



# **PROJETO BÁSICO COM DETALHAMENTO CONSTRUTIVO DOS MOLHES DE FIXAÇÃO DA BARRA DO RIO ARARANGUÁ, MUNICÍPIO DE ARARANGUÁ (SC)**

## **MODELAGEM NUMÉRICA DE ALTERNATIVAS - ANÁLISE DOS EFEITOS NOS PADRÕES DE INTRUSÃO SALINA (PRODUTO ADICIONAL)**

### **1. INTRODUÇÃO**

O estuário do Rio Araranguá apresenta em parte do tempo estrutura de estratificação vertical da coluna d'água. Este fenômeno é induzido por gradientes de densidade associados a penetração de cunha salina junto ao fundo do rio, em direção a porção montante do estuário. De acordo com Althoff (2003) a influência da salinidade pode chegar a 45km da foz do Rio Araranguá. Esta salinidade atinge as lavouras de arroz irrigado ao longo da bacia do Rio Araranguá, afetando aproximadamente 300 agricultores (KLEVESTON & SOARES, 2011).

De acordo com KLEVESTON & SOARES (2011), estes problemas envolvendo salinidade são mais críticos nas proximidades da foz do rio junto ao Oceano Atlântico, diminuindo gradativamente a montante. Mesmo o arroz irrigado possuindo um tolerância moderada a salinidade, altas concentrações de sais dissolvidos na água de irrigação pode causar toxidez às plantas. Salinidades na faixa de 2 UPS (unidade padrão de salinidade) causam um redução de aproximadamente 50% na produção agrícola.

KLEVESTON & SOARES (2011) reporta que efeitos de salinidade no últimos 30 anos durante épocas críticas para a irrigação têm ocorrido em anos eventuais, especialmente entre o final de outubro e final de dezembro, período de preparo do solo e semeadura. A ocorrência de valores de salinidade considerados elevados leva a suspensão da irrigação pelos agricultores, afetando a produtividade. Salienta-se que na fase reprodutiva, que inicia em Janeiro, não têm sido observados problemas em relação a concentração de sais nos pontos de captação de água para irrigação.

CPE (2011) realizou um estudo de modelagem numérica de intrusão salina no estuário do Rio Araranguá. Os resultados deste estudo indicaram que a implementação da obra de fixação e aprofundamento da foz do Rio Araranguá altera os padrões de intrusão salina no estuário. Nas condições atuais (desconsiderando a fixação e aprofundamento da foz do rio), a porção do rio próxima à foz apresenta profundidades inferiores em relação a porção montante do estuário.

Os resultados das simulações numéricas indicaram que esta região mais rasa age como uma barreira à intrusão da água salgada de influência marinha. Desta forma, o aprofundamento da porção do rio próxima à desembocadura favorece a intrusão da água salgada junto ao fundo do rio, resultando em um aumento da salinidade no interior do estuário em relação a condição atual.

O presente documento apresenta os resultados do estudo de modelagem numérica de intrusão salina com maior detalhamento nos pontos de captação de água para irrigação da cultura de arroz. Busca-se definir de forma mais objetiva os efeitos da fixação e aprofundamento da foz do Rio na cultura do arroz irrigado.

## 2. CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO

### CENÁRIO ATUAL

No cenário atual, a posição da desembocadura do Rio Araranguá está situada na extremidade nordeste, com o canal paralelo à linha de costa. O mapa batimétrico associado ao cenário atual é apresentado na Figura 1.

### ALTERNATIVA - PROJETO CPE (Com o canal da antiga desembocadura fechado)

O cenário Alternativa corresponde ao arranjo estrutural do projeto desenvolvido pela Coastal Planning e Engineering do Brasil (CPE-b, 2011) apresentado na **Error! Reference source not found.** O canal de navegação possui profundidade de 5 m. De acordo com CPE-b (2011), o canal antigo será naturalmente fechado após a abertura do novo canal proposto. Sendo assim, uma estrutura impermeável foi adicionada na configuração do modelo para reproduzir o efeito do fechamento do canal, impedindo o fluxo hidrodinâmico através da antiga desembocadura. Nas demais áreas, a batimetria é idêntica à utilizada no cenário atual.

