

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

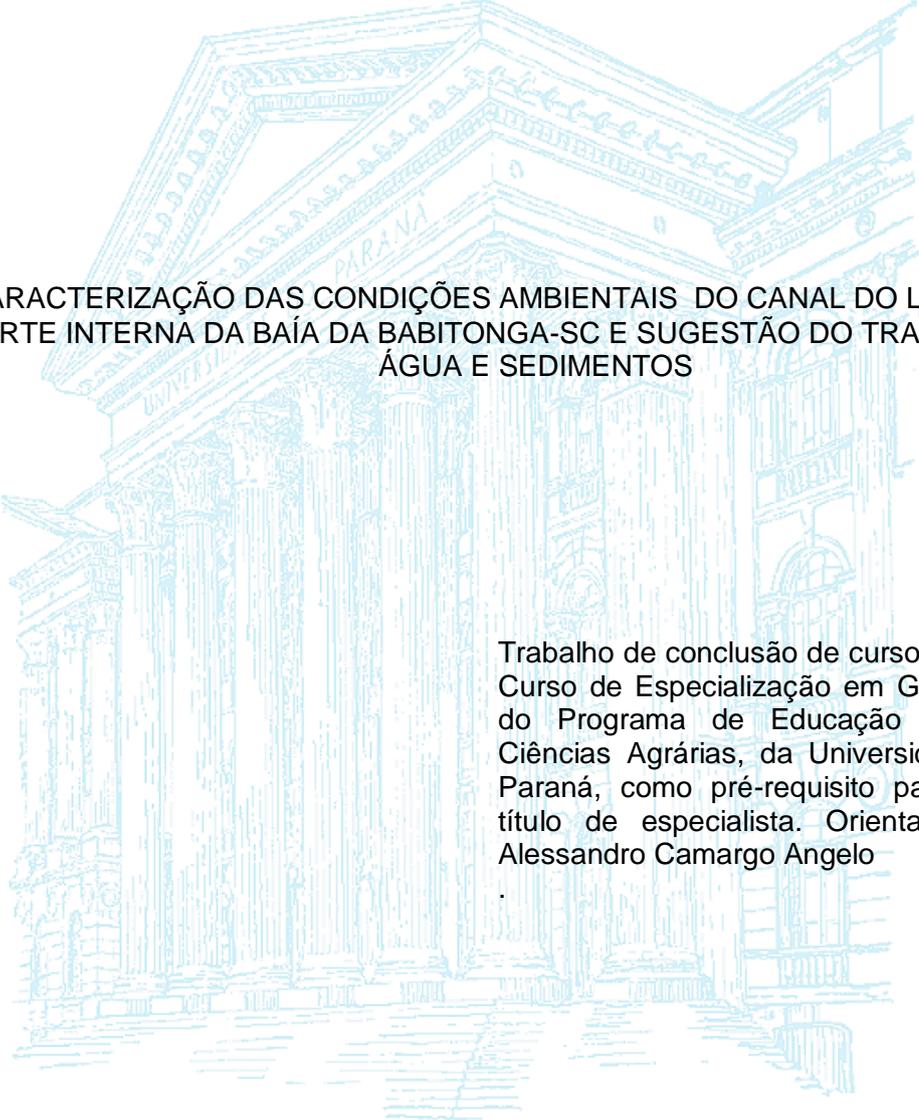
NORBERT FRANCISKI

CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO CANAL DO LINGUADO NA  
PARTE INTERNA DA BAÍA DA BABITONGA-SC E SUGESTÃO DO TRATAMENTO DA  
ÁGUA E SEDIMENTOS

CURITIBA  
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NORBERT FRANCISKI



CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO CANAL DO LINGUADO NA PARTE INTERNA DA BAÍA DA BABITONGA-SC E SUGESTÃO DO TRATAMENTO DA ÁGUA E SEDIMENTOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Gestão Ambiental, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista. Orientador : Prof. Dr. Alessandro Camargo Angelo

CURITIBA  
2017

## RESUMO

Esse estudo teve como objetivo caracterizar as condições ambientais do Canal do Linguado na parte interna da Baía da Babitonga, estudar as possibilidades de reabertura do aterro do canal e oferecer uma alternativa para melhorá-las no caso da não reabertura do aterro. Restabelecer a profundidade, melhorar a qualidade da água do Canal do Linguado. Para alcançar esses objetivos sugiro a retirada dos sedimentos acumulados durante décadas e o tratamento da água da Baía da Babitonga em uma estação de tratamento, seguindo as diretrizes das Resoluções CONAMA 274, de 29/11/2000; 357, de 18/05/2005 e 454, de 01/12/2012. Como resultado o Canal do Linguado terá uma profundidade média de 4 metros, a classificação da água que hoje é de água salobra de classe 2 e imprópria para balneabilidade mudará para água salobra de classe 1 e própria e muito boa para balneabilidade, melhorar as condições ambientais para a restauração da biota, permitir o ressurgimento da pesca artesanal e atividades de lazer, consequentemente preservar os manguezais e espécies criticamente ameaçadas de extinção na região. O lodo tratado no final do processo pode ser utilizado para a reabilitação de áreas degradadas. Esse procedimento pode ser utilizado para remoção e tratamento do lodo de toda Baía da Babitonga.

Palavras-chave: Retirada de sedimentos, classificação e tratamento da água

## **ABSTRACT**

This study aimed to characterize the environmental conditions of the Canal do Linguado in the interior of the Bay of Babitonga, study the possibilities of reopening the canal landfill and offer an alternative to improve them in the case of non-reopening of the landfill. Restore the depth, improve the water quality of the Channel of the Linguado. To achieve these goals, I suggest the removal of the sediments accumulated over the decades and the treatment of the Babitonga Bay water in a treatment plant, following the guidelines of CONAMA 274 Resolutions, of 11/29/2000; 357, from 05/18/2005 and 454, from 01/12/2012. As a result the Canal do Linguado will have an average depth of 4 meters, the classification of water that today is brackish water class 2 and improper for bathing will change to brackish water class 1 and very good for bathing, improve environmental conditions for the restoration of the biota, allow the resurgence of artisanal fishing and leisure activities, consequently preserve the mangroves and species critically endangered in the region. The treated sludge at the end of the process can be used for the rehabilitation of degraded areas. This procedure can be used for the removal and treatment of sludge from the entire Bay of Babitonga.

