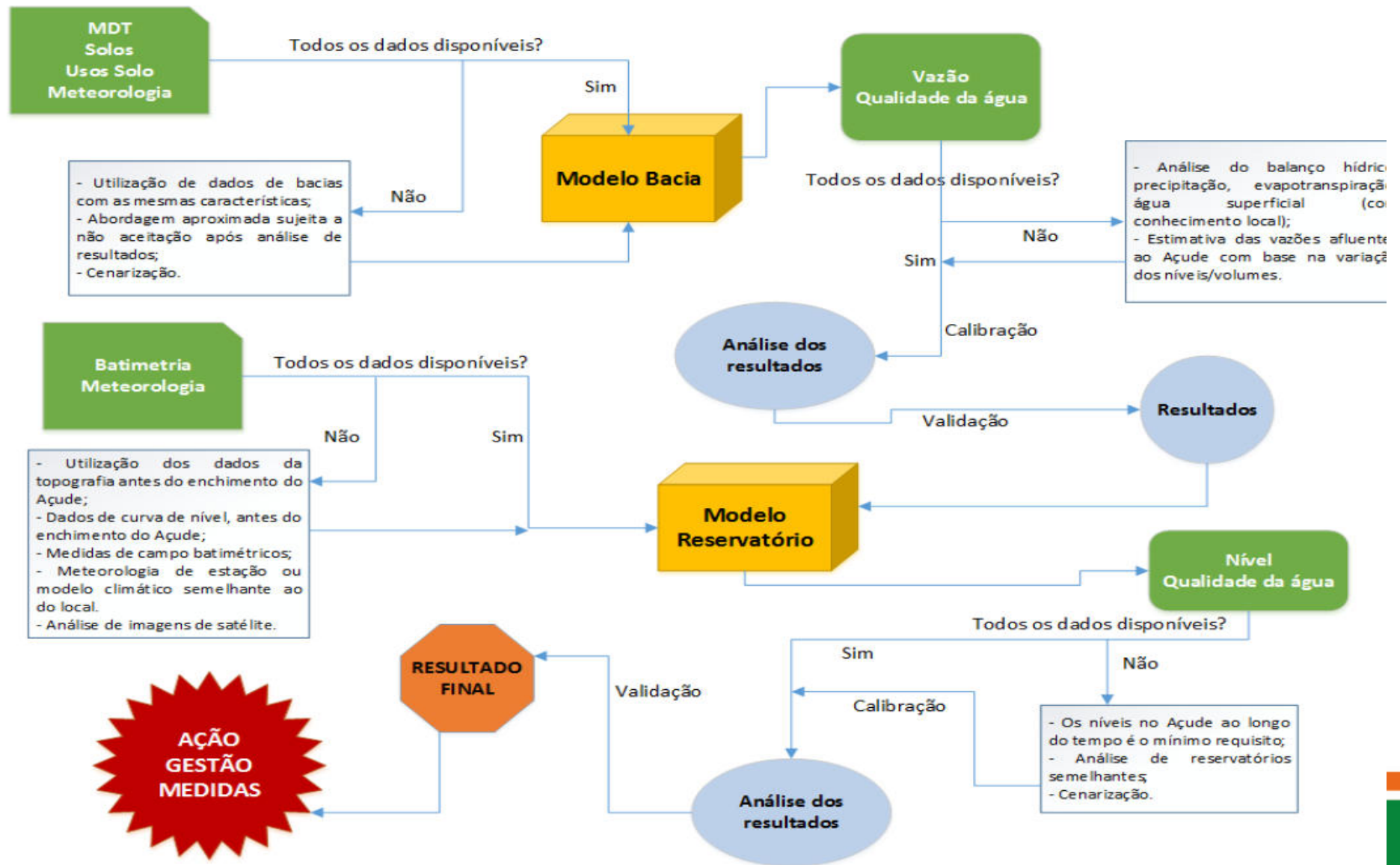


Perfil longitudinal de concentração de Nitrato no Açude Araras no dia 12 de maio de 2008, às 12h (período úmido).

