

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC  
CENTRO DE JOINVILLE  
VITOR LEONARDO GAYA DE MIRA

**ANÁLISE DE PROPOSTAS PARA TRAVESSIA DO RIO ITAJAÍ-AÇU A JUSANTE  
DA PONTE LOCALIZADA NO QUILÔMETRO 111 DA BR-101**

Joinville  
2015

Vitor Leonardo Gaya de Mira

**ANÁLISE DE ALTERNATIVAS PARA TRAVESSIA DO RIO ITAJAÍ-AÇU A  
JUSANTE DA PONTE LOCALIZADA NO QUILOMETRO 111 DA BR-101**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao programa de graduação da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Infraestrutura.

Orientadora: Andréa Holz Pfützenreuter, Dr. Arq.

Joinville  
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Mira, Vitor Leonardo Gaya de  
ANÁLISE DE PROPOSTAS PARA TRAVESSIA DO RIO ITAJAÍ-AÇU A  
JUSANTE DA PONTE LOCALIZADA NO QUILOMETRO 111 DA BR-101 /  
Vitor Leonardo Gaya de Mira ; orientadora, Andréa Holz  
Pfützenreuter - Joinville, SC, 2015.  
71 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville.  
Graduação em Engenharia de Infraestrutura.

Inclui referências

1. Engenharia de Infraestrutura. 2. Ponte/ túnel  
conectando Itajaí e Navegantes. 3. Análise de propostas  
existentes para travessia. I. Holz Pfützenreuter, Andréa.  
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Engenharia de Infraestrutura. III. Título.

**ANÁLISE DE ALTERNATIVAS PARA TRAVESSIA DO RIO ITAJAÍ-AÇU A  
JUSANTE DA PONTE LOCALIZADA NO QUILÔMETRO 111 DA BR-101**

Este trabalho foi analisado para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Infraestrutura, e aprovado em sua forma final pela banca avaliadora composta por:

Prof. Dr. Andréa Holz Pfützenreuter  
UFSC – Campus Joinville  
Orientadora

Fabiano Lopes de Souza  
Engenheiro Civil - Avaliador externo

Prof. Dra. Janaina Renata Garcia  
UFSC – Campus Joinville

Prof. Dr. Yader Guerrero  
UFSC – Campus Joinville

Joinville, 04 de dezembro de 2015

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha amada família: Marcos, Mara e Marina.

Ao meu avô, Lio, que passa por momentos difíceis, mas que é um vencedor.

À minha avó amada, Alzira, por ser a pessoa maravilhosa que ela é.

À melhor orientadora, professora Andréa, pela ajuda incessante durante o curto período em que foi minha orientadora, mas que fez toda a diferença.

Agradeço também a todos que contribuíram para o enriquecimento deste trabalho: Danilo e Edson, da equipe da Infraero do Aeroporto Ministro Victor Konder; Amarildo Madeira, da prefeitura de Itajaí; Cassiano Weiss, da prefeitura de Navegantes; entre outros.

A todos os professores, que contribuíram para a minha formação acadêmica.

## RESUMO

Esta monografia tem o objetivo de analisar as propostas existentes de obra de arte de engenharia para travessia do rio Itajaí-açu a jusante da ponte localizada no km 111 da BR-101, identificando interações com o plano básico de zona de proteção de aeródromo do Aeroporto Ministro Victor Konder e com a perspectiva de crescimento do complexo portuário do Itajaí, caso estas obras propostas entre 2002 e 2010 fossem implementadas. A metodologia utilizada consiste em pesquisa bibliográfica e documental, para posterior análise de compatibilidade dos projetos referentes as propostas existentes de obras de arte para travessia do rio com o cenário montado tendo como base as informações levantadas na pesquisa bibliográfica e documental. Ademais, apresenta-se um panorama geral da região da foz do rio Itajaí-açu; uma análise do *ferry boat* utilizado para a travessia, traçando uma estimativa de origem-destino em Navegantes; uma pesquisa bibliográfica de tipos de obra de arte de engenharia que provavelmente devem ser considerados para solucionar o problema apresentado. Quanto aos resultados da presente monografia, verificou-se que as duas propostas de pontes analisadas se estendem acima da superfície de proteção de aeródromo (superfície horizontal interna), além disso, apresentariam interações negativas com perspectivas de desenvolvimento do complexo portuário. Quanto a proposta existente de túnel, se identificou que se o projeto referente a esta proposta fosse implementado, impossibilitaria a dragagem dos canais de acesso ao complexo portuário até a profundidade correspondente ao projeto existente de melhoria dos acessos marítimos ao complexo portuário. Na investigação realizada com as propostas, se propôs o estudo de viabilidade de um túnel ligando os bairros Barra do Rio (Itajaí) e São Domingos (Navegantes), provavelmente na região que está sob as superfícies de proteção de aeródromo chamadas de superfície de aproximação e superfície de transição.

**Palavras-chave:** Ponte. Itajaí. Navegantes. Túnel.

## ABSTRACT

This undergraduate thesis aims to analyse existing proposals of engineering structures (bridges and tunnel) to cross Itajaí-açu River downstream of the bridge located in kilometre 111 of BR-101. It identifies interactions that these engineering structures would have with the airfield imaginary surface of Airport Ministro Victor Konder and with the ports of Itajaí-açu River, if one of these proposals, which were proposed between 2002 and 2010, was built in the current scenario. The methodology according to which this analysis was made consists of bibliographic research and research in documents, followed by an analysis of compatibility of the scenario created based on the information gathered in the bibliography research with the projects related to the existing proposals of engineering structures to cross Itajaí-açu River. Furthermore, it was provided a general overview of the region of the mouth of Itajaí-açu River; an analysis of the ferry boat that is currently used to cross the river; an Origin-Destination Survey for the municipality of Navegantes, which was undertaken in the ferry boat; a bibliographic research into types of engineering structures (bridges and tunnels) that probably should be considered to resolve the issue. Regarding the findings of this undergraduate thesis, it was found that the towers relative to the two proposed bridges that were analysed reach above the airfield imaginary surface (inner horizontal surface). In addition, the bridges would interact in a negative fashion with perspectives of development of the ports. Concerning the existing proposal of tunnel, it was found that the tunnel was designed such that the tunnel would preclude the possibility of dredging the maritime access to the ports to the depth set in a current project that aims to improve the maritime access to the ports. Moreover, it was suggested to consider, in a future feasibility study, the possibility of a tunnel connecting the suburbs called Barra do Rio (Itajaí) and São Domingos (Navegantes), probably in the region that is below the airfield imaginary surfaces named approach surface and transitional surface.

**Keywords:** Bridge. Itajaí. Navegantes. Tunnel.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Vale do Itajaí e microrregiões. ....  | 14 |
| Figura 2 - Visão geral da região da foz do rio Itajaí-açu.....   | 16 |
| Figura 3 - Medições de largura do rio.....   | 16 |
| Figura 4 - Localização do porto de Itajaí, da Portonave, do aeroporto e da balsa principal.....  | 17 |
| Figura 5 - PBZPA do Aeroporto Internacional ministro Victor Konder (Navegantes).....   | 21 |
| .....  | 21 |
| Figura 6 - Região do prolongamento do eixo da pista da cabeceira sul.....  | 22 |
| Figura 7 - Localizações dos terminais portuários do complexo Portuário do rio Itajaí-açu. ....   | 24 |
| Figura 8 - Ligações ferry boat e trajetos entre os centros das cidades de Navegantes e Itajaí.....   | 26 |
| Figura 9 - Localização aproximada dos principais locais de origem ou destino dos usuários da balsa principal. ....   | 31 |
| Figura 10 - Percentuais de origem e destino para cada local por meio de locomoção .....  | 32 |
| .....  | 32 |
| Figura 11 - Nova bacia de evolução do complexo portuário .....   | 34 |
| Figura 12 - Traçado da via expressa portuária (linhas tracejadas verde e vermelha) e provável área de interesse para atividades portuárias (indicada com a seta de cor azul) ..... | 36 |
| .....  | 36 |
| Figura 13 - Nova pista (com início próximo ao canto superior esquerdo da figura) do aeroporto de Navegantes justaposta com a pista atual.....                                      | 36 |
| Figura 14 - Nova marina de Itajaí: como a marina será depois de concluída.....   | 37 |
| Figura 15 - Representação em mapa da nova bacia de evolução, da nova marina de Itajaí, da área de interesse para atividades portuárias e da nova pista do aeroporto ...            | 38 |
| .....  | 38 |
| Figura 16 – SOTEPA: Posições das alternativas consideradas.....  | 40 |
| Figura 17 - APPE: Alternativas analisadas.....   | 43 |
| Figura 18 - APPE: Desenho da ponte idealizada .....  | 45 |
| Figura 19 - Desenhos da obra idealizada.....   | 46 |
| Figura 20 - Ponte Tokyo Gate .....   | 49 |
| Figura 21 - Pontes Sir Leo Hielscher.....  | 50 |
| Figura 22 - Ponte Mubarak Peace.....   | 50 |



|  |    |
|--|----|
| Figura 23 - Ponte Odawara Blueway.....   | 51 |
| Figura 24 - Ponte Bayonne: ilustração da solução adotada .....                                       | 53 |
| Figura 25 - Mapa de interação das alternativas cogitadas no capítulo 4 com o cenário da região ..... | 56 |
| Figura 26 – Estimativas de extensão para as obras de arte.....                                       | 61 |
| Figura 27 - Sugestão de novas alternativas de obra de arte.....                                      | 63 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Movimentação dos aeroportos catarinenses em 2014.....            | 19 |
| Tabela 2 - Dias e períodos de contagem.....                                 | 27 |
| Tabela 3 - Resultados do estudo de tráfego na balsa da região central. .... | 28 |
| Tabela 4 - Análise das alternativas .....                                   | 44 |
| Tabela 5 - Propostas desenvolvidas pela SOTEPA, APPE E SEPLAN .....         | 47 |
| Tabela 6 - Observações referentes as propostas analisadas.....              | 62 |
| Tabela 7 - Vantagens e desvantagens das propostas .....                     | 65 |

## SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>12</b> |
| <b>2</b> | <b>CONTEXTUALIZANDO A REGIÃO.....</b>  | <b>14</b> |
| 2.1      | CIDADE DE NAVEGANTES .....   | 17        |
| 2.1.1    | <i>Aeroporto Ministro Victor Konder: restrições aos objetos projetados no espaço aéreo nos arredores do aeroporto .....</i>                        | <i>19</i> |
| 2.2      | CIDADE DE ITAJAÍ.....  | 23        |
| 2.3      | CONEXÕES ENTRE AS CIDADES DE NAVEGANTES E ITAJAÍ .....   | 25        |
| 2.4      | ESTUDO SOBRE A DEMANDA DE TRÁFEGO NA Balsa E PESQUISA ORIGEM-DESTINO .....   | 27        |
| 2.4.1    | <i>Estudo de tráfego realizado na balsa principal.....</i>   | <i>27</i> |
| 2.4.2    | <i>Pesquisa origem-destino realizada na balsa .....</i>  | <i>30</i> |
| 2.5      | CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO .....  | 33        |
| <b>3</b> | <b>PROGNÓSTICO DA REGIÃO .....</b>   | <b>34</b> |
| 3.1      | NOVA BACIA DE EVOLUÇÃO DO COMPLEXO PORTUÁRIO .....   | 34        |
| 3.2      | VIA EXPRESSA PORTUÁRIA.....  | 35        |
| 3.3      | AEROPORTO DE NAVEGANTES: PROJETO DE NOVA PISTA .....   | 36        |
| 3.4      | NOVA MARINA EM ITAJAÍ.....   | 37        |
| 3.5      | CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO .....  | 37        |
| <b>4</b> | <b>ESTUDOS E PROPOSTAS EXISTENTES PARA TRAVESSIA DO RIO ITAJAÍ-AÇU .....</b>   | <b>39</b> |
| 4.1      | ESTUDO E PROPOSTADA DA EMPRESA SOTEPa (2002) .....   | 39        |
| 4.2      | ESTUDO E PROPOSTA DA EMPRESA APPE (2008) .....   | 42        |
| 4.3      | PROPOSTA DA SEPLAN (2009).....   | 46        |
| 4.4      | CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO .....  | 46        |
| <b>5</b> | <b>PESQUISA BIBLIOGRÁFICA DE SOLUÇÕES DE ENGENHARIA PARA TRANSPOSIÇÃO DE OBSTÁCULOS AQUÁTICOS, CONSIDERANDO O CENÁRIO DA REGIÃO EM ESTUDO.....</b> | <b>48</b> |
| 5.1      | A SELEÇÃO DO TIPO DE OBRA: PONTE OU TÚNEL.....   | 48        |
| 5.2      | PONTES.....  | 49        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 5.2.1    | <i>Altura livre mínima de ponte a jusante do complexo portuário: comparativo com complexo portuário de Nova Iorque/Nova Jérsei</i> ..... | 52        |
| 5.3      | TÚNEL .....  | 54        |
| 5.4      | CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO .....  | 54        |
| <b>6</b> | <b>ANÁLISE DE PROPOSTAS EXISTENTES DE TRAVESSIA</b> .....  | <b>55</b> |
| 6.1      | PONTE: INTERAÇÃO COM O ESPAÇO AÉREO DO AEROPORTO DE NAVEGANTES .....   | 57        |
| 6.2      | INTERAÇÃO COM O COMPLEXO PORTUÁRIO .....   | 58        |
| 6.3      | DEMANDA DOS USUÁRIOS DA Balsa PRINCIPAL .....  | 59        |
| 6.4      | INTERAÇÃO COM O PROGNÓSTICO DA REGIÃO .....  | 61        |
| 6.5      | RESUMO DE OBSERVAÇÕES RELATIVAS À ANÁLISE DAS PROPOSTAS ...<br>.....   | 62        |
| 6.6      | SUGESTÃO DE NOVAS ALTERNATIVAS .....   | 62        |
| 6.7      | VANTAGENS E DESVANTAGENS DE CADA PROPOSTAS .....   | 64        |
| <b>7</b> | <b>CONCLUSÃO</b> .....   | <b>66</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | <b>68</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o surgimento da necessidade ou da percepção de um problema até a concretização de uma obra de engenharia, a complexidade de estudos e projetos que devem ser elaborados é extensa, sendo o que o primordial envolve o entendimento do problema e do cenário que envolve o mesmo.