Keywords: Sediment removal, classification and treatment of water

## LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Baía da Babitonga.....	07
Figura 2 - Vista da Parte Norte ao Aterro do Canal do Linguado.....	14
Figura 3 - Vista da Parte Norte ao Aterro do Canal do Linguado.....	14
Figura 4- Fluxograma da Estação de Tratamento.....	20
Figura 5 - Batimetria do Canal do Linguado.....	23
Figura 6 - Determinação dos Pontos de Aferição e da Estação de Tratamento.....	24

## LISTAS DE TABELAS

TABELA 1 - Cenários de Abertura do Canal do Linguado.....	09
TABELA 2 - Tempos de residência estimados.....	09
TABELA 3 - Parâmetros da Qualidade da Água da Baía da Babitonga e das Classes 2 e 1 de Água Salobras Conforme a Resolução CONAMA 357.....	17
TABELA 4 - Características Ambientais do Canal do Linguado na Parte Norte ao Aterro.....	21
TABELA 5 - Caracterização Hidrodinâmica do Canal do Linguado na Parte Norte ao Aterro.....	22
TABELA 6 – Colimetria.....	25

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>07</b>
<b>1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....</b>	<b>07</b>
<b>1.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3 OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>1.4 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>18</b>
<b>2 MATERIAL E MÉDODOS.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>3 CONCLUSÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>29</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A Baía da Babitonga está localizada entre as coordenadas geográficas 26° 02' - 28° 28' S e 48° 28' - 48 50' W possui um complexo hídrico de 1400 km<sup>2</sup> (KNIE, 2003). Apresenta profundidade média de 6 metros e volume aproximado de  $7,8 \times 10^8$  m<sup>3</sup> de água (UNITERMOS, 2000). No seu interior é possível identificar várias ilhas. Devido ao fenômeno da maré pode ter renovação de até 20% do seu volume de água.

Figura 1 - Baía da Babitonga.



Fonte: Google Maps (2017).

Com a consolidação do aterro do Canal do Linguado, ocorreram imediatas modificações nas características hidrodinâmicas e sedimentares da Baía da Babitonga, que vêm sofrendo acelerado processo de assoreamento e poluição nos últimos anos (BORDERES; DE OLIVEIRA; CARVALHO, 2003).

No final dos anos 70 e início dos anos 80 devido aos problemas ambientais, que surgiram após à construção do aterro, estudos para a reabertura do mesmo foram realizados pela Petrobrás e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH).

Em 1979 a Petrobrás sugeriu a abertura de um canal de 100 metros de largura por até 20 metros de profundidade.

Em 1984 o INPH elaborou um plano de trabalho, com especificações técnicas e valores de custeio referentes à execução dos serviços de campo propostos para subsidiar a execução do projeto de reabertura do Canal do Linguado e fixação de sua barra. Em 1985 o INPH apresentou o documento “Relatório de análise das alternativas de reabertura do Canal do Linguado conjugado com melhorias de sua barra”, realizando 18 simulações a partir de diferentes alternativas de abertura, buscando identificar aquela que apresentasse os menores valores de velocidade média na barra e um menor número de casas inundadas. Também em 1985 o INPH apresentou o documento “Estudos de reabertura do Canal do Linguado – Relatório de levantamentos topoidrográficos, cadastramento e sondagens”, buscando subsidiar a indicação de alternativas para a reabertura do Canal do Linguado, para a fixação de Barra Sul e para a análise das consequências advindas da reabertura pretendida. Em 1986 a Associação de Preservação e Equilíbrio do Meio Ambiente de Santa Catarina (APREMA) apresentou o documento “Relatório sobre os impactos ambientais no ecossistema estuarino do Canal do Linguado”, como contribuição à proposta de reabertura da SETENGE, empresa contratada pela Secretaria de Transportes e Obras de Santa Catarina que propunha a abertura de um canal escavado na rocha da Ilha do Linguado.

O Ministério Público Federal, por meio de uma ação civil pública solicitou à União Federal, promover e custear a elaboração de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) da área da Baía da Babitonga e do Canal do Linguado, procurando analisar os efeitos causados pelo fechamento do canal e pela sua eventual reabertura. O estudo foi

realizado pelo Instituto Militar de Engenharia, Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE), Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH), Danish Hydraulic Institute (DHI), que resultou no livro Diagnóstico Ambiental da Baía da Babitonga, 2006.

O estudo do Diagnóstico Ambiental da Babitonga propôs vários cenários de abertura do aterro, conforme tabela 1

Tabela 1 - Cenários de Abertura do Canal do Linguado.

Cenários	Remoção do Aterro		Dragagem no Aterro		Dragagem na Barra do Sul
	Norte	Sul	Norte	Sul	
A	-	-	-	-	-
B	X	-	X (3 m)	-	X (1,5 m)
C	X	-	X (3 m)	-	X (3 m)
D	-	X	-	X (4 m)	-
E	X	X	X (4 m)	X (4 m)	-
F	-	X	-	X (4 m)	X (2,5 m)
G	X	X	X (4 m)	X (4 m)	X (2,5 m)

Fonte: Diagnóstico Ambiental da Baía da Babitonga (2006).

Foi utilizado o modelo matemático *software* MIKE 21, desenvolvido pelo DHI – Water & Environment, a partir dos dados de campo obtidos. O tempo de residência, que corresponde a quantidade de média de tempo que uma partícula reside em um sistema particular, considerando a diferença dos níveis médios entre a boca da Baía da Babitonga e a boca do Canal do Linguado igual a zero, constam na tabela 2.

Tabela 2 - Tempos de residência estimados.

Troca (%)	Tempo de residência (dias)			
	A	E	F	G
50,0	31	29	28	28
90,0	116	108	103	102
99,0	237	220	209	208

Fonte: Diagnóstico Ambiental da Baía da Babitonga (2006).