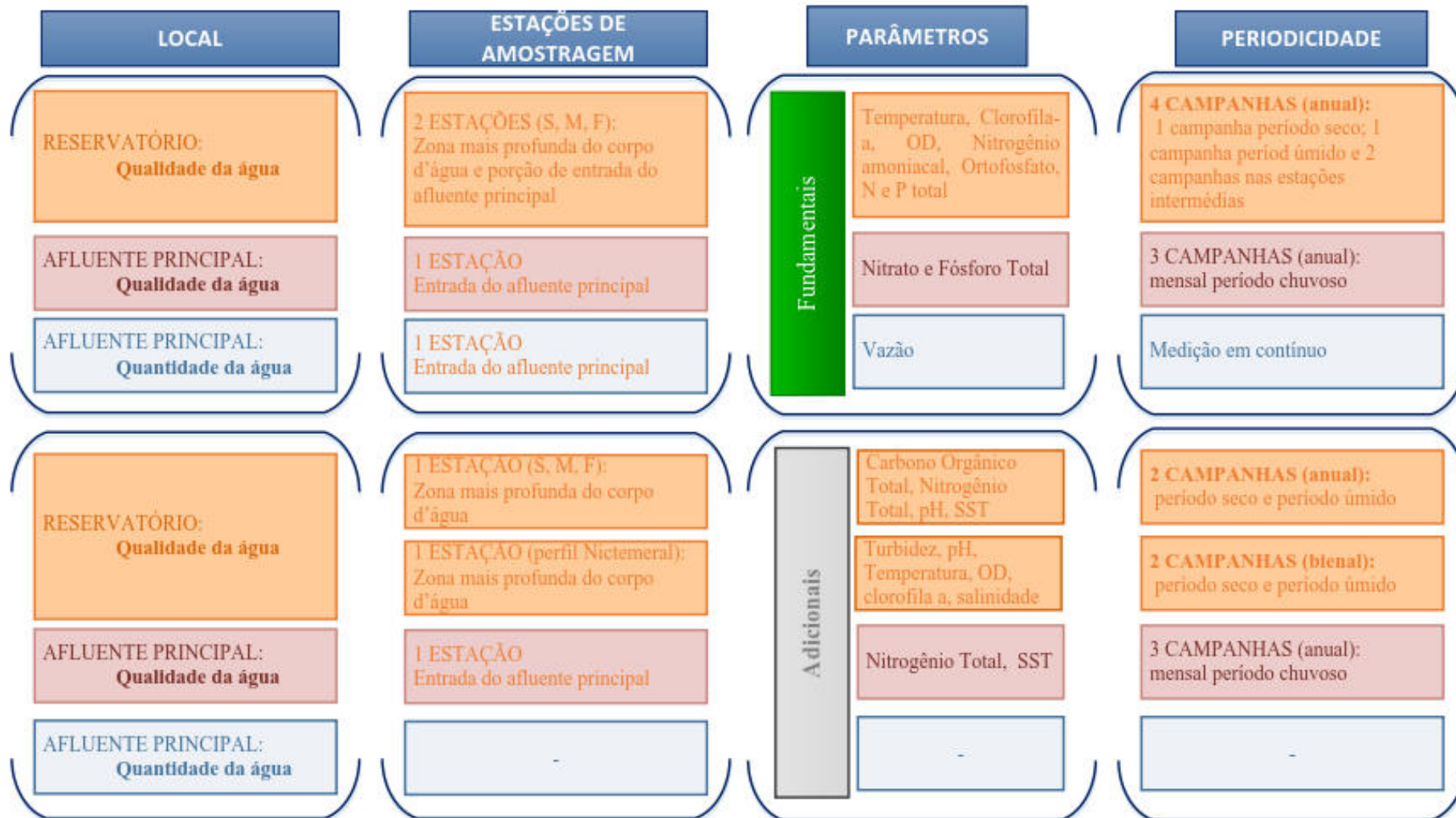


Perfil longitudinal de concentração de Nitrato no Açude Araras no dia 06 de Agosto de 2007 , às 12h (período seco).

Diagrama de Implementação da Metodologia Integrada



Programa de Monitoramento para Modelagem



Simulações:

Cenário 1 – Alterações às Cargas Poluentes na Bacia

Cenário 1:

- Aumento de cargas pontuais (relativas a descargas de estações de tratamentos de água ou efluentes de fonte diversa (Pacoti))
- Aumento das cargas difusas (associadas às cargas de nutrientes provenientes da agricultura nas diferentes parcelas espalhadas pela bacia hidrográfica, que acabam por escorrer sub/superficialmente até aos rios.