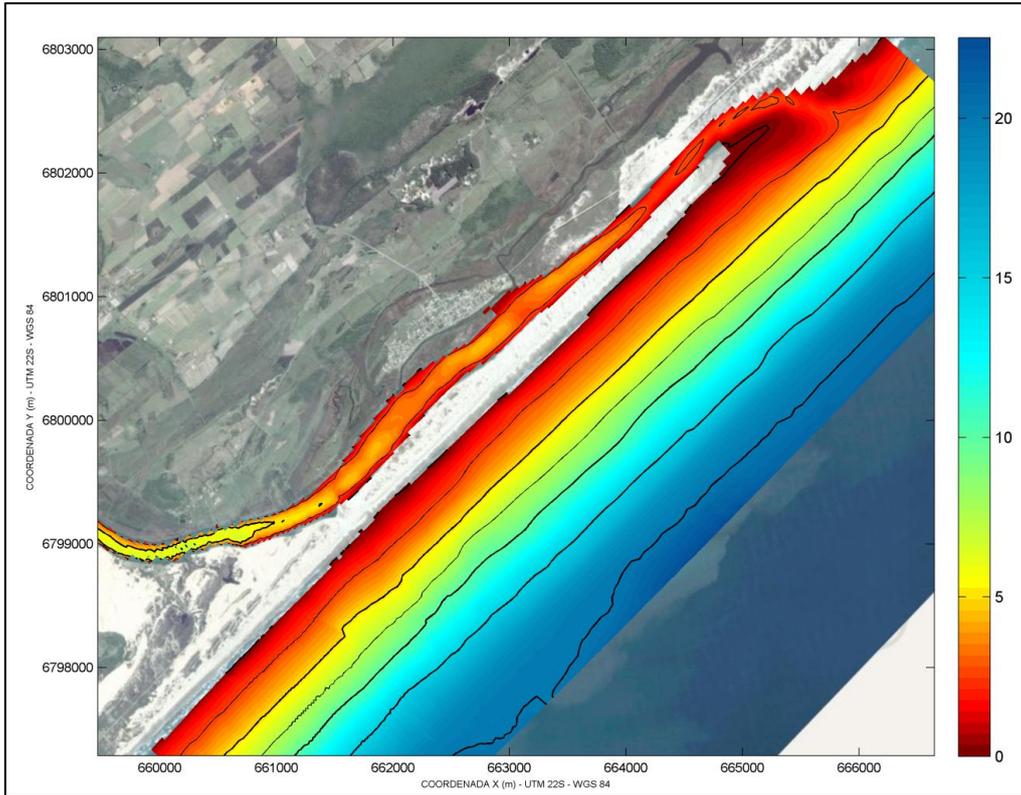


Figura 1: Cenário Atual. Batimetria em metros (MSL).