O estudo de estabilidade do Canal do Linguado tem como objetivo, desenvolver critérios para dimensionar os canais a serem dragados após uma possível remoção do aterro, a fim de encontrar uma seção transversal ótima

(largura e profundidade), que seja geometricamente estável e requeira intervenções humanas mínimas. A abertura do aterro no seu contorno norte, por sofrer influência da maré que entra pela Baía da Babitonga, mostra efeito pequeno para resolver o problema da remoção de sedimentos. A velocidade mínima de escoamento para iniciar e manter o transporte de sedimentos no canal depende das características dos sedimentos. Os cálculos realizados com o modelo de transporte de sedimentos do DHI, chamado LITPACK, indicam que a velocidade mínima de escoamento para manter o transporte de areias finas (com um tamanho médio de grão de 0,10 mm) é da ordem de 0,5 m/s. Essa ordem de magnitude é confirmada em outras aplicações feitas para problemas similares. Os estudos revelam que a melhor solução é a abertura de um canal no aterro sul, com 75 metros de comprimento e 150 metros quadrados de área. Isto significa dragar 2 metros de profundidade próximo ao aterro.

A abertura do Canal do Linguado, mitiga impactos ambientais, como remoção dos sedimentos, recuperação de profundidade, troca de água, porém causa impactos ambientais negativos no Balneário de Barra do Sul, como inundação de uma área povoada e modificação do canal da barra.

Próximo ao aterro os valores batimétricos foram da ordem de 10 metros, valores esses embasados em relatos de testemunhas e jornais da época, hoje o lodo fica exposto em marés de baixa-mar.

Em análises de sedimentos foi possível observar a presença de contaminantes como o coprostanol, comumente relacionado a descargas de efluentes domésticos (ALEXANDE; M. R., 2011). O coprostanol é utilizado como biomarcador para a presença de matéria fecal humana no meio ambiente. É formado a partir da bio-hidrogenização do colesterol por bactérias no intestino da maioria dos animais e aves superiores.

A variação da maré atinge uma amplitude de 2,3 metros, com duração máxima aproximada de 6 horas, segundo a tábua de marés publicada pela Capitania dos Portos para o Porto de São Francisco do Sul. O clima da região é influenciado pela umidade marítima. A precipitação média anual é de 1.874 mm, com cerca de 180 dias de chuva por ano (GAPLAN, 1986).

A temperatura apresenta uma média anual de 20,3 °C, sendo o mês mais frio o de julho, com temperatura média de 16,5 °C. O clima na região

caracteriza-se por ser mesotérmico e não apresentar uma estação seca definida, com verões quentes (tipo climático Cfa, segundo a classificação de Köppen) (GAPLAN, 1986).

Os ventos na região são um fator importante devido à influência que exercem sobre a maré observada (maré meteorológica) em relação à tábua de maré (maré astronômica). Dessa forma, podem ocasionar a elevação ou o abaixamento do nível da água e o atraso ou o adiantamento dos instantes de ocorrência das baixa-mares ou preamares. Os ventos predominantes provêm do quadrante norte, e os mais intensos, do quadrante sul (GAPLAN, 1986).

## 1.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Canal do Linguado localizado no estado de Santa Catarina, nas coordenadas 26° 02' - 26° 28' S e 48° 28' - 48° 50' W, parte integrante da Baía da Babitonga, foi fechado para a construção de um ramal ferroviário de ligação ao porto de São Francisco do Sul.

O fechamento do Canal do Linguado começou em 1907, quando foi fechado o canal norte, que liga a Ilha do Linguado (Ilha João Dias) a São Francisco do Sul, com aproximadamente 600 metros de comprimento. Logo a seguir foi feito o fechamento parcial do canal sul, que liga o continente à Ilha do Linguado, com aproximadamente 400 metros de comprimento, sendo que 120 metros permaneceram abertos, onde foi construída uma ponte metálica. Em 1934, devido as condições precárias da ponte, decidiu-se pelo fechamento total do canal, que foi concluído em 1935, transformando a Ilha de São Francisco do Sul em uma península.

Hoje sob o aterro está a linha férrea de acesso ao porto de São Francisco do Sul e a BR 280, Rodovia Governador Luiz Henrique da Silveira, que liga São Francisco do Sul à Dionísio Cerqueira.

Um estuário é uma massa de água costeira semifechada que possui uma ligação livre com o mar aberto (ODUM, 1983). Constitui uma zona de encontro entre águas doces continentais com águas oceânicas. São considerados “berçários da vida marinha” (AVELINE, 1980).

Os manguezais apresentam importantes funções ecológicas na atuação como exportadores de matéria orgânica para cadeias alimentares costeiras adjacentes; na ciclagem e armazenamento de nutrientes; no equilíbrio do fluxo das águas, promovendo a estabilidade da linha costeira; como hábitat propício para muitas espécies (MITSCH; GOSSELINK, 1993; KOLASA; ZALEWSKI, 1995).

A Baía da Babitonga comporta a última grande formação de manguezal do hemisfério sul, constituindo o mais importante do estado de Santa Catarina. No interior da baía é possível encontrar espécies ameaçadas de extinção. Dentre elas, destacam-se o mero, a toninha e o boto cinza.

O mero, *Ephinephelus itajara*, é o maior dos representantes da família Serranidae no Atlântico, podendo chegar à massa máxima de

aproximadamente 455 kg. A vegetação de manguezal na interface com a água do estuário e vegetação de Mata Atlântica (Floresta Ombrófila) é um ambiente propício à espécie. Raízes dos manguezais são adequados para os jovens meros e outros peixes e crustáceos se protegerem nas fases iniciais da vida. O mero se enquadra na Portaria 445, no Diário Oficial da União, de 17 de dezembro de 2014, como animal Criticamente em Perigo de Extinção.

A toninha, *Pontoporia blainvillei*, é o golfinho mais ameaçado de todo o Atlântico Sul Ocidental. A Baía da Babitonga abriga uma população de aproximadamente 50 indivíduos dessa espécie. A toninha se enquadra na Portaria 444, no Diário Oficial da União, de 17 de dezembro de 2014, como animal Criticamente em Perigo de Extinção.

Boto cinza, *Sotalia guianensis*, é encontrado geralmente em águas costeiras protegidas, estuários e baías, se enquadra na Portaria 444, no Diário Oficial da União, de 17 de dezembro de 2014, como animal Vulnerável de Extinção.