No caso de obras de engenharia de infraestrutura, esta questão é prevaiente no presente, no ambiente urbano cada vez mais denso que as cidades vem se tornando, onde diferentes modais de transporte estão presentes, os quais precisam interagir de maneira harmoniosa. Neste cenário, pode ser que o principal desafio seja inserir a obra sem criar interações negativas entre os modais de transporte, principalmente.

As cidades de Navegantes e Itajaí apresentam um problema deste tipo. O rio que separa os centros das duas cidades pode apenas ser atravessado, nas proximidades das regiões centrais das cidades, através de *ferry boat*. A população tem manifestado descontentamento com relação ao *ferry boat*. Quanto a natureza das reclamações, cita-se o preço da travessia, congestionamento, conforto. Além disso, questionamentos tem surgido com relação à razão de não existir uma conexão fixa entre as duas cidades (ponte ou túnel).

O objetivo deste trabalho é analisar propostas existentes para travessia do rio Itajaí-açu, tendo em vista, principalmente o Complexo portuário do Itajaí e o Aeroporto Ministro Victor Konder. Analisando a presença do Complexo portuário e do Aeroporto, mais especificamente o porte das embarcações que utilizam o complexo portuário e as superfícies de proteção de aeródromo do aeroporto, que geram um cenário a ser estudado antes que soluções de engenharia para travessia do rio sejam propostas. Além disso, outro objetivo específico visa identificar alternativas apropriadas para travessia do rio, as quais podem ser avaliadas em futuros estudos de viabilidade de obra de arte de engenharia para travessia do rio, tendo em vistas estas questões relacionadas aos portos e ao aeroporto.

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho se caracteriza majoritariamente, quanto às técnicas adotadas, em observação indireta, realizada principalmente através de pesquisa bibliográfica e documental (MARCONI e LAKATOS, 2008). Para auxiliar nas análises, foram utilizados mapas elaborados com base na pesquisa bibliográfica e documental. Nestes mapas foram indicadas as

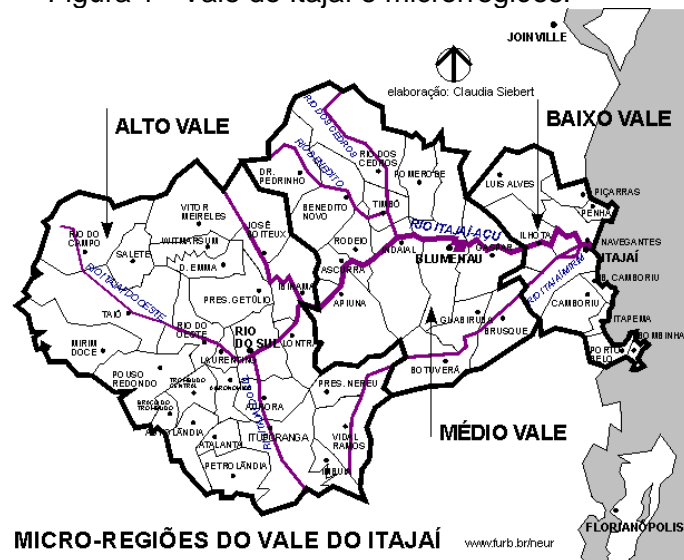
superfícies de proteção de aeródromo do aeroporto Ministro Victor Konder, referentes ao plano básico de zona de proteção de aeródromo; projetos previstos ou em implantação na região, principalmente relacionados ao complexo portuário; os terminais portuários do complexo portuário do Itajaí; o estaleiro Navship; a nova marina de Itajaí. Além disso, os traçados das propostas de obra de arte foram sobrepostos neste mesmo mapa, a partir do qual verifica-se as interações entre as propostas e o cenário criado, tendo também como base informações contidas nos relatórios referentes as propostas de travessia estudadas.

Esta monografia está estruturado em 7 capítulos. O presente capítulo introduz o problema, justificativa, objetivos, metodologia e a estrutura do trabalho. O segundo capítulo contextualiza a região, apresentando um panorama geral da mesma e das cidades de Itajaí e Navegantes, abordando o complexo portuário do Itajaí, como também o aeroporto Ministro Victor Konder. Além disso, contém um estudo de tráfego realizado no *ferry boat* e pesquisa origem-destino do município de Navegantes. O terceiro capítulo apresenta projetos que são previstos para a região: dois são relacionados ao complexo portuário, um ao aeroporto, outro consiste na nova marina de Itajaí. O quarto capítulo traz os estudos e projetos existentes para ponte ou túnel entre os municípios de Itajaí e Navegantes, os quais propõem alternativas de travessia. O quinto capítulo apresenta um estudo superficial sobre as possibilidades de obra (túnel ou ponte), caracterizando as mesmas e apresentando estudos de caso de obras em cenários semelhantes ao cenário em discussão nesta monografia. O sexto capítulo apresenta uma análise das propostas existentes para travessia do rio, discutidas no capítulo quatro, e sugere uma nova alternativa. Por último, o sétimo faz uma síntese das conclusões obtidas neste trabalho.

## 2 CONTEXTUALIZANDO A REGIÃO

O território catarinense é constituído por dois sistemas de drenagem: a vertente do interior e a vertente atlântica. A vertente do atlântico abrange as bacias hidrográficas cujas fozes estão localizadas no oceano atlântico. Uma das bacias hidrográficas da vertente atlântica é a bacia do Itajaí, que é também chamada de Vale do Itajaí, o qual é uma das seis mesorregiões do estado de Santa Catarina, localizada na parte centro-leste do estado. O Vale do Itajaí, cujo maior dos cursos d’água é o rio Itajaí-açu (188 km), tem aproximadamente 15.000 quilômetros quadrados, o que corresponde 16,15% do território catarinense e 0,6% do território brasileiro, onde vivem mais de 1.100.000 pessoas, é ocupado totalmente por 47 e parcialmente por 5 municípios. A Figura 1 mostra a bacia do Itajaí e as subdivisões do Vale do Itajaí em Alto Vale, Médio Vale e Baixo Vale, subdivisões que “representam os compartimentos, tanto naturais como socioeconômicos e culturais da bacia do Itajaí” (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DE ÁGUA DO VALE DO ITAJAÍ, 2010).

Figura 1 - Vale do Itajaí e microrregiões.



Fonte: Siebert (2007)

Quanto ao contexto socioeconômico:

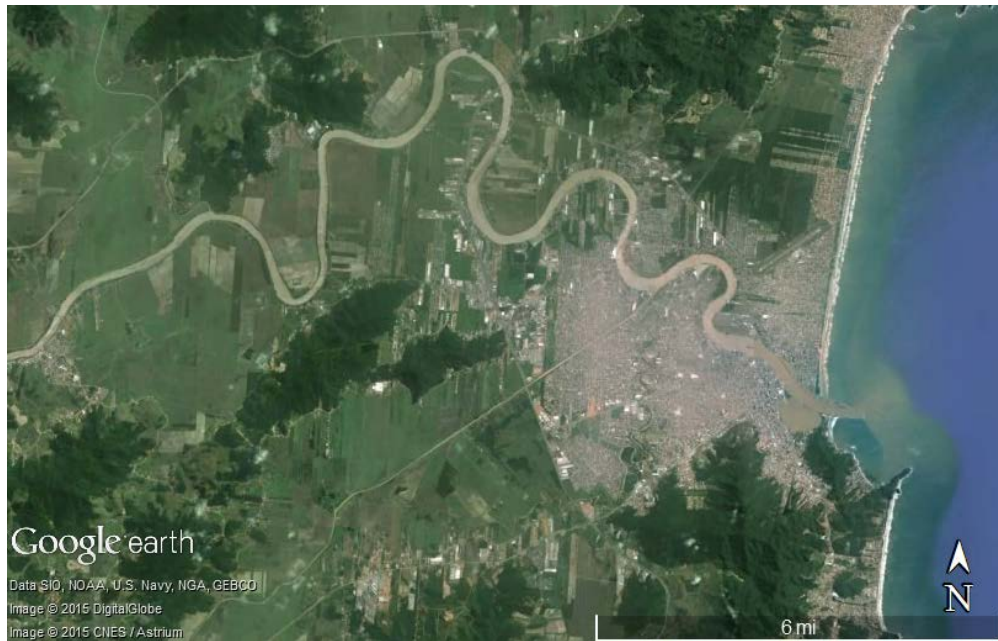
A Mesorregião do Vale do Itajaí reúne a maior concentração populacional do Estado e está entre aquelas mais urbanizadas desde os anos 70, atingindo em 1996 um índice de urbanização de 78,1%. É uma região onde convivem processos muito diferenciados. Ao mesmo tempo que agrega alguns dos principais centros do estado, com alto grau de urbanização e elevado crescimento, quase 50% dos municípios são rurais e de pequena dimensão, em sua maioria perdendo população desde 1970 [...] O perfil industrial da região,

embora altamente especializado nas indústrias têxtil e de confecção – que representam respectivamente, 79,18% e 58,81% do valor da transformação industrial do gênero em 1985 – é ao mesmo tempo diversificado, com inserção expressiva também na metal-mecânica, material elétrico e comunicações (34,30%), material de transporte (33,62%) e mecânica (14,91%). É significativo também no gênero fumo, o qual concentra quase 100% do valor de transformação industrial do gênero no estado. No complexo têxtil/confecção atuam grupos locais que se qualificam dentre as grandes empresas nacionais, com elevado grau de abertura para o mercado externo, notadamente em Blumenau, Brusque, Gaspar e Apiúna. Esse complexo também insere um grupo de municípios com estruturas integradas, a exemplo de seções de costuras de grandes malharias, em Ascurra, Benedito Novo, Ibirama e Rodeio. Na metal-mecânica, destacam-se empresas de Timbó, Blumenau, Pomerode, Rio do Sul e Brusque. A indústria cristaleira também se concentra em Blumenau. A indústria alimentar localiza-se principalmente em Gaspar e em Ilhota, além de Itajaí e Rio do Sul (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DE ÁGUA DO VALE DO ITAJAÍ, 2010, p. 118-119).

A região pertinente a este trabalho está localizada no Vale do Itajaí, ao norte da capital do estado, Florianópolis, a uma distância de aproximadamente 80 km da mesma, e corresponde a região mais litorânea do vale do Itajaí, nos arredores da foz do rio Itajaí-açu, o qual separa geograficamente dois municípios: Itajaí, cujo limite territorial coincide com a margem sul do rio; e Navegantes, cujo limite territorial coincide com a margem norte do rio, a Figura 2 evidencia esta região.



Figura 2 - Visão geral da região da foz do rio Itajaí-açu



Fonte: Google Earth Pro, adaptado pelo autor em 18 de novembro 2015.

A distância entre as margens varia ao longo do rio, a Figura 3 mostra algumas medições da largura do rio realizadas utilizando Google Earth Pro.

Figura 3 - Medições de largura do rio.