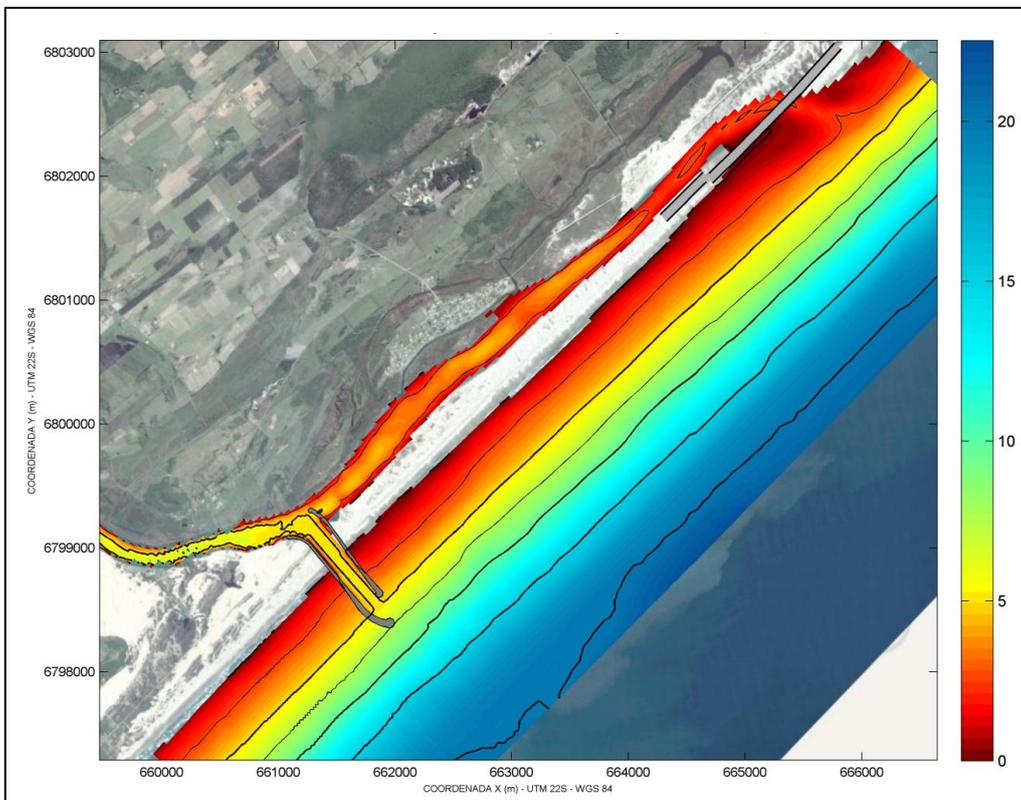


Figura 2: Alternativa. Estruturas de fixação, e barreira hidrodinâmica representadas pelos polígonos em cinza. Batimetria em metros (MSL).

### 3. MODELAGEM NUMÉRICA

A modelagem numérica foi executada utilizando o modelo *Delft3D*, desenvolvido pela *Deltares*, em Delft, Holanda e utilizou os mesmos parâmetros descritos previamente em CPE-a (2011). As condições forçantes das simulações estão igualmente descritas em CPE-a (2011).

Os pontos de captação de água do Rio Araranguá para irrigação da cultura do arroz, levantados pela empresa Acquaplan, são apresentados na Figura 3.

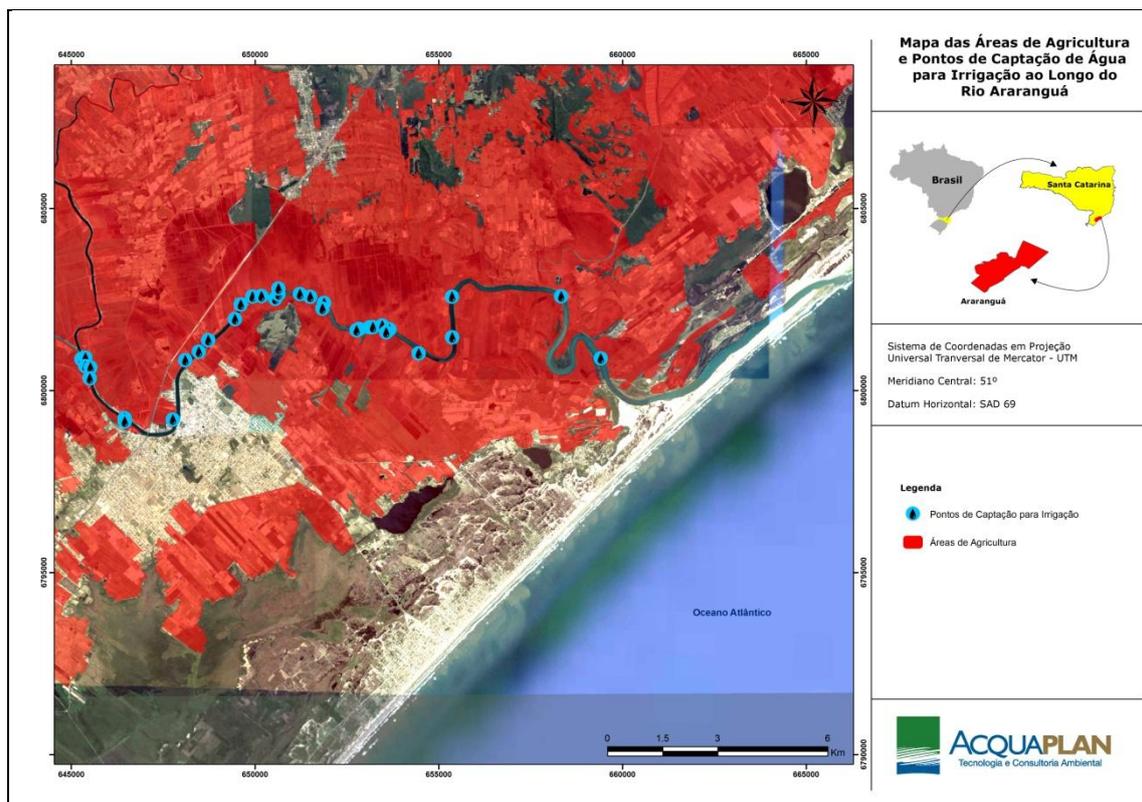


Figura 3: localização dos pontos de captação de água para irrigação.