A área da Baía da Babitonga que é objeto desse estudo é margeada pelos municípios de São Francisco do Sul, Itapoá, Garuva, Araquari e Joinville. A população no entorno da Baía da Babitonga é de cerca de 600 mil habitantes.

Esgotos domésticos, metais pesados, pesticidas e os derivados de hidrocarbonetos são os principais responsáveis pelo impacto detectado em vários ambientes, sendo esses agentes fontes de preocupação para as zonas costeiras (UNESCO, 1983; 1992). No interior da Baía da Babitonga se encontra o maior polo industrial do estado de Santa Catarina e dois portos.

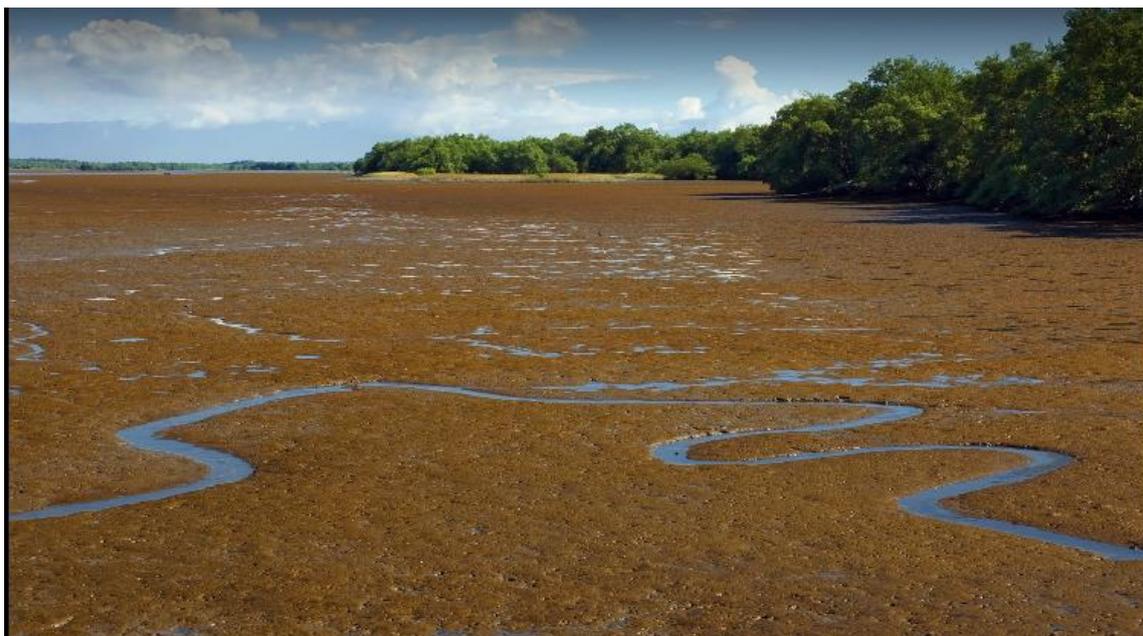
A deposição de material no fundo do Canal do Linguado na parte norte ao aterro, com o passar do tempo, foi tão grande que locais onde um dia teve 10 metros de profundidade, hoje na baixa-mar o lodo fica exposto (CRISTOFOLINI; FOGLIATTO; MOREIRA, 2011), figuras 2 e 3.

Figura 2 - Vista da Parte Norte ao Aterro do Canal do Linguado.



Fonte: Google Maps (2017).

Figura 3 - Vista da Parte Norte ao Aterro do Canal do Linguado.



Fonte: Google Maps (2017).

A ligação da Baía da Babitonga com o oceano é feita através de uma desembocadura com cerca de 1850 metros de largura, entre as praias da Figueira e Pontal do Capri, a maior profundidade é de 19 metros.

Os principais rios que influenciam a Baía da Babitonga são o rio Palmital, o rio Cachoeira, o rio Cubatão e o rio Parati.

O rio Palmital sofre influência das atividades antrópicas dos municípios de Garuva e Joinville. Nele desemboca o rio Cubatão. As indústrias são prioritariamente do ramo metal-mecânico, têxtil e de plásticos, e atividades agrícolas, também recebe esgoto doméstico.

O rio Cachoeira recebe 90% do esgoto doméstico da cidade de Joinville, sem tratamento, além do despejo de efluentes industriais, com carência em seu tratamento.

O rio Parati, recebe influência direta de atividades antrópicas dos municípios de Araquari e Joinville.

### 1.3 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar as condições ambientais do Canal do Linguado na parte norte ao aterro, na Baía da Babitonga – Santa Catarina. Estudar possibilidades para melhorar essas condições. Permitir o retorno da navegabilidade, da pesca artesanal, que é de suma importância para a subsistência de várias comunidades locais, e atividades de lazer.

Foram estudados trabalhos de reabertura do aterro do Canal do Linguado, que realmente mostra ser a melhor solução para resolver o problema. Porém uma decisão do Supremo Tribunal Federal encerrou definitivamente a discussão sobre a reabertura do aterro, que teve duração de 16 anos nos tribunais.

Tendo em vista a necessidade de recuperação dessa área, com os estudos das condições físico-químicas da água e dos sedimentos do Canal do Linguado proponho realizar o tratamento da água e dos sedimentos em uma unidade de tratamento. O valor batimétrico desejado para o canal é de 4 metros.

Hoje a água do Canal do Linguado, parte norte ao aterro, é classificada como água salobra de classe 2 e imprópria para balneabilidade. Com o tratamento que vai ser realizado, o objetivo é reverter a água para a classificação de água salobra de classe 1 destinadas à proteção de comunidades aquáticas, a atividade de pesca, conforme tabela 6 e com os quais o público possa a vir a ter contato direto. E própria e muito boa para a balneabilidade, que podem ser destinadas à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA 274. A água muito boa se adquire quando 80% ou mais em um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver no máximo 500 Coliformes fecais (termotolerantes), ou 400 *Escherichia coli*, ou 50 Enterococos por 100 mililitros.