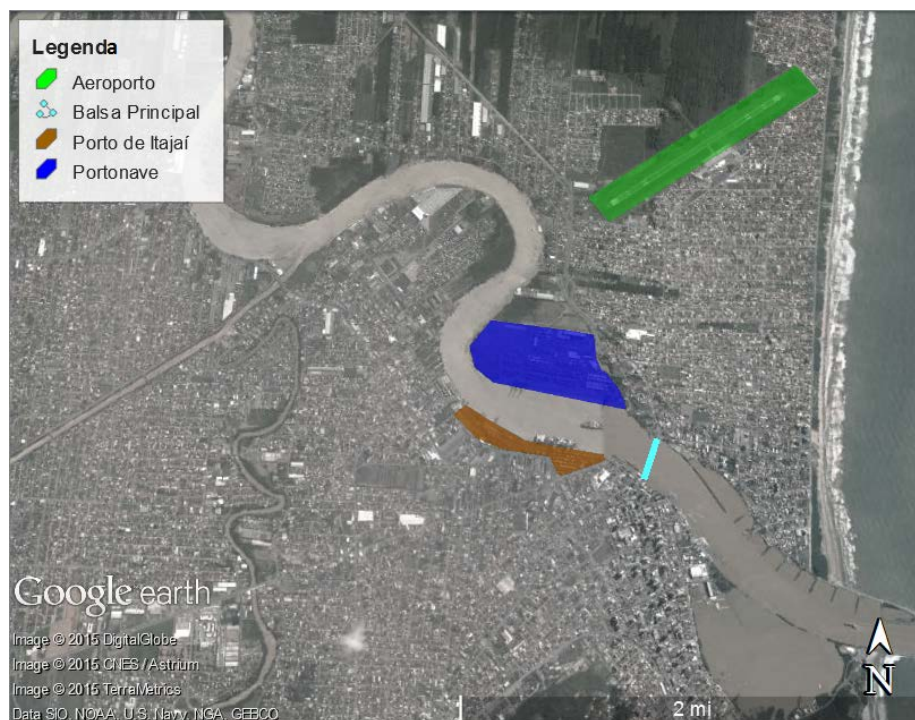


Fonte: Google Earth Pro, adaptado pelo autor em 18 de novembro 2015.

Nesta região encontram-se importantes infraestruturas de transporte, como o Complexo Portuário do Itajaí, o qual inclui o Porto de Itajaí e o Porto de Navegantes

(Portonave), além do Aeroporto Internacional Ministro Victor Konder, localizado em Navegantes. O mapa da Figura 4 indica cada um dos itens citados.

Figura 4 - Localização do porto de Itajaí, da Portonave, do aeroporto e da balsa principal



Fonte: Google Earth Pro, adaptado pelo autor em 30 de outubro 2015.

## 2.1 CIDADE DE NAVEGANTES

O território do município de Navegantes foi pertencente ao município de Itajaí até 1962, quando a barreira física imposta pelo rio Itajaí-Açu instigou a emancipação de Navegantes. De origem açoriana, a cidade herdou as principais atividades econômicas, que são a pesca e a construção naval (ACIN, 2014). Quanto à indústria de pesca, a cidade transformou-se no terceiro maior centro pesqueiro da América Latina, primeiro do Brasil. No que diz respeito à construção naval, destaca-se no cenário nacional, já que estaleiros e empresas especializadas na construção de embarcações de apoio às plataformas de produção de petróleo e gás estão se instalando na região (DIARINHO, 2012).

Além disso, destaca-se também a presença da Portonave S/A, Terminais Portuários de Navegantes, que está em operação desde 2007, a qual emprega mais de mil pessoas, opera 38 navios por mês e mais de mil contêineres por dia (REVISTA PORTUÁRIA, 2015). Nos anos de 2013 e 2014, a Portonave teve

movimentações de 693.236 e 692.905 unidades equivalentes a um contêiner de 20 pés, ou TEUs (do inglês, *twenty-foot equivalent unit*), respectivamente. Este ano (2015), até o mês de setembro, a movimentação foi de 482.346 TEUs (PORTO DE ITAJAÍ, 2015a).

O produto interno bruto (PIB) da cidade de Navegantes, em 2012, foi R\$1.488.419.000 (R\$ 23.342,62 per capita). Quanto a composição do PIB, o valor adicionado bruto da agropecuária foi R\$ 22.516.000; da Indústria foi R\$ 436.435.000; dos serviços foi R\$ 859.781.000. O restante, para completar o produto interno bruto, consiste em impostos sobre produtos líquidos de subsídios (IBGE, 201-). A cidade teve a maior expansão do PIB em 2010, pela segunda vez consecutiva no ranking das cidades catarinenses. De acordo com notícia publicada no website do município de Navegantes, Antônio Carlos Carmona, secretário do desenvolvimento econômico e arrecadação de Navegantes, afirma que a tendência é de que o PIB tenha um crescimento ainda maior nos próximos anos. O secretário afirmou que grandes empresas estão direcionando projetos de condomínios industriais para as margens da BR-470, tanto para empresas do ramo de logística quanto para demais atividades industriais, com capacidade para comportar mais de 400 empresas. Além disso, segundo o secretário, a vinda destas empresas influencia também na área de serviços (fornecedores), atraindo ainda mais investimentos para o município (PREFEITURA DE NAVEGANTES, 2013).

O município, cuja área territorial é 112,029 km<sup>2</sup>, conta com uma população estimada, para 2015, de 72.772 habitantes. O Índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) do município, para o ano de 2010, foi 0,736 (IBGE, 201-). A Frota de veículos da cidade, no ano 2014, foi de 17.775 automóveis, 871 caminhões, 9.443 motocicletas, 72 ônibus (IBGE, 201-).

Quanto às empresas do município, em 2013, o município contava com 2.081 empresas atuantes e com 2.150 unidades locais. O quantitativo de pessoas ocupadas, nestas empresas, era 22.287, com salário médio mensal de 2,7 salários mínimos (IBGE, 201-). Outra informação sobre Navegantes, a qual tem muita relevância para este estudo, é a existência do Aeroporto Internacional de Navegantes, nomeado Aeroporto Ministro Victor Konder.

Segundo dados publicados pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero) em Infraero (2015), este aeroporto, em um ranking estadual, ocupa a segunda posição em movimentação de passageiros e de carga, como pode

ser analisado na Tabela 1. Os dados mostram que o Aeroporto de Navegantes tem uma movimentação significativa no cenário estadual, tendo sido origem ou destino de 1.352.557 passageiros em 2014. Segundo G1 (2014), esta foi a maior movimentação registrada em 44 anos, desde a fundação do aeroporto, em 1970.

Tabela 1 - Movimentação dos aeroportos catarinenses em 2014

| Aeroporto         | Posição <sup>(1)</sup> | Passageiros <sup>(2)</sup> | Carga(t) <sup>(3)</sup> | UCT <sup>(4)</sup> | Aeronaves <sup>(5)</sup> | %representação <sup>(6)</sup> |
|-------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Florianópolis     | 10                     | 3.629.074                  | 9.361                   | 3.722.687          | 50.707                   | 3,14                          |
| <b>Navegantes</b> | <b>19</b>              | <b>1.351.557</b>           | <b>2.701</b>            | <b>1.378.564</b>   | <b>20.704</b>            | <b>1,16</b>                   |
| Joinville         | 31                     | 493.239                    | 1.903                   | 512.272            | 12.622                   | 0,43                          |
| Criciúma          | 51                     | 74.398                     | 3(?)                    | 74.429             | 3.473                    | 0,06                          |

Fonte:Infraero (2015)

<sup>(1)</sup>Ranking Nacional dos aeroportos administrados pela Infraero (UCT)

<sup>(2)</sup> Movimento de Passageiros embarcados + desembarcados

<sup>(3)</sup> carga aérea + correios

<sup>(4)</sup> Unidade de Carga de Trabalho: Unidade criada para comparação de aeroportos de carga e passageiros.

Equivale a 100kg de carga ou um passageiro.

<sup>(5)</sup> Movimento de Aeronaves de pousos + decolagens

<sup>(6)</sup> Participação percentual do aeroporto em relação a rede Infraero (UCT)

### 2.1.1 Aeroporto Ministro Victor Konder: restrições aos objetos projetados no espaço aéreo nos arredores do aeroporto

A existência do aeroporto em Navegantes impõe restrições altimétricas à construção de objetos nas proximidades do mesmo. Estas restrições são estabelecidas pela Portaria N°957/GC3, de 9 de julho de 2015, a qual “Dispõe sobre as restrições aos objetos projetados no espaço aéreo que possam afetar adversamente a segurança ou a regularidade das operações aéreas, e dá outras providências” (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2015, p. 1).

A Portaria citada acima estabelece as superfícies limitadoras de obstáculos (OLS), as quais são

superfícies que estabelecem os limites até os quais os objetos podem se projetar no espaço aéreo sem afetar adversamente a segurança e a regularidade das operações aéreas. [As mesmas são subdivididas em três categorias:] superfícies limitadoras de obstáculos de aeródromo/heliponto (AOLS), [as quais são] superfícies estabelecidas para garantir a regularidade das operações aéreas em um aeródromo ou heliponto e, ainda, a segurança durante situações de contingência das aeronaves; superfícies limitadoras de obstáculos de auxílios à navegação aérea (FOLS), [as quais são] superfícies estabelecidas para garantir a integridade dos sinais eletromagnéticos e/ou luminosos transmitidos e/ou irradiados pelos auxílios à navegação aérea; superfícies limitadoras de obstáculos de procedimentos de navegação aérea (POLS), [as quais são] superfícies estabelecidas para garantir a regularidade das operações aéreas durante a execução de um procedimento de navegação aérea visual ou por instrumentos e, ainda, a segurança em condições

normais de operação da aeronave. (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2015, p. 10).

A mesma portaria prevê planos de zona de proteção, os quais são: Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA); Plano de Zona de Proteção de Auxílios a Navegação Aérea (PZPANA); Plano de Zona de Proteção de Rotas Especiais de Aviões e Helicópteros (PZPREAH). Plano Específico de Zona de Proteção de Aeródromo (PEZPA). Somente o PBZPA será tratado neste trabalho, porque foi enfatizado pela equipe da Infraero como sendo relevante para este estudo. Entretanto, é preciso avaliar os outros planos de zona de proteção mencionados, antes de concluir que um objeto pode ser erigido a uma determinada altura.

O PBZPA é definido em função das AOLS e das POLS. Depende principalmente de duas características do aeroporto: código de referência do aeródromo; tipo de operação da pista (ALVES, 2014). O aeroporto de Navegantes se enquadra no código de referência 3 e, quanto ao tipo de operação, é classificado em IFR de não precisão, conforme informações obtidas diretamente com a equipe da infraero do aeroporto de Navegantes. Com base nestas informações, são delineadas as superfícies de proteção de aeródromo, acima das quais, não podem ser erigidos objetos sem prévia autorização dos órgãos competentes. Estas superfícies são explicadas nos parágrafos subsequentes. As explicações foram elaboradas pelo autor com base na Portaria N°957/GC3, do comando da aeronáutica, através da interpretação da mesma, como também com base em informações obtidas por meio de conversa com membros da equipe da infraero do aeroporto de Navegantes.

A delimitação externa da superfície horizontal interna consiste em semicírculos de 4.000 metros de raio, com centros nas cabeceiras das pistas, interligados por tangentes. A altura da horizontal interna é 45 metros. Grande parte da região da foz do rio está localizada nesta área, que é a área dentro do contorno azul claro (ver Figura 5), com exceção das partes que são delimitadas por superfícies mais baixas, por exemplo, superfície de aproximação. A superfície horizontal externa é delimitada por uma figura geométrica com o formato idêntico ao formato da superfície horizontal interna, porém as dimensões são diferentes. Os



semicírculos têm raio de 20.000 metros e a altura da superfície é 150 metros. A delimitação interna da horizontal externa é mostrada na Figura 5 em cor azul escuro.

A superfície cônica é uma superfície inclinada que parte do contorno exterior da superfície horizontal interna e cujo contorno exterior está indicado na Figura 5 em cor azul escuro. A gradiente da superfície cônica é de 5%. A borda externa da superfície cônica está localizada a uma altura de 75 metros acima da superfície horizontal interna.

Figura 5 - PBZPA do Aeroporto Internacional ministro Victor Konder (Navegantes)



Fonte: Google Earth Pro, desenho obtido com a equipe da infraero do Aeroporto Ministro Victor Konder, 2015.

A Figura 6 mostra a região mais restritiva em termos de altura permissível de objetos, a qual está abaixo das superfícies de aproximação e de transição. A superfície de aproximação consiste em três seções. A primeira, que tem formato trapezoidal e cujos contornos são indicados em cor alaranjada na Figura 5 e na Figura 6, que abrange o rio e parte das orlas, tem relevância para este trabalho. Esta superfície, com comprimento de 3000 metros e uma abertura lateral de 15%, começa a uma distância de 60 metros anterior a cabeceira da pista e consiste em

uma superfície com inclinação de 2% com relação ao plano horizontal, medido em um plano vertical paralelo ao eixo da pista. Por exemplo, a uma distância de 1000 metros da borda interna da superfície de aproximação, ao longo do eixo da pista, a altura máxima permitida para objetos é 20 metros. A superfície de decolagem, no trecho analisado (primeira seção da superfície de aproximação), está contida na superfície de aproximação, pois têm a mesma inclinação; por isso, analisou-se somente a superfície de aproximação.