Resultados das simulações numéricas de intrusão salina foram extraídos nos pontos apresentados na Figura 4. Desta forma se faz possível a análise dos padrões de intrusão salina ao longo do estuário considerando os diferentes cenários simulados.

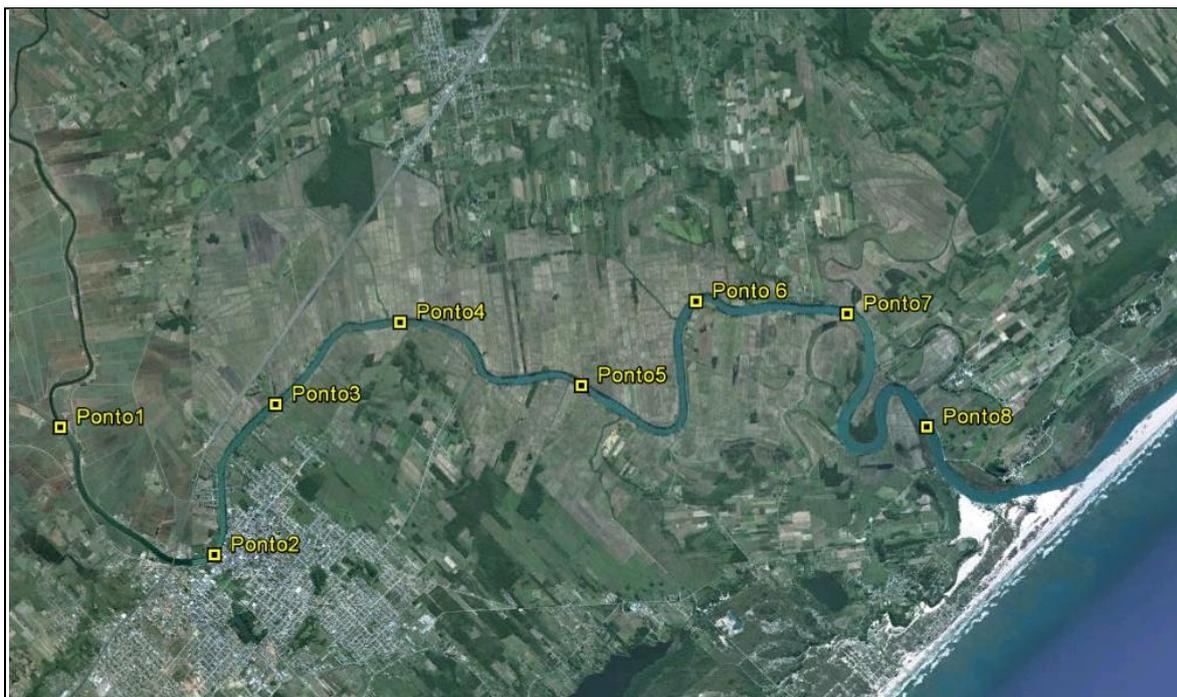


Figura 4: Pontos definidos para a análise dos resultados das simulações numéricas (imagem: Google Earth).

As simulações numéricas incluídas nesta análise consideraram os dois cenários batimétricos/estruturais definidos no item "Cenários de Simulação".

Durante períodos de estiagem, quando os valores de vazão fluvial são relativamente baixos, há uma maior intrusão salina do mar em direção ao interior do estuário. O modelo numérico foi forçado com descarga líquida total (Rio Itoupava, Mãe Luzia e Manuel Alves) de  $3,52\text{m}^3/\text{s}$ . Este valor de descarga fluvial é o mais baixo entre os valores considerados em CPE-a (2011). Sendo assim, os resultados apresentados a seguir representam uma condição crítica em relação à intrusão salina no estuário do Rio Araranguá.