Tabela 3 - Parâmetros da Qualidade da Água da Baía da Babitonga e das Classes 2 e 1 de Águas Salobras Conforme a Resolução CONAMA 357

Parâmetro	Babitonga	Classe 2	Classe1
Arsênio (As) mg/L		0,069	0,010
Cádmio (Cd) mg/L	0,007	0,040	0,005
Chumbo (Pb) mg/L	0,062	0,210	0,010
Cobre (Cu) mg/L	0,121	0,008	0,005
Cromo (Cr) mg/L	0,033	1,1	0,050
Mercúrio (Hg) mg/L		0,0018	0,0002
Níquel (Ni) mg/L	0,050	0,074	0,025
Zinco (Zn) mg/L	0,018	0,12	0,090
Salinidade ‰	26,4	0,5 a 30,0	0,5 a 30,0
Oxigênio Dissolvido mg/l	7,3	> 4	> 5
Disp. Bio. de Oxigênio (DBO) mg/L	2,70		
PH	7,40	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5
Nitrato mg/L	0,58	0,70	0,400
Nitrito mg/L	0,03	0,20	0,070

Fonte: Tabela modificada pelo autor e Resolução CONAMA 357.

Tratar o lodo do fundo do Canal do Linguado, devolver a água tratada para a Baía da Babitonga. A areia pode ser utilizada na indústria de fundição, e o lodo pode ser utilizado para recuperação de áreas degradadas. O gás metano gerado nos biodigestores de lodo e nos reatores anaeróbios de fluxo ascendente, será utilizado como combustível em geradores de eletricidade para a própria estação de tratamento.

Esse procedimento pode ser realizado para tratar o lodo de toda a Baía da Babitonga, permitir a restauração da biota e a profundidade para melhorar a navegabilidade e diminuir a poluição da Baía.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

A Baía da Babitonga, local de privilegiada beleza cênica, se destaca pela grande diversidade ambiental e cultural. É importante para recursos pesqueiros, maricultura e navegação. Comporta a última grande formação de manguezal do hemisfério sul, constituindo o mais importante do estado de Santa Catarina.

Com o fechamento do Canal de Linguado em 1935, houve modificações hidrodinâmicas imediatas, desenvolvimento populacional e econômico dos municípios do entorno da Baía, efeitos das atividades antrópicas, como o lançamento de esgoto e efluentes industriais e a ocupação de áreas para a habitação, têm se destacado na Baía da Babitonga, principalmente no canal do Linguado, onde apresenta redução acentuada de sua profundidade e acúmulo de poluentes.

Estudos mostram que a melhor alternativa para a mitigação desses efeitos é a reabertura do Canal do Linguado, porém esse assunto foi encerrado com a decisão em última instância pelo Supremo Tribunal Federal, que decidiu pela não abertura do aterro do canal. Para outra solução do problema proponho o presente estudo, para recuperar a profundidade, a qualidade da água, e as condições para a biota do Canal do Linguado na parte norte ao aterro e Baía da Babitonga, e utilizar o lodo tratado para recuperar áreas degradadas.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Construir uma estação de tratamento de esgoto para tratar a água e os sedimentos do Canal do Linguado. A escolha do local da estação de tratamento foi baseada pela localização estratégica e referenciada nos estudos de Estudos de Impactos Ambientais e Relatório de Impacto sobre Meio Ambiente para construção de um estaleiro naval no mesmo local, 26° 30' - 86° 09 'S e 48° 70' - 22° 72' W.

As diretrizes para o material a ser dragado são da Resolução CONAMA-454, de 01 de novembro de 2012. Diretrizes Gerais e Procedimentos Referenciais para Gerenciamento do Material a ser Dragado.

O lodo dragado para a estação de tratamento vai passar pelas seguintes etapas: gradeamento, para retirar os resíduos sólidos; rosca sem fim, para retirar areia; caixa de desareação, para retirar areia; decantador primário, para sedimentar o lodo no fundo e retirar a gordura na superfície. A partir desta etapa o processo se divide em duas partes.

A parte sólida, processa o lodo. O lodo vai para os tanques de lodo, onde vai ser adensado por flotação, para a retirada da água. A próxima etapa é a estabilização do lodo em biodigestores, onde se processa uma degradação biológica e o gás metano produzido será utilizado para produção de eletricidade para a unidade de tratamento. A estabilização é o processo que faz o lodo não apresentar potencial de geração de odores e de atividade de vetores, mesmo quando reunificados. O lodo é transferido para os tanques de acumulação, de onde vai para as prensas para ser desidratado e compactado em forma de tortas. Essas tortas podem ser utilizadas para recuperação de áreas degradadas.

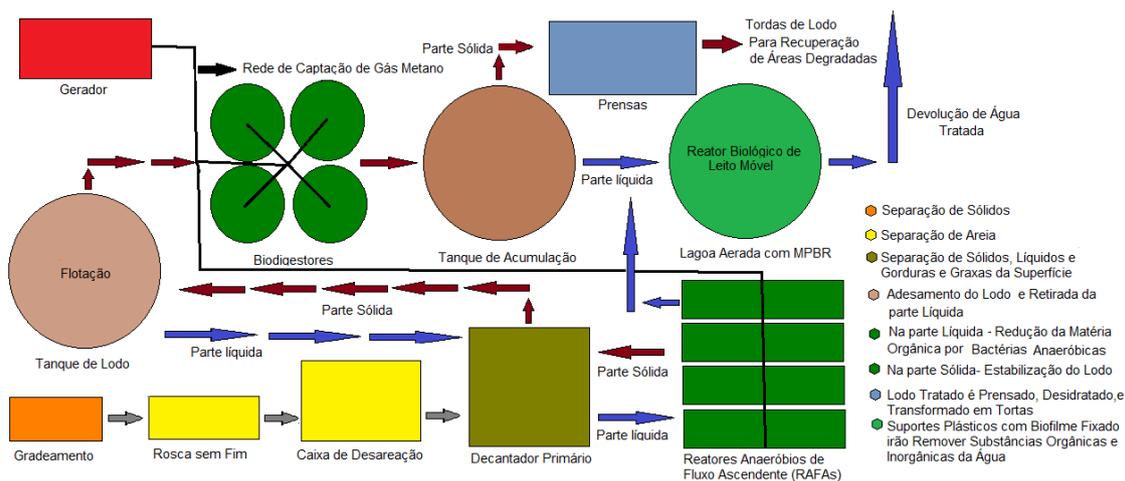
A parte líquida, que vai passar primeiro pelos Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente (RAFAS), onde ocorre uma significativa redução da matéria orgânica, cerca de 60%, através do processo biológico de digestão realizado por bactérias anaeróbicas. O gás metano produzido nos RAFAS também será utilizado para produção de eletricidade para a unidade de tratamento. Após passar pelos RAFAS, a parte líquida é transferida para a lagoa aerada com Reator Biológico com Leito Móvel (MBPR), onde suportes plásticos com biofilme fixado irão remover substâncias orgânicas e inorgânicas da água.