Figura 6 - Região do prolongamento do eixo da pista da cabeceira sul



Fonte: Google Earth Pro, desenho obtido com a equipe da infraero do Aeroporto Ministro

Victor Konder, 2015.

Na Figura 6, entre a borda lateral da superfície de aproximação e as linhas verdes adjacentes, fica a superfície de transição. Esta superfície tem inclinação de 14,3%, em relação ao plano horizontal, medido em um plano vertical perpendicular à borda lateral da superfície de aproximação.

Portanto, em grande parte da foz do rio Itajaí-açu, as limitações altimétricas são governadas por três superfícies de proteção: de aproximação, de transição e

horizontal interna. Entretanto, pode haver exceção a estas restrições de altura de objetos se for considerado que a obra é de interesse público nos termos do artigo 117 da Portaria N°957/GC3, e um estudo aeronáutico determinar que o prejuízo operacional seja considerado aceitável, neste caso, o(s) órgão(s) público(s) interessado(s) deverão “tomar conhecimento das medidas mitigadoras a serem implantadas e das conseqüentes restrições operacionais e avaliar os benefícios do empreendimento *versus* o prejuízo operacional no aeródromo envolvido [...]” (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2015, p. 48).

## 2.2 CIDADE DE ITAJAÍ

O produto interno bruto (PIB) da cidade de Itajaí, em 2012, foi R\$ 19.754.199.000 (R\$ 104.635,28 per capita, 2° maior PIB per capita do estado), o que a caracterizou como a maior economia do estado de Santa Catarina (maior PIB), 29° no ranking nacional (SANTAELLA, 2014). Quanto à composição do PIB, o valor adicionado bruto da agropecuária foi de R\$ 43.931.000; da Indústria foi de R\$ 1.793.367.000; dos serviços foi de R\$ 9.644.532.000. O restante, para completar o produto interno bruto, consiste em impostos sobre produtos líquidos de subsídios (IBGE, 201-).

O município, cuja área territorial é 288,286 km<sup>2</sup>, conta com uma população estimada, para 2015, de 205. 271 habitantes. O Índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM), para o ano de 2010, foi 0,795. A Frota de veículos da cidade, no ano 2014, foi de 78.603 automóveis, 4.568 caminhões, 26.525 motocicletas, 382 ônibus (IBGE, 201-).

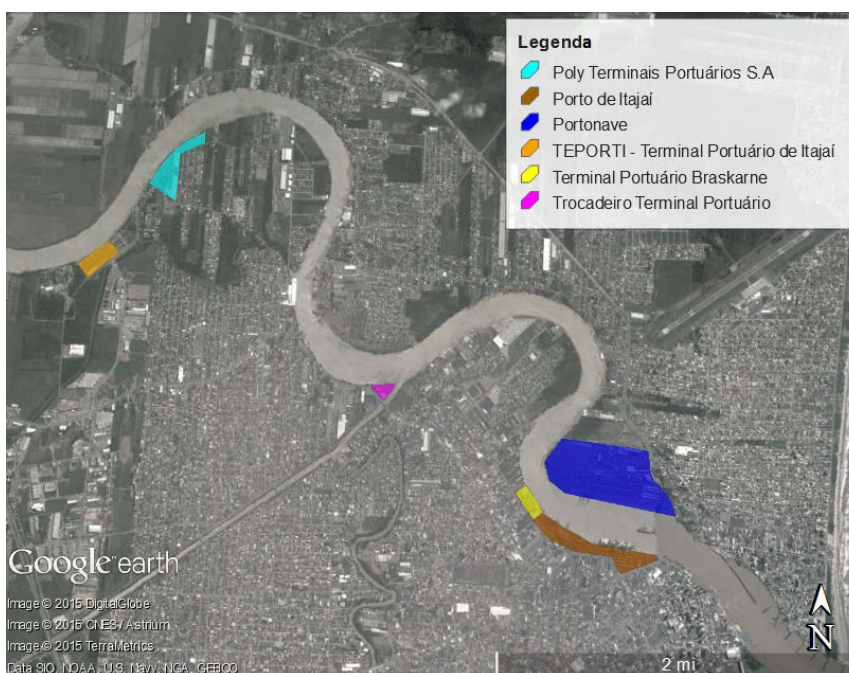
Quanto às empresas do município, em 2013, o município contava com 10.805 empresas atuantes e com 11.145 unidades locais. O quantitativo de pessoas ocupadas, nestas empresas, era de 90.772, com salário médio mensal de 3,2 salários mínimos (IBGE, 201-). Dentre as indústrias de Itajaí, as indústrias de pescados são responsáveis por uma parcela significativa da produção de pescados nacional. Quanto ao setor de serviços, as cidades de Itajaí e Navegantes abrigam um dos maiores complexos portuários do país em movimentação de contêineres. Este complexo portuário ocupa a segunda posição no ranking nacional no que diz respeito à movimentação de contêineres. O Porto de Itajaí, nome dado ao conjunto APM Terminals e o cais público, faz parte deste complexo portuário. Este porto teve movimentações de 393.609 e 411.234 TEUs nos anos de 2014 e 2013,



respectivamente. Em 2015, até o mês de setembro, a movimentação foi de 266.182 TEUs (PORTO DE ITAJAÍ, 2015b). Além dos terminais de carga, a cidade também conta com um píer turístico, que permite a atracação de navios de cruzeiro.

O complexo portuário engloba tanto os terminais localizados na margem norte (Navegantes), quanto os localizados na margem sul (Itajaí), sendo composto por 7 terminais: Porto Público e APM Terminais Itajaí, o conjunto destes dois terminais é chamado Porto de Itajaí; Portonave S/A, Terminais Portuários de Navegantes; Terminal Portuário Braskarne; Trocadeiro Terminal Portuário; Poly Terminal S/A; e Teporti Terminal Portuário Itajaí S/A (PORTO DE ITAJAÍ, 20--). As localizações destes terminais são mostradas na Figura 7.

Figura 7 - Localizações dos terminais portuários do complexo Portuário do rio Itajaí-açu.



Fonte: Google Earth Pro, adaptado pelo autor em 14 de novembro 2015.

Segundo os respectivos websites destes terminais, acessados em novembro de 2015, as profundidades dos acessos aos terminais são, aproximadamente: Porto de Itajaí (12,40m); para a Portonave, de acordo com o website da mesma, a profundidade de acesso é de 14 metros e está em aprofundamento, mas é provável que este dado esteja desatualizado, pois no website do Porto de Itajaí, a profundidade apresentada para o canal de acesso externo é de 12,4 metros, em publicação de 30 de outubro de 2015; Terminal Portuário Braskarne (9 metros);

Trocadeiro Terminal Portuário (9,5 metros), Poly Terminal S/A (7,5 com o objetivo de atingir 9.3 metros); Teporti Terminal Portuário Itajaí S/A (7,5 metros).

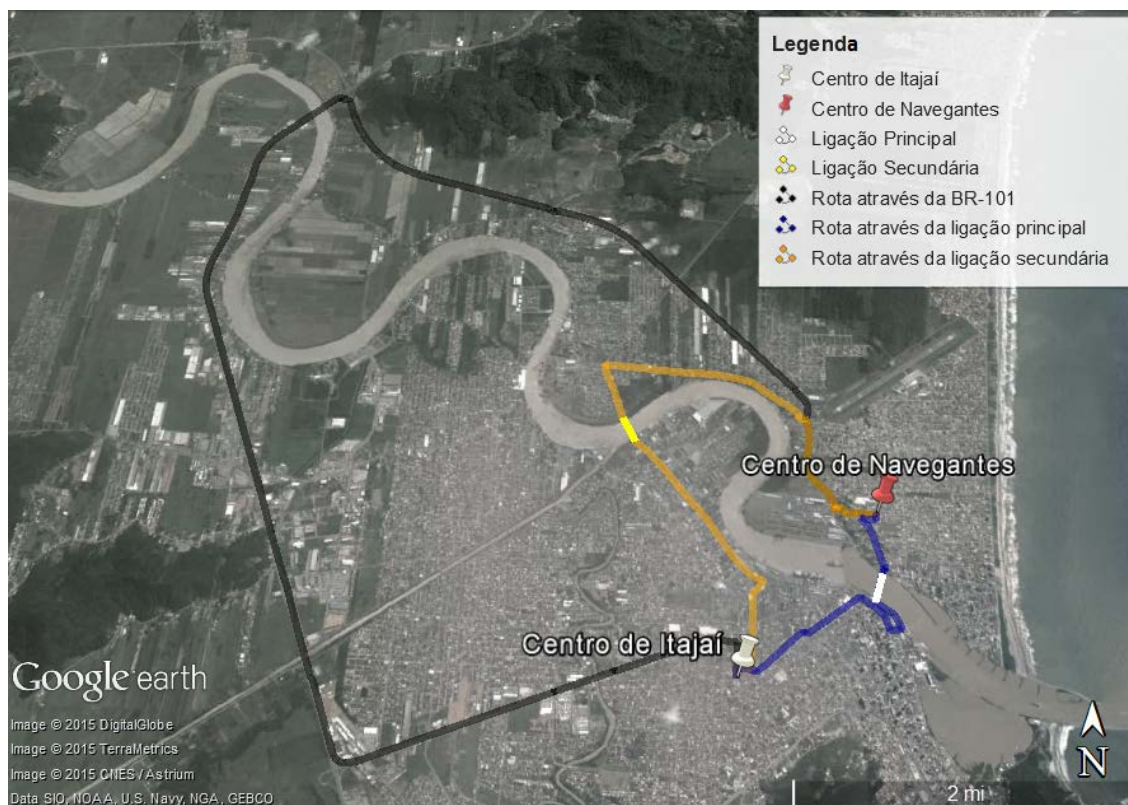
De acordo com notícia publicada na página da internet do Porto de Itajaí, Antônio Ayres, superintendente do porto de Itajaí, salienta que 70% do fluxo de comércio de Santa Catarina passa pelo complexo portuário do Itajaí (PORTO DE ITAJAÍ, 2013).

### 2.3 CONEXÕES ENTRE AS CIDADES DE NAVEGANTES E ITAJAÍ

As cidades são interligadas pela ponte sobre a BR-101, a qual se localiza aproximadamente no quilômetro 111 da mesma, e por dois cruzamentos *ferry boat* (ver Figura 8), dos quais o mais importante deles localiza-se mais a jusante no rio, nas regiões centrais de Itajaí e Navegantes, o que gera uma demanda maior, sendo chamado, neste trabalho, de ligação *ferry boat* principal, ou balsa principal. O outro cruzamento *ferry boat* será chamado de ligação *ferry boat* secundária, ou balsa secundária.

A distância para o modo rodoviário entre os centros das duas cidades, utilizando a BR-101, de acordo com medições feitas com Google Earth Pro 7.1, é de 22.9 km (ver na Figura 8 o traçado em cor preta) e o tempo de viagem previsto de 29 minutos. Já utilizando a ligação *ferry boat* principal, essa distância é de 3.9km (ver na Figura 8 o traçado em cor azul) e o tempo de viagem previsto de 35 minutos. Com a ligação *ferry boat* secundária (ver na Figura 8 o traçado em cor alaranjada), a distância é de 8,36 km, quanto ao tempo de viagem, o Google Earth Pro 7.1 não reconhece esta ligação como uma possível conexão, ou seja, não fornece um traçado passando por esta ligação, nem um tempo total de viagem; entretanto, é possível determinar o tempo para percorrer somente os trechos rodoviários, ou seja, sem levar em conta o tempo da travessia por balsa: trecho do centro de Itajaí até a balsa secundária; e trecho da balsa secundária até o centro de Navegantes. O tempo total para percorrer estes trechos rodoviários foi estimado em 20 min.

Figura 8 - Ligações *ferry boat* e trajetos entre os centros das cidades de Navegantes e Itajaí



Fonte: Google Earth Pro, adaptado pelo autor em 9 de novembro de 2015.

A ligação *ferry boat* principal opera 24 horas por dia e é composta por quatro embarcações, também chamadas de balsas, das quais duas são usadas para o transporte de motociclistas e pedestres, e duas para o transporte de automóveis. Cada um destes conjuntos de duas balsas operam simultaneamente. Elas precisam operar em sincronia, pois só existe disponibilidade para atracação de uma balsa de cada tipo em cada margem do rio. Tendo como referência um observador localizado em Itajaí, o seguinte processo se desenvolve para as balsas de veículos: a balsa navega de Navegantes à Itajaí, os veículos deixam a balsa, em seguida, os veículos com destino à Navegantes entram na balsa, após a lotação da mesma, esta se dirige a outra cabeceira. Depois disto, a outra balsa que faz a travessia de veículos chega ao terminal e o ciclo se repete. Processo similar acontece com as balsas de pedestres e motociclistas.