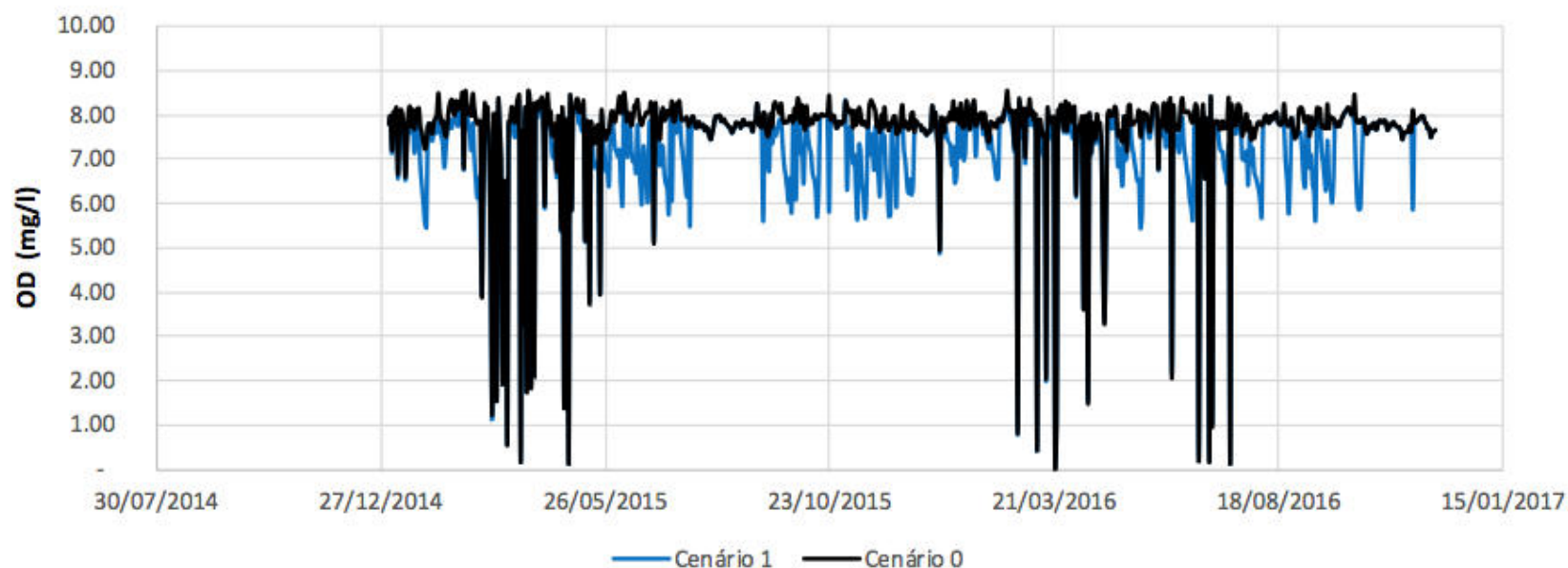


Figura 4.15 – Série temporal da concentração de oxigênio dissolvido simulada no Rio Pacoti: cenário 0 e cenário 1.

Simulações:

Cenário 1 – Alterações às Cargas Poluentes na Bacia

Cenário 1:

- Aumento de cargas pontuais (relativas a descargas de estações de tratamentos de água ou efluentes de fonte diversa (Pacoti))
- Aumento das cargas difusas (associadas às cargas de nutrientes provenientes da agricultura nas diferentes parcelas espalhadas pela bacia hidrográfica, que acabam por escorrer sub/superficialmente até aos rios.

Tabela 4.2 – Resumo das concentrações de oxigênio dissolvido e de nutrientes simuladas no rio Pacoti para os cenários 0 e 1.

		Oxigênio Dissolvido (mg/l O ₂)	Amônia (mg/l)	Nitrato (mg /l)	Fósforo dissolvido (mg/l)	Fósforo orgânico (mg/l)
Média	Cenário 0	7.601	0.031	2.104	0.010	0.016
	Cenário 1	7.179	0.311	2.445	0.377	0.062
Máximo	Cenário 0	8.550	0.135	52.100	0.187	0.990
	Cenário 1	8.460	2.350	52.100	6.070	1.350

Simulações: Cenário 2 – Alterações na Precipitação na Bacia

Cenário 2:

- Aumento no volume de precipitação na bacia hidrográfica, tendo reflexo direto nas vazões e qualidade da água nos rios. Admitiu-se que no ano de 2016 (ano seco) choveria o mesmo que no ano de 2002 (ano úmido), ou seja, aproximadamente mais 1000 mm de precipitação na estação pluviométrica de Guaramiranga