Esses suportes plásticos vão se mover livremente no reator e são desenhados para o crescimento do biofilme. A água tratada vai voltar para a Baía da Babitonga.

O volume aproximado de lodo a ser retirado é de aproximadamente 300 milhões de metros cúbicos, para que a profundidade média do Canal do Linguado na parte norte do aterro fique com 4 metros de profundidade.

A figura 4 mostra o fluxograma da estação de tratamento.

Figura 4- Fluxograma da Estação de Tratamento.



## 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Análises de parâmetros como metais pesados, temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, disponibilidade bioquímica de oxigênio, pH, turbidez, fosfato, nitrato e nitrito, da água e do sedimento são dos de Estudos de Diagnóstico da Baía da Babitonga, 2006. Os valores são resultados das médias das quatro estações do ano. Bem como a análise de colimetria e batimétrica. Os pontos P1, P2 e P3, correspondem respectivamente a foz do rio Parati; próximo a localidade de Caieiras; junto a aterro sul; todos no canal do Linguado na parte pertencente à Baía da Babitonga. Os resultados estão na tabela 4.

Tabela 4- Características Ambientais do Canal do Linguado na Parte Norte ao Aterro

Parâmetros	Sedimento				Água			
	P1	P2	P3	Média	P1	P2	P3	Média
Arsênio (As) mg/kg e mg/L	2,26	3,28	1,68	2,41	-	-	-	-
Cádmio (Cd) mg/kg e mg/L	> 0,05	0,69	0,91	0,80	0,009	0,002	0,011	0,007
Chumbo (Pb) mg/kg e mg/L	4,10	7,01	5,21	5,44	0,058	0,067	0,060	0,062
Cobre (Cu) mg/kg e mg/L	3,89	6,10	5,19	5,06	0,165	0,162	0,037	0,121
Cromo (Cr) mg/kg e mg/L	9,34	14,47	12,06	11,96	0,057	0,040	0,002	0,033
Mercúrio (Hg) mg/kg e mg/L	0,06	0,08	0,04	0,06	-	-	-	-
Níquel (Ni) mg/kg e mg/L	4,39	6,74	4,97	5,37	0,042	0,022	0,087	0,050
Zinco (Zn) mg/kg e mg/L	35,58	51,49	36,05	41,04	0,005	0,020	0,030	0,018
Temperatura superfície °C					24,2	26,2	26,0	25,5
Temperatura Meio °C					20,0	25,0	-	22,5
Temperatura Fundo °C	24,2	24,5	31,0	26,6				
Salinidade Superfície ‰					26,0	29,0	24,7	26,6
Salinidade Meio ‰					26,3	26,0	-	26,2
Salinidade Fundo ‰	25,2	24,6	20,0	23,3				
OD Superfície mg/l					7,12	7,75	6,25	7,0
OD Meio mg/l					8,00	7,00	-	7,5
OD Fundo mg/l	7,00	5,75	5,50	6,1				
Superfície (DBO) mg/L					3,37	1,66	5,00	3,34
Meio (DBO) mg/L					2,00	2,20	-	2,1
Fundo (DBO) mg/L	1,66	2,75	-	2,21				
PH Superfície					7,87	7,37	7,50	7,58
PH Meio					7,33	7,25	-	7,3
PH Fundo	7,37	7,50	7,50	7,46				
Condutividade Superf. Em S/cm					32,25	31,66	33,00	32,30
Condutividade Meio em S/cm					31,60	38,00	-	34,8
Condutividade Fundo em S/cm	32,75	35,50	36,00	34,8				
Turbidez Superfície NATU/FAO					17,50	26,25	20,00	21,25
Turbidez Meio NATU/FAO					16,66	10,00	-	13,3
Turbidez Fundo NATU/FAO	30,00	10,00	-	20,00				

Fosfato Superfície mg/L					0,90	2,40	0,70	1,33
Fosfato Meio mg/L					0,30	1,40	-	0,9
Fosfato Fundo mg/L	1,80	1,30	-	1,55				
Nitrato Superfície mg/L					0,56	0,68	0,75	0,66
Nitrato Meio mg/L					0,50	0,55	-	0,5
Nitrato Fundo mg/L	0,73	0,55	-	0,64				
Nitrito Superfície mg/L					0,04	0,04	0,04	0,04
Nitrito Meio mg/L					0,02	0,02	-	0,02
Nitrito Fundo mg/L	0,01	0,01	-	0,01				

Fonte: Diagnóstico Ambiental da Baía da Babitonga (2006), adaptado pelo o autor.

No estudo de caracterização hidrodinâmica da Baía da Babitonga antes do fechamento parcial e total do Canal do Linguado, utilizando modelagem numérica computacional, apresentou os resultados da tabela 3 para a parte norte do Canal do Linguado.