A maior parte da receita da Empresa de Navegação Santa Catarina, a qual tem a concessão das ligações *ferry boat*, provém da travessia de automóveis, apesar de o fluxo de pedestres, ciclistas e motociclistas ser maior. Isto ocorre porque estes últimos podem utilizar do passe livre, concedido pelo governo do estado. O

governo paga R\$1,25 para cada passe livre, independente da modalidade (pedestre, ciclista ou motociclista), e R\$ 0,62 em se tratando de estudantes. Segundo Jornal de Navegantes (2015), o diretor da empresa que administra o terminal, Diogo Hasse Weible, afirma que a empresa arca com grande parte do passe livre.

Os preços para realizar a travessia, que variam de acordo com a categoria, são, na balsa principal, R\$8,00; R\$2,00 e R\$1,30 (reais) para automóvel, motocicleta e pedestre, respectivamente. Para a balsa secundária, os preços são R6,50; R\$2,00; e R\$1,30 (reais) (ALVES, 2015).

## 2.4 ESTUDO SOBRE A DEMANDA DE TRÁFEGO NA BALSA E PESQUISA ORIGEM-DESTINO

Nesta seção é apresentada uma estimativa do volume de tráfego (automóveis) que utiliza a ligação *ferry boat* principal e uma estimativa do tempo total adicionado à viagem devido à utilização do *ferry boat*. Em seguida, como informação complementar, é apresentada pesquisa origem-destino realizada em Navegantes, na ligação *ferry boat* principal.

Ressalta-se que o estudo de tráfego realizado na balsa (seção 2.4.1) não foi adequadamente planejado. Portanto, não se tem plena segurança da validade dos resultados. Uma nova pesquisa pode testar estes resultados, para verificar quão próximos estão da realidade.

### 2.4.1 Estudo de tráfego realizado na balsa principal

Para se ter uma idéia quantitativa do fluxo de veículos que utiliza a ligação *ferry boat* principal, foram feitas contagens, em quatro dias diferentes, do dia 3 (segunda-feira) ao 6 (quinta-feira) de agosto de 2015, totalizando 12 horas e 36 minutos de contagens, as quais estão compreendidas entre às 6:00 e às 18:45, os períodos de contagem de cada dia são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Dias e períodos de contagem

| Dia        | Período de Contagem  |
|------------|----------------------|
| 03/08/2015 | 12h37min às 16h27min |
| 04/08/2015 | 06h07min às 10h00min |
| 05/08/2015 | 10h00min às 12h44min |
| 06/08/2015 | 16h38min às 18h45min |

Fonte: Do autor, 2015

O estudo foi realizado pelo autor, que se posicionou em frente ao terminal da balsa, no lado pertencente ao município de Itajaí. Para cada balsa que fazia a travessia, foram anotados: o horário em que os veículos foram liberados para deixar a balsa, vindos de Navegantes; o horário em que os veículos foram liberados para entrar na balsa, a partir de Itajaí; o horário em que a balsa partiu em direção a Navegantes. Estas obtenções de horário foram feitas utilizando telefone celular. Além disso, para cada balsa, foram feitas duas contagens de veículos (contagens mentais), uma dos veículos que chegavam à Itajaí, outra dos veículos que partiam de Itajaí. Todos estes dados foram anotados para posterior análise. Com base nestes dados, foram estimados alguns parâmetros, dentre eles: número médio de veículos automóveis por balsa; tempo de ciclo do conjunto de duas balsas, que corresponde ao tempo entre dois eventos sucessivos iguais, por exemplo, tempo entre a chegada de uma balsa e a chegada da balsa seguinte, ou, tempo entre a partida de uma balsa e a partida da balsa seguinte; tempo de travessia, que corresponde ao intervalo de tempo entre a partida de uma embarcação e a chegada da seguinte; tempo de entrada na balsa, que corresponde ao tempo entre a liberação para entrada de veículos e o horário de partida. As estimativas para os parâmetros descritos acima e outras informações da pesquisa são mostradas na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados da estimativa de tráfego na balsa da região central.

| <b>Resultados Gerais: análise dos dois sentidos de tráfego</b> |       |
|--|-------|
| Tempo total de contagem (horas)                                | 12,58 |
| Nº de travessias realizadas                                    | 145   |
| Nº de contagens realizadas                                     | 129   |
| Nº de veículos por balsa (média)                               | 25,6  |
| Tempo de ciclo do conjunto de duas balsas (min)*               | 10,5  |
| Tempo médio de travessia (min) (com base em 59 medições)       | 4,0   |
| Tempo de embarque dos veículos (min) (com base em 62 medições) | 4,5   |
| Tempo de desembarque dos veículos (com base em 57 medições)    | 2,4   |
| <b>Resultados Parciais: sentido Itajaí- Navegantes</b>         |       |
| Nº de balsas que partiram de Itajaí                            | 73    |
| Nº de contagens realizadas                                     | 65    |
| Nº de veículos por balsa: Média                                | 26,3  |
| <b>Resultados Parciais: sentido Navegantes-Itajaí</b>          |       |
| Nº de balsas que chegaram à Itajaí                             | 72    |
| Nº de contagens realizadas                                     | 64    |
| Nº de veículos por balsa: Média                                | 24,9  |

Fonte: Do autor, 2015

\*tempo entre a chegada à Itajaí de uma balsa e a chegada da balsa seguinte

Os veículos mencionados na Tabela 3, se referem à automóveis leves, já que representam a maioria dos veículos contados, embora tenham sido computados, em raras exceções, veículos maiores. Estes veículos maiores foram computados como um ou mais automóveis leves, geralmente foram computados como dois, pois, na maioria dos casos, se julgou que o espaço ocupado por estes veículos maiores é equivalente ao espaço ocupado por dois automóveis leves.

Com base nos resultados obtidos, é possível estimar o tempo total que a ligação por *ferry boat* adiciona ao tempo de viagem. Além disso é possível fazer um estimativa do fluxo diário. O tempo total varia, dependendo do momento de chegada à estação. Sendo otimista, ou seja, considerando que o motorista chegue a balsa imediatamente antes do bloqueio da entrada aos veículos, neste caso, o tempo total envolverá: o tempo de travessia (período de navegação) e o tempo que os veículos levam para desembarcar da balsa, o que resultaria em um tempo total de 6,4 minutos. Sendo pessimista, ou seja, considerando que o motorista chegou a balsa imediatamente depois da entrada ter sido interrompida, o tempo total passaria a incorporar, além de 6.4 minutos, mais o tempo de travessia da balsa, mais o tempo para embarque de veículos, resultando em 14,9 minutos. Portanto, o tempo varia entre 6.4 e 14.9 minutos. No caso de filas muito longas, pode ocorrer que o veículo não consiga embarcar na balsa seguinte, mas tenha que embarcar na segunda balsa a chegar na estação, neste caso, o tempo de travessia será entre 14,9 e 23,4 minutos, e assim por diante.

Quanto ao fluxo de veículos, embora não tenham sido realizadas contagens em todos os períodos do dia, nem em todos os dias da semana, faz-se aqui uma estimativa do fluxo diário, nos dias úteis (de segunda à quinta), para o período das 6 às 23 horas, com base nas estimativas desta pesquisa e a informação do parágrafo seguinte.

Conforme o relato de um morador de Itajaí, das proximidades da balsa, o tráfego é intenso até às 23:00, com congestionamentos, os quais são percebidos pela frequência de barulhos de buzina ouvidos até este horário, aproximadamente. Como as contagens foram feitas das 6:00 às 18:45, e considerando as informações de que o tráfego é intenso até às 23:00, uma estimativa do volume de tráfego neste período, das 6:00 às 23:00, é 5.016 veículos automóveis.

Importante ressaltar as possíveis fontes de erros inerentes a estas contagens e tomadas de tempo, as quais estão principalmente relacionadas a dificuldade de

realizar, um indivíduo, as contagens e tomadas de tempo. As tomadas de tempo incorrem em mais erros, porque, algumas vezes, os eventos não foram percebidos nos horários exatos em que aconteceram, casos em que eram geralmente estimados. Por exemplo, a saída de uma balsa era percebida um pouco depois de ter acontecido, situação em que o horário de saída era estimado ou descartado, dependendo do tamanho do lapso. Além disso, para se ter uma amostragem mais representativa do universo de eventos, o interessante seria fazer este estudo, também, em outros períodos do ano e nos fins de semana.

Além da contagem de veículos, também foram realizadas contagens de pedestres e motocicletas. Sendo quatro contagens de motocicletas, entre às 17:33 e às 18:26 do dia 6 de agosto de 2015, as quais renderam: 21, 26, 39 e 55, cuja média é 35.25 motocicletas. Além disso, neste mesmo intervalo de tempo, foram feitas três contagens de pedestres, que renderam os valores de 41, 47 e 53 pedestres. Importante ressaltar a dificuldade de realizar as contagens destas duas últimas categorias, pois o tráfego destas categorias, na saída da balsa, é rápido e intenso, o que torna a contagem difícil. Foi feito também um estudo da frequência das travessias das balsas de pedestres e motocicletas, para as quais se obteve 15 amostras, das quais 12 foram feitas no dia 6, e 3 foram feitas no dia 5, de agosto de 2015. Estas amostras, renderam uma média de 9.7 minutos, que é uma estimativa vaga do tempo de ciclo do conjunto de duas balsas, as quais fazem o transporte de passageiros e pedestres.

#### *2.4.2 Pesquisa origem-destino realizada na balsa*

Esta pesquisa foi realizada pela empresa Alleanza Projetos e Consultoria Ltda., tendo como ponto de coleta de dados a balsa que conecta os centros de Itajaí e Navegantes e aplicada por meio de entrevista com os usuários da balsa. A amostragem representativa e o número de amostras foram determinados com base na população de Navegantes, sendo que mil cento e uma (1101) entrevistas foram realizadas, com margem de erro máxima de dois pontos percentuais para mais ou para menos e nível de confiança de 95% (ALLEANZA, 2013).

A maior parcela dos entrevistados estava se locomovendo com automóvel: 597 dos entrevistados estavam de carro; 275 estavam a pé; 189 de motocicleta; 37 estavam de bicicleta, 2 estavam de caminhão; e um estava de van. É importante ressaltar que esta pesquisa não pode ser confundida com uma contagem de tráfego,

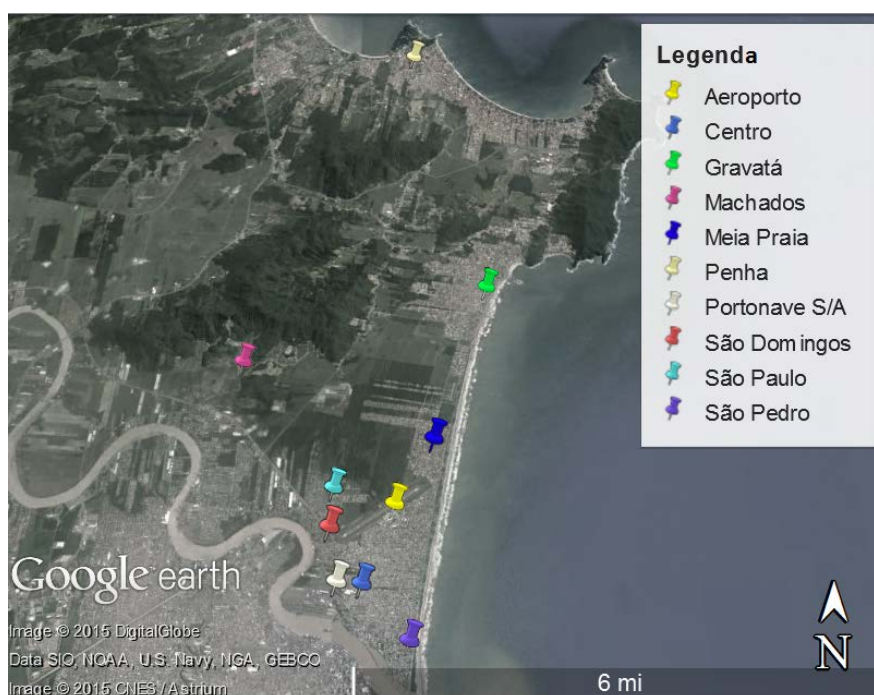


ou seja, não tem o intuito de determinar a quantidade de veículos ou pessoas que utilizam a balsa, mas o destino ou origem dos entrevistados: origem dos que deixam a cidade de Navegantes e destino dos que partem de Itajaí.