O modelo ainda foi forçado com marés, sendo o período analisado de 14 dias (que incluí condição de marés de sizígia e quadratura).

#### 4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

A seguir são apresentados os resultados das simulações considerando os diferentes cenários batimétricos/estruturais. A Figura 5 apresentada mapas de salinidade superficial ao longo da

área de estudo.

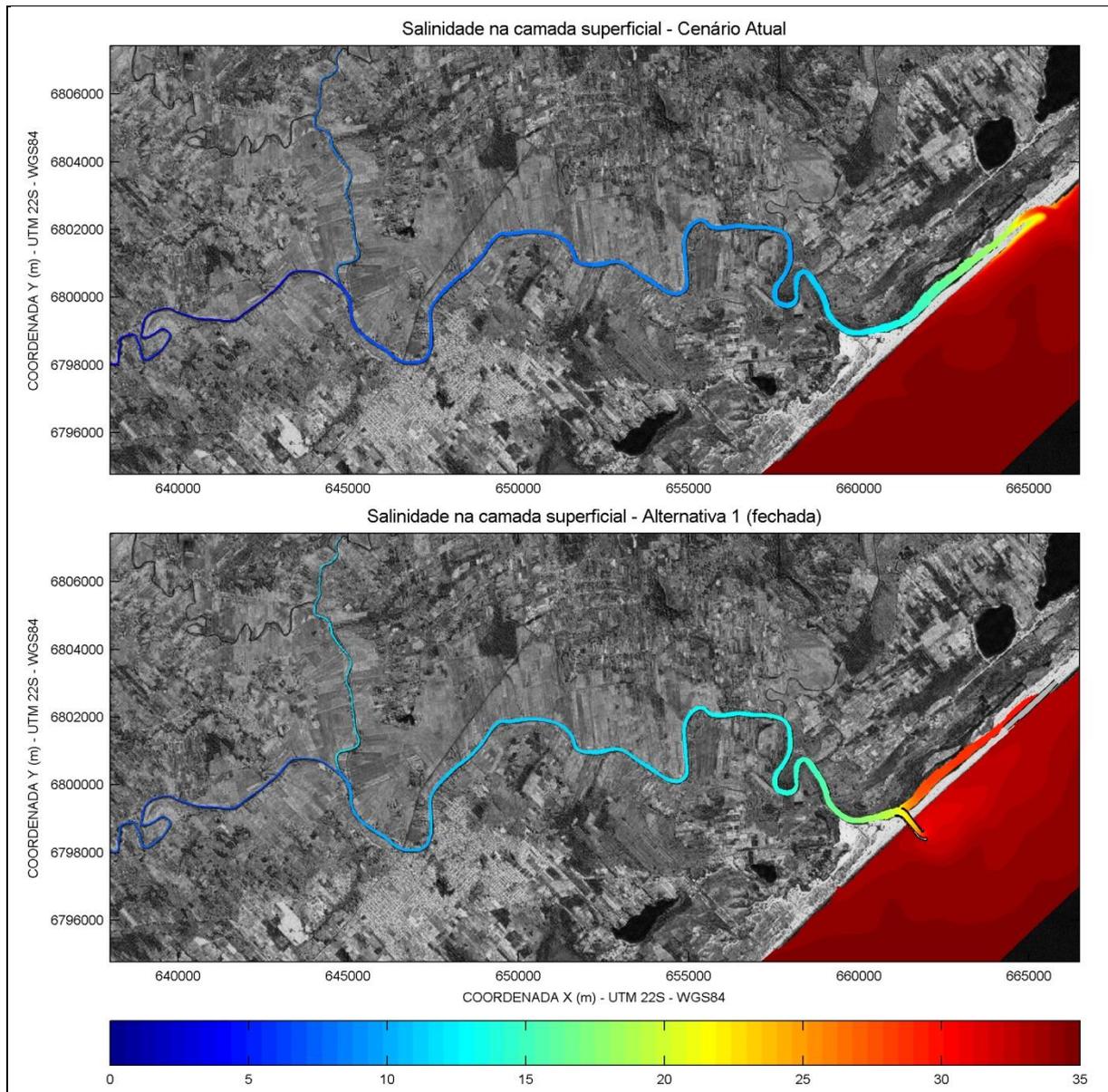


Figura 5: Mapas de salinidade superficial ao longo da área de estudo - Vazão fluvial considerada: 3,52 m<sup>3</sup>/s. Painel superior: cenário atual; painel inferior: cenário Alternativa 1. Os mapas estão associados ao mesmo instante de simulação.