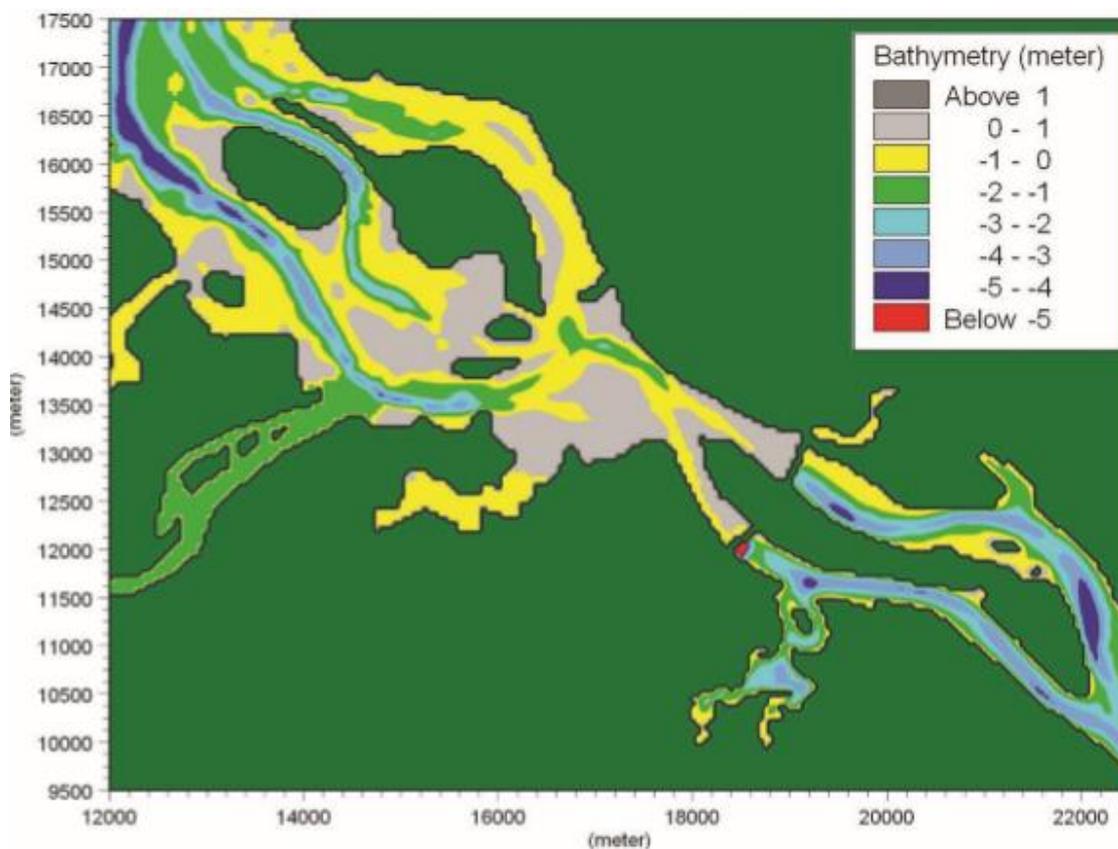
Tabela 5 - Caracterização Hidrodinâmica do Canal do Linguado na Parte Norte ao Aterro.

Abertura do Canal	Nível de Água na Amplitude das Marés (m)			Variação da Coluna de Água (m)			Módulo de Velocidade de Correntes Marítimas (m/s)		
	Mín.	Máx.	Médio	Mín.	Máx.	Médio	Mín.	Máx.	Médio
Totalmente aberto, até 1907	-	1,00	0,02	3,16	4,80	3,81	0,00	0,26	0,09
	0,64								
Parcialmente aberto, 120 m, de 1907 à 1934	-	1,02	0,02	3,38	5,07	4,06	0,00	0,32	0,11
	0,67								
Totalmente fechado, hoje	-0,67	1,33	0,02	0,00	1,73	0,44	0,00	0,06	0,01

Fonte: MATTOS; J.A.D. (2012).

A batimetria, ciência do mensuramento da profundidade das massas de água (oceanos, mares, lagos etc.) para determinação da topografia do seu leito, está representada na figura 2.

Figura 5 - Batimetria do Canal do Linguado.



Fonte: Diagnóstico Ambiental da Babitonga (2006).

A água do Canal do Linguado é classificada, como água salobra, salinidade entre 0,5 e 29,0‰, de classe 2. Águas que podem ser destinadas à pesca amadora e à recreação de contato secundário (CONAMA 357). E água imprópria para balneabilidade (recreação de contato primário) (CONAMA 274).

Ponto 1 (P1) foz do rio Parati, com profundidade de cerca de 1,5 metro, recebe influência direta das atividades antrópicas dos municípios de Araquari e Joinville.

Ponto 2 (P2) próximo a localidade de Caieiras, com profundidade média de 1 metro, recebe influência das atividades antrópicas dos municípios de Araquari e Joinville.

Ponto 3 (P3) junto ao aterro do Canal do Linguado na Baía da Babitonga, com uma profundidade média de 0,5 metro, recebe influência das atividades antrópicas dos municípios de Joinville, São Francisco do Sul e Araquari.

Figura 6 - Determinação dos Pontos de Aferição e da Estação de Tratamento.



Fonte: Google Maps (2017).

Quanto a colimetria a análise do número mais provável de *Escherichia coli*/100 ml constam na tabela 6.

Tabela 6 - Colimetria

Localização	Estação do Ano	
	Verão	Inverno
Próximo a Localidade de Caeiras (P2)	900	1.300
Próximo ao Aterro (P3)	>1.600	1.300

Fonte: Diagnóstico Ambiental da Baía da Babitonga (2006).

A granulometria dos sedimentos utilizada é do trabalho de Caracterização Química do Extrato Orgânico dos Sedimentos Recentes da Baía da Babitonga-SC, 2006. Na área a ser dragada a granulometria do sedimento, seguindo a escala de Wentworth, apresenta as seguintes características 41% de argila, 35% de silte e 24% de areia.

## 2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da visualização, e quantificação de parâmetros estatísticos é possível observar as mudanças que o aterro do Canal do Linguado impactou no sistema estuarino da Baía da Babitonga, pois houve uma mudança significativa nos padrões de altura da coluna da água e módulo de velocidade das marés. Alteração no padrão de sedimentação e estabilidade sedimentar da área, modificação da estrutura das comunidades biológicas da área do entorno do aterro norte do Canal do Linguado. Em marés de baixa-mar a coluna de água desaparece, o lodo fica exposto, com característica silte-argilosa e provoca mau cheiro e impossibilidade de navegação.

Na região do Canal do Linguado na parte norte ao aterro, a variação da coluna de água passou da média de 3,81 metros com o canal sem o aterro para 0,44 metro nos dias de hoje com o aterro totalmente fechado. O módulo de velocidade de correntes marítimas passou de 0,9 m/s para 0,1m/s. A batimetria que segundo testemunhas chegou variar entre 10 a 20 metros de profundidade, hoje varia de 0 a 1 metro.