Embora não tenha sido o foco da pesquisa, a moradia dos entrevistados foi uma das perguntas realizadas, sendo possível constatar que uma parcela significativa dos entrevistados residiam em Balneário Camboriú (8,27%) e Penha (4,36%), municípios adjacentes à Itajaí e Navegantes, respectivamente. Isto mostra que a balsa serve não somente à Itajaí e Navegantes, mas também, em quantidade significativa, à usuários de outros municípios.

De acordo com o estudo, 45% dos entrevistados que chegaram à balsa com destino a Itajaí, vieram do bairro centro de Navegantes, depois do centro, os locais de origem com maiores números de entrevistados são Gravatá (11.73%) e Aeroporto (7.36%). As localizações aproximadas destes locais (bairros, cidade, aeroporto e porto) são indicadas na Figura 9.

Figura 9 - Localização aproximada dos principais locais de origem ou destino dos usuários da balsa principal.



Fonte: Google Earth Pro, adaptado pelo autor em 14 de novembro de 2015.

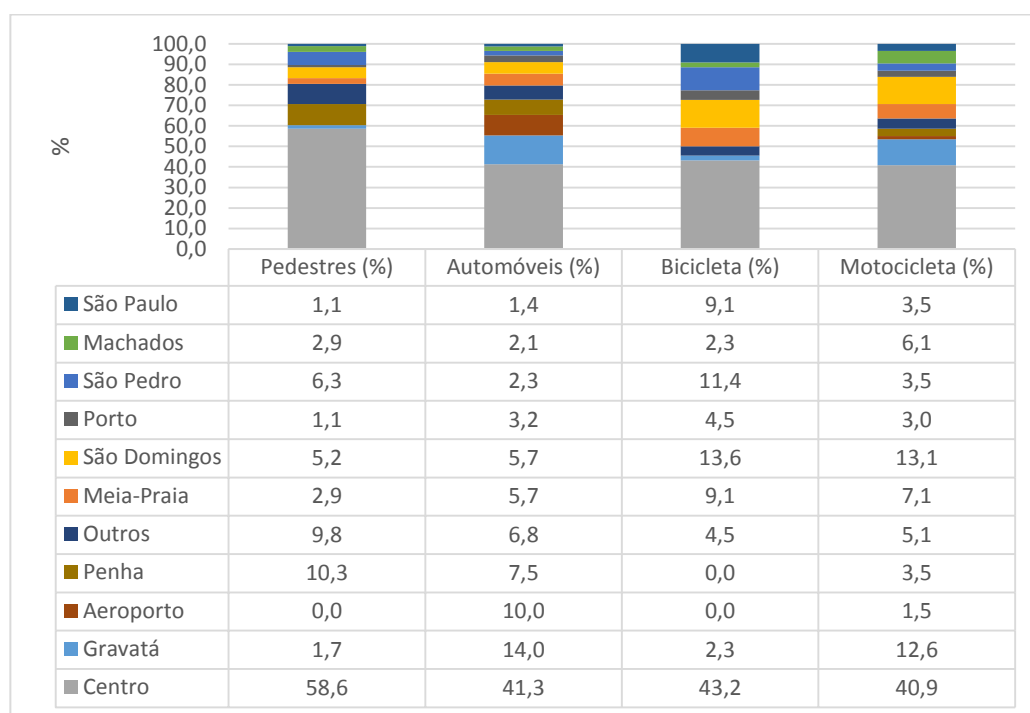
No sentido contrário, ou seja, Navegantes-Itajaí, a terceira posição no quesito



número de entrevistados ficou com o bairro São Domingos (indicado na Figura 9), com 9.25% dos entrevistados. A primeira posição ficou com o bairro centro, e a segunda, com o bairro Gravatá, com resultados parecidos com os da pesquisa no sentido Navegantes-Itajaí.

A ênfase desta pesquisa foi dada aos automóveis, ou seja, do total de entrevistas, a maior parte dos entrevistados estavam utilizando automóvel. Portanto, os resultados referentes a automóvel são mais representativos do universo de eventos. Os percentuais de origem e destino, por local e por meio de locomoção, são mostrados no gráfico da Figura 10.

Figura 10 - Percentuais de origem e destino para cada local por meio de locomoção



Fonte: Alleanza (2013), adaptado pelo autor (2015).

Estes resultados mostram que grande parte dos automóveis que se deslocam utilizando a balsa, tem origem ou destino no centro de Navegantes. Depois do centro, Gravatá e o Aeroporto são os principais locais de origem ou destino, seguindo a tendência comentada anteriormente. No que concerne à origem e destino dos pedestres, grande parte dos pedestres tem origem ou destino no centro de Navegantes. Embora o modo de motocicleta também tenha o centro como local principal de origem ou destino, notou-se que esse tráfego é mais disperso, ou seja,

distribuído nos outros bairros. Ademais, diferente do registrado para automóveis, o aeroporto não é destino nem origem de motocicletas, registrando apenas 1,52% deste montante. Para finalizar, os resultados origem/destino para bicicletas são mais distribuídos entre os bairros se comparado aos resultados obtidos para automóveis. Além disso, nota-se também que a grande maioria dos usuários da balsa tem origem ou destino na região mais litorânea.

## 2.5 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

Com base nas informações contidas neste capítulo, aprecia-se a importância logística da região para o estado de Santa Catarina e o potencial de crescimento da mesma. Em particular, foram citados o aeroporto de Navegantes e o Complexo Portuário do Itajaí. Este último, não se limitando somente aos principais terminais, que são o Porto de Itajaí e a Portonave, mas se estendendo mais a montante no rio, onde são localizados os demais terminais.

Além disso, foi apresentado o aeroporto de Navegantes, não somente no que diz respeito à importância do mesmo para o estado de Santa Catarina, mas também no que concerne às restrições aos objetos projetados no espaço aéreo, onde se observa que a maior parte do trecho do rio Itajaí-açu entre a foz do rio e a ponte do km 111 da BR-101 está sob a superfície horizontal interna, que está localizada 45 metros acima da elevação do aeródromo.

Ademais, foram verificadas as conexões entre as cidades de Itajaí e Navegantes, e foi visto que o único modo disponível para transitar entre as cidades, nas regiões centrais das mesmas, é o *ferry boat*, o qual é usado tanto para a travessia de automóveis, quanto para transporte de pedestres, motociclistas e ciclistas, com origem ou destino, principalmente, na região central de Navegantes. Além disso, a tentativa de estimar o volume de tráfego de veículos automóveis chegou a um valor de 5016 unidades, entre as 6:00 e as 23:00 horas, em determinados dias da semana, para a semana estudada.

### 3 PROGNÓSTICO DA REGIÃO

Antes da análise das propostas de travessia do rio, é importante conhecer a forma como a região vai se desenvolver, no que compete a este trabalho, principalmente o desenvolvimento do complexo portuário e do aeroporto, para que se possa fazer uma análise das propostas de travessia do rio, levando em conta o cenário futuro, evitando assim, futuros conflitos indesejáveis.

Com o intuito de evitar futuros conflitos, são analisados, nesta seção, projetos futuros idealizados para a região, principalmente relacionados ao aeroporto e aos portos, que foram julgados relevantes para a análise das propostas de travessia do rio Itajaí-açu.

#### 3.1 NOVA BACIA DE EVOLUÇÃO DO COMPLEXO PORTUÁRIO

O projeto de expansão do porto de Itajaí engloba a construção da bacia de manobras (ou de evolução) do saco da fazenda, de 265,1m metros de raio, com centro no ponto de coordenadas UTM: 733.703,4271 leste; 7.021.128,6688 norte. Não foi especificado, no relatório referenciado no final deste parágrafo, qual foi o sistema de coordenadas utilizado, considerou-se, para este trabalho, que foi o sistema WGS-84 e que a região em estudo está na zona 22. A Nova bacia de evolução é parte do projeto que pretende consolidar a profundidade oficial de 14 metros para o porto de Itajaí. A Figura 11 mostra um desenho da mesma (HIDROTOPO CONSULTORIA, 2014).

Figura 11 - Nova bacia de evolução do complexo portuário



Fonte: Google Earth Pro, adaptado pelo autor em 15 de novembro de 2015.

A bacia tem atualmente 400m de diâmetro, permitindo manobra de navios de até 294 metros (embarcações panamax). Com a expansão, navios de última geração (pós panamax), de 366 metros de comprimento poderão utilizar o porto. De acordo com notícia (referenciada no final deste parágrafo) publicada no website do Porto de Itajaí, Antônio Ayres, superintendente do porto de Itajaí, defende que a expansão do porto é imprescindível para que navios de grande porte tenham acesso ao porto com maior fluidez (PORTO DE ITAJAÍ, 2013).

A expansão é proposta em duas partes. No que diz respeito à primeira fase:

A obra possibilitará ao Complexo – formado pelo Porto Público, APM Terminals Itajaí, Portonave Terminal Portuário de Navegantes e demais terminais instalados a montante – operar navios com até 335 metros de comprimento com 48 de boca. Hoje o Complexo está limitado a operações com navios com o comprimento máximo de 306 metros. O prazo para a conclusão da obra é de 18 meses, contados a partir de março deste ano, quando foi assinado o contrato pelo Governo do Estado e emitida a ordem de serviço (PORTO DE ITAJAÍ, 2015c).

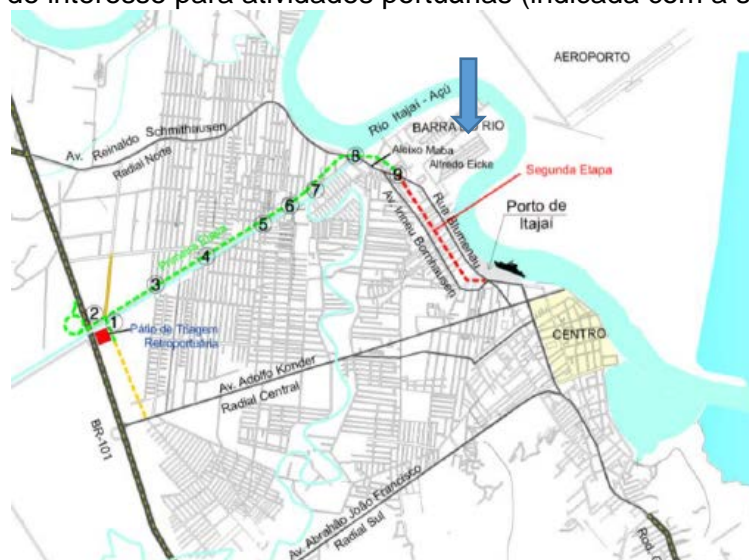
Para a primeira fase, será adotada, para a nova bacia de evolução, uma profundidade de 13m com 0.5m de tolerância vertical. O projeto da nova bacia de evolução (primeira e segunda fase) foi feito utilizando dois navios de referência, os quais têm calados de operação de 12.9m e comprimentos em torno de 366m (HIDROTOPO CONSULTORIA, 2014).

### 3.2 VIA EXPRESSA PORTUÁRIA

A expressa portuária é proposta como uma via exclusiva para caminhões que conectará a BR-101 ao porto de Itajaí. A obra iniciou em 2009, mas está parada desde 2012 (O SOL DIÁRIO, 2014). Uma das razões que tem mantido a obra parada é que “o DNIT tem enfrentado entraves na liberação de verbas para uma série de obras no país. [...] Do total de R\$ 16 milhões previstos para a nova etapa de desapropriações, parte ainda não foi repassada” (O SOL DIÁRIO, 2015).

A prefeitura de Itajaí prevê, que devido a esta obra, deverá surgir uma nova região de interesse para atividades portuárias. Esta região é indicada com a seta azul na Figura 12, corresponde à região entre a rua Leodegário Pedro da Silva e a margem direita do rio Itajaí-Açu (DOWELL, 2007).

Figura 12 - Traçado da via expressa portuária (linhas tracejadas verde e vermelha) e provável área de interesse para atividades portuárias (indicada com a seta de cor azul)



Fonte: Dowell (2007)

### 3.3 AEROPORTO DE NAVEGANTES: PROJETO DE NOVA PISTA

Desde 2009 a Infraero tem o projeto de reforma e ampliação do aeroporto de Navegantes, devido a um grande aumento da demanda do aeroporto, que ocorreu na época. Em 2010 e 2011 a obra foi revisada pensando no novo cenário. A previsão é de ter a nova pista formando, quando justaposta com a pista em operação, uma figura geométrica com o formato da letra vê, mostrada na Figura 13 sobre o mapa de macrozoneamento da cidade de Navegantes (PEREIRA, 2013).

Figura 13 - Nova pista (com início próximo ao canto superior esquerdo da figura) do aeroporto de Navegantes justaposta com a pista atual



Fonte: Prefeitura de Navegantes (2007)

Um nova pista implica em novas superfícies limitadoras de obstáculos (descritas na seção 2.1.1), as quais devem ser levadas em conta quando se tem o intuito de erigir objetos nesta região, para assegurar que as operações da pista não sejam prejudicadas ou impossibilitadas.