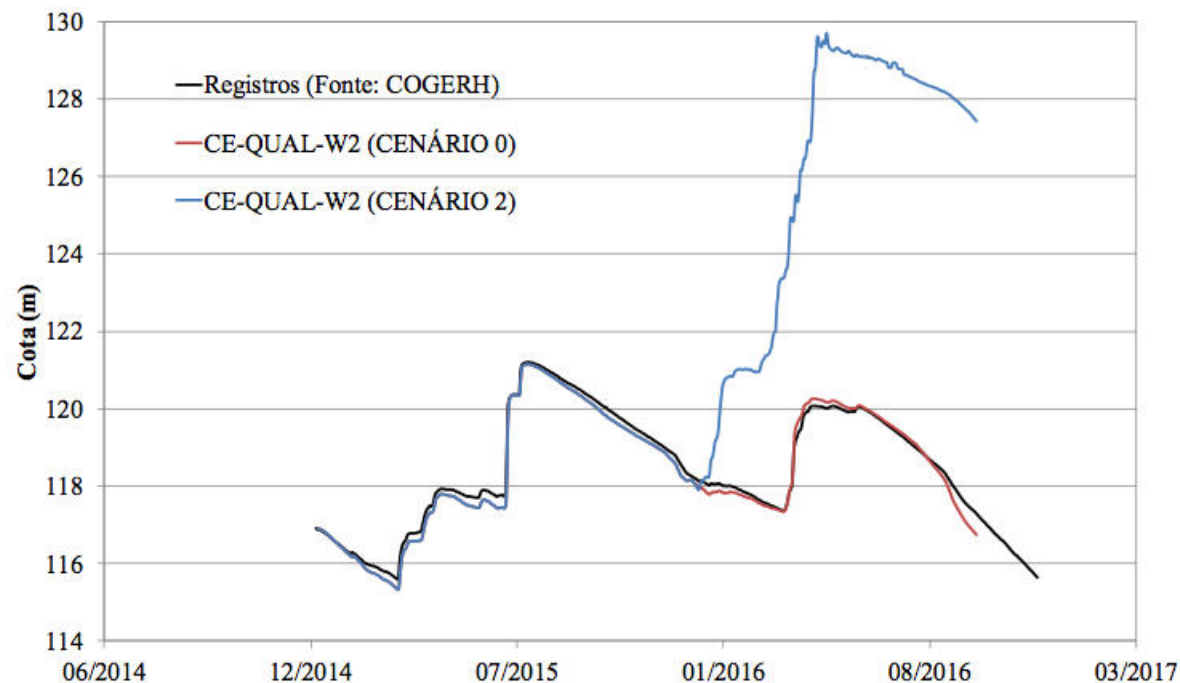


Figura 4.18 – Comparação das cotas simuladas pelo CE-QUAL-W2 (cenário 0 e cenário 2) e registradas no Açude Acarape do Meio.

Simulações: Cenário 2 – Alterações na Precipitação na Bacia

Cenário 2:

- Aumento no volume de precipitação na bacia hidrográfica, tendo reflexo direto nas vazões e qualidade da água nos rios. Admitiu-se que no ano de 2016 (ano seco) choveria o mesmo que no ano de 2002 (ano úmido), ou seja, aproximadamente mais 1000 mm de precipitação na estação pluviométrica de Guaramiranga

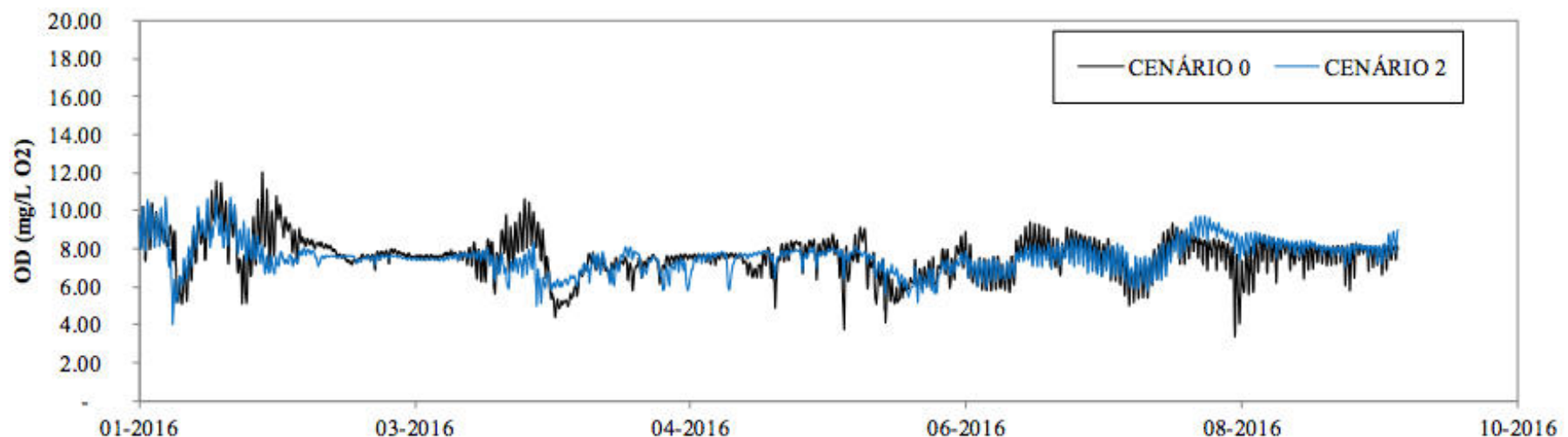


Figura 4.19 – Série temporal de oxigênio dissolvido à superfície da coluna d'água no Açude Acarape do Meio no ponto de monitoramento ACA-09: cenário 0 e cenário 2.

Integração de Metodologias de Monitoramento e Modelagem: Impactos na Gestão dos Recursos Hídricos