Na Tabela 1 são apresentados os valores mínimos, médios e máximos de salinidade durante 14 dias de simulação (marés de sizígia e quadratura) considerando a descarga líquida total de 3,52 m<sup>3</sup>/s. Resultados são associados a cada ponto de controle (Figura 4) e a cada cenário batimético/estrutural proposto.

Tabela 1: Valores de salinidade junto a superfície do Rio Araranguá ao longo dos pontos de controle.  
Vazão fluvial: 3,52 m<sup>3</sup>/s.

Pontos	Salinidades (UPS)					
	Atual			Alternativa 1 (fechada)		
	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima
#1	4,3	5,9	7,0	6,9	8,8	10,2
#2	5,8	6,9	7,6	8,7	10,0	10,9
#3	6,2	7,2	7,9	9,1	10,4	11,2
#4	6,6	7,5	8,1	9,5	10,7	11,6
#5	6,9	7,9	8,7	10,1	11,3	12,3
#6	7,6	8,6	9,3	10,8	12,1	13,1
#7	8,1	9,0	10,0	11,4	12,6	13,7
#8	9,2	11,1	13,2	13,2	15,6	18,2

Os valores de salinidade apresentados na **Error! Reference source not found.** indicam mudanças nos valores de salinidade associadas a implementação da obra junto à embocadura do sistema (cenário Alternativa). Estes resultados estão associados às simulações conduzidas com vazão fluvial igual a 3,52m<sup>3</sup>/s. Esta descarga líquida é extremamente baixa, caracterizando períodos de estiagem crítica. Nota-se que os valores de salinidade aumentam de montante para jusante em ambos os cenários batimétricos/estruturais considerados. A salinidade mínima observada nestas simulações foi de 4,3 PSU (cenário atual, ponto 1), valor que já impossibilitaria a utilização da água do rio para a irrigação.

Ressalta-se que a descarga do Rio Araranguá possui alta variabilidade temporal, e por consequência, a salinidade nos pontos de captação de água também apresenta variação temporal. Nas simulações numéricas foi considerado um valor de vazão fluvial, que permaneceu constante ao longo das simulações. Os resultados do estudo não são uma previsão direta do que ocorrerá após a implementação da obra. Ao contrário, eles devem ser analisados e interpretados de modo a identificar as mudanças nos padrões de intrusão salina e levantar/quantificar possíveis impactos associados a obra proposta na desembocadura.

Em KLEVESTON & SOARES (2011) são citadas técnicas para minimizar os problemas da irrigação da cultura do arroz em função da salinização das águas do Rio Araranguá: 1) não usar água salina na irrigação; 2) regularização da vazão do Rio Araranguá; 3) construção de reservatórios; 4) acumular água e evitar drenagem; 5) adequar épocas de semeadura; 6) construção de comportas; 7) semeadura em solo seco; 8) monitoramento climático.



## 5. REFERÊNCIAS

ALTHOFF, D. A., 1992. Classificação de águas de alguns mananciais do Sul de Santa Catarina, para fins de irrigação. Florianópolis: EPAGRI, 30 pp.

CPE (a) – COASTAL PLANNING AND ENGINEERING, 2011. Projeto básico com detalhamento construtivo dos molhes de fixação da barra do Rio Araranguá, município de Araranguá (SC) - Modelagem Numérica de Alternativas - Análise dos Efeitos nos Processos de Intrusão Salina. 90 pp.

CPE (b) – COASTAL PLANNING AND ENGINEERING, 2011. Projeto básico com detalhamento construtivo dos molhes de fixação da barra do Rio Araranguá, município de Araranguá (SC) - Produto VIII: Dimensionamento e concepção da obra – modelagem numérica de alternativas. 66 pp.

KLEVESTON, R.; SOARES, A. S., 2011. Parecer sobre a Salinidade do Rio Araranguá e suas Implicações para a Cultura do Arroz Irrigado. Araranguá: EPAGRI, 5 pp.