### 3.4 NOVA MARINA EM ITAJAÍ

Está sendo construída na baía Afonso Wippel, conhecida também como Saco da Fazenda, uma marina que será a maior marina do Brasil (ver Figura 14). A conclusão total da obra está prevista para 2019, sendo que a primeira parte do empreendimento deve estar concluída no fim de 2015 (DEARO, 2015).

Figura 14 - Nova marina de Itajaí: como a marina será depois de concluída



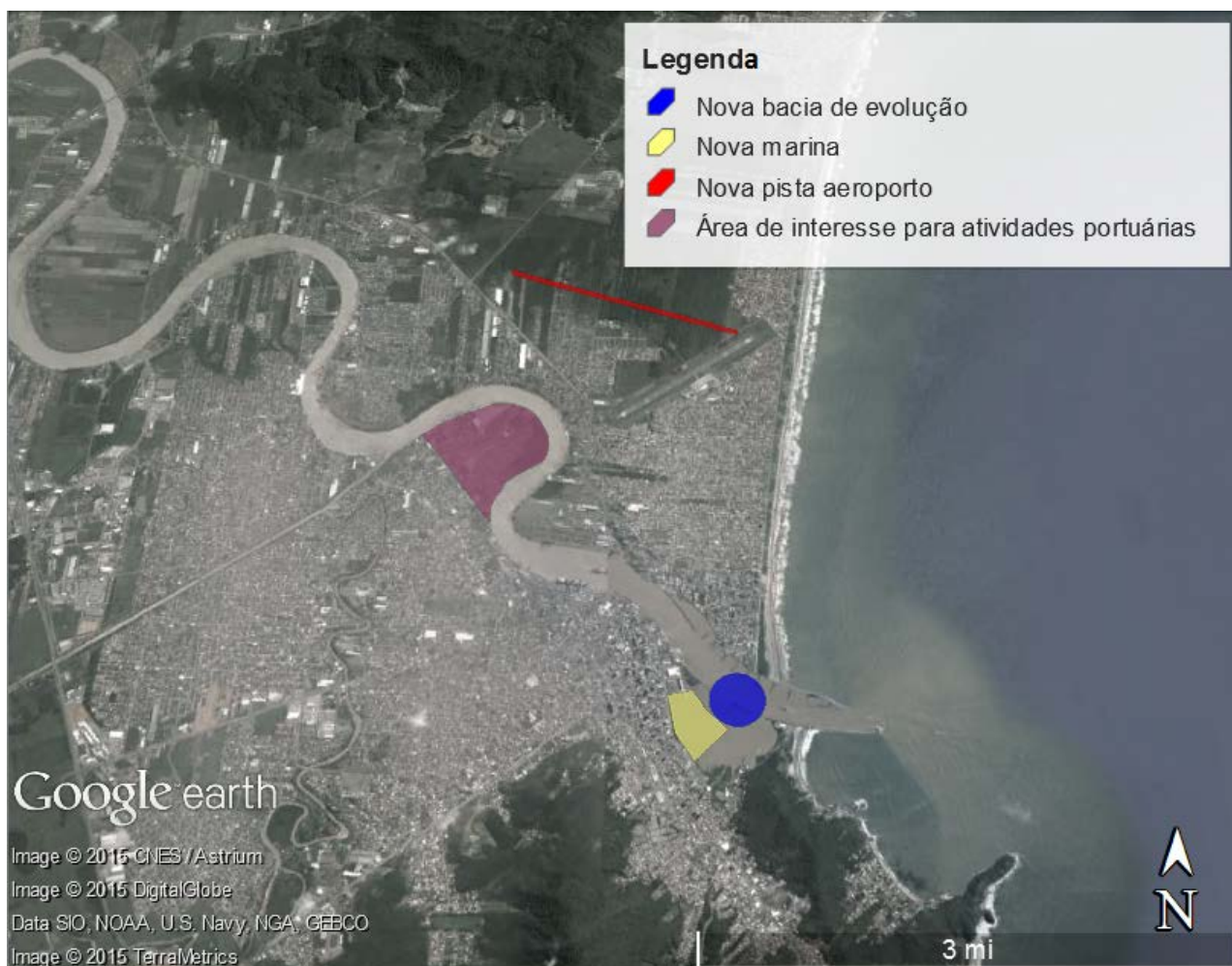
Fonte: Dearo (2015)

### 3.5 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

A Figura 15 mostra os projetos descritos neste capítulo, os quais devem ser levados em consideração quando da análise de alternativas para travessia do rio. A bacia de evolução, a marina, e a área de interesse para atividades portuárias que surge com a via expressa portuária condicionam ou inviabilizam uma obra para travessia nas áreas abrangidas pelas mesmas. A nova pista do aeroporto impõe, assim como a pista atual, restrições de altura para objetos nos seus arredores.



Figura 15 - Representação em mapa da nova bacia de evolução, da nova marina de Itajaí, da área de interesse para atividades portuárias e da nova pista do aeroporto



Fonte: Google Earth Pro, adaptado pelo autor em 15 de novembro 2015 com base em Morozowski (2012) e Carpe (2015).

## 4 ESTUDOS E PROPOSTAS EXISTENTES PARA TRAVESSIA DO RIO ITAJAÍ-AÇU

Este capítulo apresenta três documentos existentes relacionados a estudos e propostas para a travessia do rio Itajaí-Açu. Em 2002, a empresa: Sociedade Técnica de Estudos, Projetos e Assessoria Ltda. (SOTEPA) apresentou um relatório intitulado “Estudos a nível de projeto básico para definir a melhor solução para travessia do rio Itajaí-Açu, interligando os municípios de Itajaí e Navegantes”, concluindo com a escolha de uma posição para a obra de engenharia e com a elaboração de um projeto básico de túnel imerso. Em 2008 a empresa Assessoria para projetos especiais (APPE) apresentou um estudo conceitual para uma ponte interligando os municípios de Itajaí e Navegantes, e por fim, outro projeto foi proposto em 2009 pela Secretaria de Planejamento e Orçamento (SEPLAN), propondo uma ponte como forma de realizar a travessia. As informações apresentadas nas seções 4.1, 4.2, 4.3 foram retiradas dos próprios estudos/projetos.

### 4.1 ESTUDO E PROPOSTADA DA EMPRESA SOTEPA (2002)

Para os estudos hidrológicos à proposta, foram coletadas informações sobre casos históricos do regime fluvial do rio Itajaí-açú, obtidas junto à superintendência do porto de Itajaí. Vale ressaltar que a velocidade da corrente, nos dias 10 e 11 de julho de 1983 (enchente histórica), foi aproximadamente 12 nós. No que diz respeito aos estudos geotécnicos e à passagem das embarcações que utilizam os portos, o relatório redigido pela SOTEPA aponta que,

Observou-se através das diversas sondagens do baixo estuário do rio Itajaí-Açu que a partir da cota -10 (IBGE) existe uma camada com resistência crescente, formando um substrato que esta sendo usado comumente na região como referência para apoio das fundações profundas (SOTEPA, 2002).

Segundo a praticagem do Porto de Itajaí, deve-se prever um gabarito mínimo em torno de 55,00 metros, isto para a altura dos navios que atualmente chegam ao Porto de Itajaí. Com a passagem do calado de 10,30 metros para 12,00 metros, as exigências quanto ao gabarito deverão ser ainda maiores (SOTEPA, 2002).

A praticagem do porto de Itajaí alertou que as pontes em portos brasileiros com porto a montante têm altura livre considerável, afirmando que a ponte Rio-Niterói tem 72 metros, a ponte Vitória tem 68 metros e que estudos em ponte alta



sobre o rio Guaíba preveem altura livre de 75 metros, devido às exigências da marinha.

Analisando a região, inclusive com sobrevoo, o estudo da SOTEPA selecionou três regiões para a travessia. As razões desta seleção foram as condições aparentemente favoráveis de sistemas viários e condições de travessias, além disso, foram considerados principalmente 2 tipos de obra: túnel imerso, ponte alta. Foi cogitada a opção ponte móvel, mas foi descartada devido ao intenso tráfego de embarcações no canal, que interromperia frequentemente o tráfego de veículos. Nos parágrafos seguintes são explicadas as alternativas consideradas, cujas posições são mostradas na Figura 16.

Figura 16 – SOTEPA: Posições das alternativas consideradas



Fonte: Google Earth Pro, adaptado pelo autor em novembro de 2015 com base em SOTEPA (2002)

A opção 1a, que é a opção mais a jusante no rio, indicado na Figura 16, conecta a rodovia de acesso à praia do Atalaia e a avenida Atlântica de Navegantes (o relatório não continha um desenho deste traçado; portanto, este é um traçado aproximado, baseado na interpretação do relatório). Um túnel, na região deste traçado foi desconsiderado devido à impossibilidade de alargamento da rodovia de acesso a praia do Atalaia, devido a aspectos ambientais e aos altos custos das

desapropriações que seriam necessários. Uma ponte alta foi também desconsiderada com base nestes mesmos argumentos. Também, se afirmou que esta região estaria muito distante dos centros das cidades, inviabilizando a travessia de pedestres. Além deste traçado, também foi cogitado um traçado sobre aterro hidráulico ou mecânico, contornando a orla marítima (embora no relatório não tenha ficado bem claro o lugar exato deste aterro, entendeu-se que este estaria localizado na baía Afonso Wippel, chamada também de Saco da Fazenda, indicada na Figura 16), margeando a rodovia de acesso a praia do Atalaia), sobre o qual seria assentado o leito estradal. Porém, esta alternativa foi logo descartada devido aos impactos ambientais que resultariam da construção deste aterro.

A opção 1b conecta a Avenida Victor Konder e a avenida Atlântica de Navegantes. Um túnel esbarraria em questões ambientais, além de dificuldades relacionadas às desapropriações. No que diz respeito à ponte, embora tenha sido considerada uma solução esteticamente atrativa, a necessidade de construção de longos viadutos de acesso tornaria a obra cara. Para atingir a altura requerida, o comprimento total da ponte e viadutos de acesso seria de 2090m.

A opção 2 encontra-se bem posicionada para o trânsito de veículos e de pedestres, pois está próxima às regiões centrais de Itajaí e Navegantes. As opções de ponte ou túnel foram analisadas para esta região. A alternativa de ponte, na região deste traçado, foi desconsiderada, devido a necessidade de altura livre da ponte em congruência com a altura dos navios dos portos, ou seja, ponte teria que ser muito alta. Como esta região é relativamente desenvolvida em termos de urbanização, a construção das rampas de acesso a ponte provavelmente gerariam transtornos e um número excessivo de desapropriações. Além disso, segundo a prefeitura de Itajaí, toda a região da marejada estava sendo preparada para uma reurbanização; portanto, o local não é propício para este tipo de obra. Por outro lado, chegou-se a conclusão que um túnel imerso com este traçado seria a melhor solução porque não interagiria com as embarcações se fosse construído em cota suficientemente profunda em relação ao calado das embarcações. Além disso, é uma solução de travessia menos extensa que ponte. O relatório afirma que a alternativa 2 atende melhor as necessidades de tráfego de Itajaí e a perspectiva de expansão turística de Navegantes.

A opção 3 apresenta a desvantagem de estar afastada das regiões centrais das cidades. Quanto ao tipo de obra, uma ponte nesta posição, a primeira vista,

pareceu uma opção atrativa, evitando os grandes navios que frequentam o complexo portuário, visto que está a montante do mesmo. Entretanto, na época da elaboração do relatório pela SOTEPA, a Petrobrás previa construir um terminal, que implicaria em embarcações altas trafegando neste local do rio. Além disso, os barcos de pesca maiores exigem um gabarito de no mínimo 25 metros. A solução ponte móvel foi descartada devido à quantidade de operações de abertura/fechamento que seria necessária para atender o intenso tráfego de embarcações pesqueiras. No que concerne a túnel, esta solução apresentaria a única vantagem de permitir um túnel mais curto.

#### 4.2 ESTUDO E PROPOSTA DA EMPRESA APPE (2008)

No que diz respeito às alternativas de travessia o documento em estudo afirma:

Ao longo dos anos vários estudos foram conduzidos com o objetivo de resolver os problemas advindos da falta de ligação. Alguns desses considerando a alternativa da construção de uma ponte, algumas mais a montante do rio e outras mais a jusante, e ainda um estudo considerando a construção de um túnel imerso. Todas as situações apontadas por esses estudos apresentam vantagens e desvantagens em relação umas às outras, embora nenhuma delas tenha, ainda, sido considerada de consenso a ponto de ter sido materializada (APPE, 2008, p. 6).

As alternativas já estudadas, referidas no parágrafo anterior, são mostradas na Figura 17, a legenda indica o nome dado a cada uma delas na época do estudo.