Como a reabertura do aterro não foi autorizada pela justiça, a retirada de lodo do fundo do Canal do Linguado para deixar a profundidade média de 4 metros, permite o retorno da navegabilidade, da possibilidade de a biota voltar a se desenvolver e retornar a atividade de pesca artesanal.

O tratamento da água que hoje, é classificada como água salobra de classe 2 e imprópria para balneabilidade, vai possibilitar reverter a água para a classificação de água salobra de classe 1 destinadas à proteção de comunidades aquáticas e a atividade de pesca, e com os quais o público possa a vir a ter contato direto. É própria e muito boa para a balneabilidade, que podem ser destinadas à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA 274.

Reduzir os valores de Cádmio 0,002 mg/l, Chumbo 0,052 mg/l, Cobre 0,116 mg/l e Níquel 0,025 mg/l, é que se faz necessário para mudar a classificação da água salobra de classe 2 para classe 1.

O Cobre é o metal pesado que apresenta o maior valor acima do permitido, provêm de indústrias eletrolíticas, metalúrgicas, de pigmentação, inseticidas e algicidas.

Para a água mudar da qualidade de imprópria, para própria muito boa a quantidade de *Escherichia coli* não pode ultrapassar 400 por 100 mililitros de água.

Essas melhorias no meio ambiente, proporcionam a preservação dos manguezais que têm importância para o ciclo de vida de muitas espécies marinhas e funções ecológicas importantes. O retorno das condições ambientais aos níveis desejáveis de profundidade, qualidade de água vai propiciar o reaparecimento de espécies de flora, fauna, ictiofauna, que um dia já foram abundantes no Canal do Linguado e ajudar a preservar as espécies que estão ameaçadas de extinção, como o Mero, a Toninha e o Boto Cinza. Várias atividades, como a pesca artesanal, das quais comunidades locais dependem como meio de sobrevivência, voltam a ter importância.

### 3. CONCLUSÃO

A obstrução do Canal do Linguado comprometeu a hidrodinâmica de todo o sistema estuarino, reduziu consideravelmente a profundidade da área em função de intenso processo de assoreamento em todo corpo de água. Isso juntamente com ações antrópicas, como despejo de esgoto, efluentes industriais e de atividades agrícolas, decorrentes do desenvolvimento dos municípios do entorno da Baía , os quais alguns não tem sistema de tratamento de esgoto e efluentes industriais, e os que têm, esses são deficitários.

Estudos mostram que a melhor opção para mitigar os efeitos da atividade antrópica no Canal do Linguado é a reabertura do aterro, porém essa solução foi inviabilizada por uma decisão judicial. Então ações devem ser realizadas para melhorar as condições ambientais do local devido à importância do mesmo para com muitas espécies.

Qualquer proposta que venha a ser desenvolvida para melhorar as condições ambientais da região precisam ser acompanhadas de ações como implementação de saneamento básico pelos municípios localizados no entorno da Baía da Babitonga, baseados na Lei 11.445, de 5 de Janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências, e tratamento de efluentes industriais eficientes. Também devem impedir o crescimento desordenado de habitações em áreas que possam vir prejudicar a preservação da Baía da Babitonga e desenvolver e implementar um programa para conscientização da população.

## REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, M. DA ROSA. Caracterização Química do Extrato Orgânico dos Sedimentos Recentes da Baía da Babitonga-SC. 118p. Tese (Doutorado em Química)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

AVELINE, L. C. Fauna dos manguezais brasileiros. Revista Brasileira de Geografia, v. 42, n. 4, p. 786-821, 1980.

BORDERES DE OLIVEIRA, D.; CARVALHO, J.L.. Histórico da problemática do Canal do Linguado, São Francisco do sul, SC. II SIMPÓSIO NACIONAL DE OCEANOGRAFIA. Universidade de São Paulo, Sp, 2003.

COMANA ( Conselho Nacional do Meio Ambiente). Decreto nº 99.274 de 6 de julho de 1990. Resolução nº 357 de 18 de março de 2005.

COMANA ( Conselho Nacional do Meio Ambiente). Decreto nº 99.274 de 6 de julho de 1990. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000.

COMANA ( Conselho Nacional do Meio Ambiente). Decreto nº 99.274 de 6 de julho de 1990. Resolução nº 216, de 08 de novembro de 2012.

CREMER, MARTA J.; MORALES, PAULO R.D.; OLIVEIRA, THEREZINHA M. N. DE. Diagnóstico Ambiental da Baía da Babitonga. 1º edição. Joinville: Editora UNIVILLE, 2006, 257p.

CRISTOFOLINI, L.; FOGLIATTO, M. M.; MOREIRA, M. E.. Análise Socioambiental do Fechamento do Canal do Linguado-SC. Revista Geográfica de América Central. Costa Rica, número especial EGAI, II semestre 2011, p 1-8, 2011.

DEMORI, J..Análise Histórica da Contaminação por Metais Pesados na Baía da Babitonga-SC. 94p. Dissertação ( Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental)- Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2006.

EIA/RIMA da Implantação do Estaleiro CMO em São Francisco do Sul, Santa Catarina. Setembro de 2014. Acquaplan Tecnologia e Consultoria Ambiental.

GAPLAN/SC. Atlas de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986. 173 p.

KOLASA, J.; ZALEWSKI, M. Notes on ecotone attributes and functions. *Hydrobiology*, v. 303, p. 1-7, 1995.

MITSCH, W. J.; GOSSELINK, J. G. *Wetlands*. 2. ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993. 722 p.

MATTOS, JOSÉ. A. D. Caracterização Hidrodinâmica da Baía da Babitonga Antes do Fechamento Parcial e Total do Canal do Linguado Utilizando Modelagem Numérica Computacional, SC Brasil. 109p. Trabalho de conclusão de curso ( Como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia)- Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí-SC. 2012.

ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1983. 434 p.

UNITERMOS, Programa de Recuperação Ambiental da Baía da Babitonga, FUNDEMA. JOINVILLE, SANTA CATARINA, 2000.

SILVA, L.F. DA. Alterações Morfodinâmicas do Canal do Linguado pela Remoção do Dique que Separa a Baía da Babitonga-SC, 201p. Tese (Doutorado para Geociências)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011