Figura 17 - APPE: Alternativas analisadas



Fonte: Google Earth Pro, adaptado pelo autor em 15 de novembro de 2015.

A Tabela 4 apresenta as vantagens e desvantagens de cada alternativa.

Tabela 4 - Análise das alternativas

| Alternativa                            | 1 (ponte)   | 2 (ponte)  | 3 (ponte)   | 4 (túnel)   | 5 (ponte)   | 6 (ponte)  | 7 (ponte)  |
|--|---|--|---|---|---|--|--|
| Tráfego Local<br>X Tráfego<br>Passagem | Facilita tráfego de passagem minimizando interferência urbana                         | Induz tráfego de passagem na Atalaia e cabeçadas | Induz tráfego de passagem no centro de Itajaí               | Induz tráfego de passagem no centro de Itajaí e Navegantes  | Induz tráfego de passagem no centro de Itajaí e Navegantes  | Desvia tráfego de passagem no centro de Itajaí e Navegantes            | Desvia tráfego de passagem no centro de Itajaí e Navegantes            |
| Fluxo Turístico                        | Favorece a rota interpraiais  | Favorece a rota interpraiais                     | Favorece a rota interpraiais com maior interferência urbana | Favorece a rota interpraiais com maior interferência urbana | Favorece a rota interpraiais com maior interferência urbana | Não atende a rota interpraiais   | Não atende a rota interpraiais   |
| Acessibilidade Porto Navegantes        | Facilita o tráfego de carga entre os dois portos                                      | Proíbe o tráfego de caminhões                    | Proíbe o tráfego de caminhões                               | Proíbe o tráfego de caminhões                               | Proíbe o tráfego de caminhões                               | Permite o tráfego de caminhões e favorece os terminais retroportuários | Permite o tráfego de caminhões e favorece os terminais retroportuários |
| Sistema de acesso                      | Deve ser estudada detalhadamente a integração dos acessos p/ minimizar interferências | Severamente restrito no lado de Itajaí           | Restrito do lado de Itajaí                                  | Restrito do lado de Itajaí                                  | Severamente restrito nos dois lados                         | Interfere no tráfego aéreo de Navegantes                               | Sem restrições   |
| Balsa principal X balsa secundária     | Devem permanecer as duas ligações por balsa, mas para transporte de passageiros       | Devem permanecer as duas ligações por balsa      | Desativa o balsa Principal e permanece a secundária         | Desativa o balsa Principal e permanece a secundária         | Desativa o balsa Principal e permanece a secundária         | Permanece a balsa principal e desativa a secundária                    | Permanece a balsa principal e desativa a secundária                    |
| Paisagem Urbana                        | Excelentemente favorecida   | Fortemente Favorecida                            | Fortemente favorecida                                       | Desfavorecida   | Favorecida  | Desfavorecida  | Favorecida   |
| Vão/ custo                             | Grande  | Grande   | Grande  | Médio   | Pequeno   | Pequeno  | Médio  |

Fonte: APPE (2008), adaptado pelo autor em novembro de 2015

Após análise das possibilidades, a APPE optou por ponte com o traçado mostrado em cor vermelha na Figura 17 (alternativa 1) e desenvolveu esta opção a nível de estudo conceitual. Um desenho da ponte idealizada é mostrado na Figura 18.



Figura 18 - APPE: Desenho da ponte idealizada



Fonte: Relatório APPE, 2008.

A APPE, para o estudo conceitual elaborado, adotou dados de fundações utilizados para uma ponte em um local um pouco mais afastado, sendo adotadas fundações profundas em rocha que, presumiu-se, estão entre 12 e 15 metros de profundidade. No que diz respeito à altura livre da ponte, discutiu-se a altura de 50m; porém, foi relatado que na reunião com responsáveis pelo porto de Itajaí, foi manifestada inquietação quanto a este valor. A APPE recomendou que este assunto fosse melhor pesquisado para se chegar a um gabarito satisfatório.

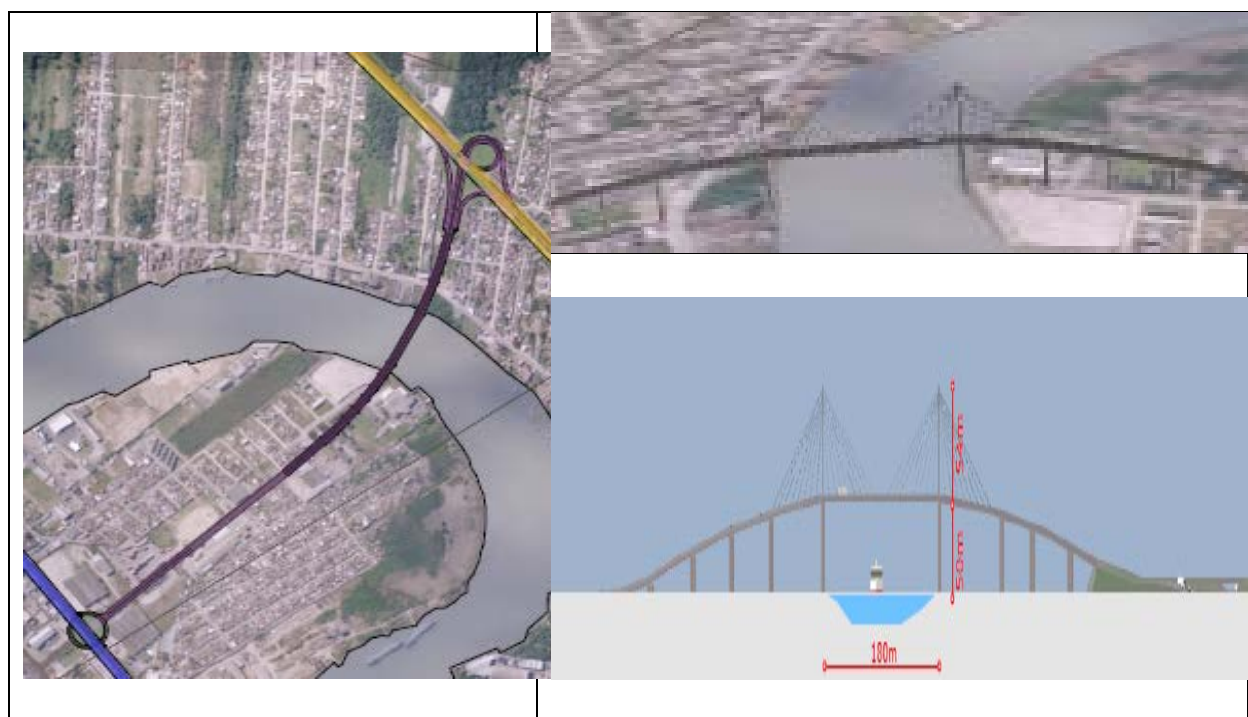
Além disso, A APPE realizou estudo de tráfego em 1998 para uma outra ponte bem mais a montante da posição escolhida no estudo de 2008. Este estudo de 1998, foi utilizado para inferir o volume médio diário anual (VMDA) da obra idealizada no estudo de 2008. A APPE fez alguns ajustes nos valores e apresentou uma estimativa inicial para o VMDA que utilizaria esta obra. Esta estimativa tem como base as pesquisas de origem e destino realizadas na BR-470 na época, para estimar o número de veículos que se desloca entre Itajaí e Navegantes através da BR-101 e BR-470. Desta pesquisa, verificou-se que 18,4% dos veículos que trafegam por esta rodovia faziam este percurso. Além disso, foram utilizados os números de veículos que utilizavam as balsas naquela época (1998). O resultado apresentado no relatório, para o ano de 2008, em Unidade de carro de passeio (UCP), para o VMDA, é 9.350 veículos. Na época de alta temporada, estimou-se que

esse valor possa ultrapassar 12.000 e mesmo chegar a valores próximos de 15.000. Para o ano de 2015, para o período da pesquisa, o qual não é o período de alta temporada, com base neste mesmo estudo, a estimativa obtida foi de 14.134 UCP. Para o ano de 2028, 30147 UCP.

#### 4.3 PROPOSTA DA SEPLAN (2009)

A posição idealizada para este projeto de ponte é a mesma da alternativa de número 6 da Figura 17. Em um dos extremos, a obra faz ligação com a BR-470, indicada em cor amarela, no outro, faz ligação com o segundo trecho da via expressa portuária, indicado em cor azul, o qual ainda não se concretizou, mas que existe em projeto. A Figura 19 mostra desenhos da obra idealizada.

Figura 19 - Desenhos da obra idealizada






Fonte: SEPLAN (2009)

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

A Tabela 5 mostra uma imagem de cada uma das propostas, as vantagens e desvantagens, e algumas características das propostas, as quais serão analisadas no capítulo 55. A proposta da SEPLAN não apresenta vantagens nem desvantagens, porque no documento utilizado como referência, não é apresentada uma análise de alternativas.

Tabela 5 - Propostas desenvolvidas pela SOTEPA, APPE E SEPLAN

| Quem Propôs            | SOTEPA   | APPE  | SEPLAN  |
|------------------------|--|---|---|
| Tipo de obra           | Túnel imerso   | Ponte estaiada  | Ponte estaiada  |
| Mapa                   |   |   |  |
| Vantagens              | Não interfere com o tráfego das embarcações; resulta em um número menor de desapropriações que se fosse ponte; está localizado nas regiões centrais; | Facilita tráfego de passagem, minimizando interferência urbana; favorece a rota interpraías; Facilita o tráfego de cargas entre os dois portos; Paisagem urbana é favorecida; | Não foram apresentadas;   |
| Desvantagens           | Não foram apresentadas;  | Deve permanecer as ligações <i>ferry boat</i> , mas para a travessia de passageiros; Considerável vão livre e alto custo.   | Não foram apresentadas;   |
| Altura das torres (m)  | N/A  | 135   | 104   |
| Altura livre           | N/A  | Discutiu-se 50 metros   | 50 metros   |
| Dragagem permitida até | 12 metros de profundidade  | N/A   | N/A   |

Fonte: Do autor, com base em SOTEPA (2002), APPE (2008), SEPLAN (2009).



## 5 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA DE SOLUÇÕES DE ENGENHARIA PARA TRANSDIÇÃO DE OBSTÁCULOS AQUÁTICOS, CONSIDERANDO O CENÁRIO DA REGIÃO EM ESTUDO

Esta capítulo apresenta uma análise dos tipos de obra (ponte e túnel) que podem ser utilizadas para transposição de cursos d'água, com enfoque para as soluções adotadas rotineiramente em cenários similares ao cenário em estudo, ou seja, em canais portuários e , além disso, nas proximidades de aeroportos. Ademais, são apresentados estudos de caso relacionados a este cenário.

Entre os estudos de caso, apresenta-se o problema referente a altura livre da ponte bayonne , localizada na região referente ao complexo portuário de Nova Iorque e Nova Jérsei, e a solução adotada para resolver o problema. Faz-se também, uma comparação do cenário em que a ponte bayonne está inserida com o cenário da foz do rio Itajaí-açu, com o intuito de se obter uma estimativa da altura livre que deve ser provida por uma ponte localizada a jusante do Porto de Itajaí.

### 5.1 A SELEÇÃO DO TIPO DE OBRA: PONTE OU TÚNEL

Alguns fatores devem ser considerados quando da escolha do tipo de obra que melhor se adequa ao cenário existente:

No que diz respeito a escolha por ponte ou túnel, apesar de ponte ser a forma mais comum para travessia de obstáculos aquáticos, nem sempre esta é a solução adotada, talvez a opção mais adequada seja túnel, alguns fatores relacionados ao cenário em que a obra será inserida devem ser considerados. Túneis são geralmente mais caros que pontes; portanto, para que um túnel seja escolhido ao invés de ponte, deve haver alguma razão adicional que leve a optar por túnel. Por exemplo, O túnel *Øresund*, que é um túnel submerso e é parte do *Øresund fixed link*, entre a Dinamarca e a Suécia, foi a solução adotada ao invés de ponte, porque uma ponte com o vão livre necessário para atravessar o canal de navegação teria torres muito elevadas, as quais seriam inaceitáveis próximas ao aeroporto de Copenhague. Outro cenário que pode ser impeditivo para a construção de uma ponte, é uma área muito urbanizada, onde não exista espaço para a construção de rampa de acesso, ou ainda, nos casos em que o espaço ocupado pelas rampas impediria o uso do solo para outra finalidade prevista.

Além disso, em canais de acesso utilizados por navios, as pontes precisam ter altura livre suficiente para a passagem dos navios. Os navios têm altura [ distância, na direção vertical, da linha d'água ao ponto mais alto da embarcação ] maior que o calado [ distância, na direção vertical, da linha d'água ao ponto mais inferior da embarcação, abaixo da linha d'água ]. Por esta razão, a distância na direção vertical, entre o tabuleiro da ponte e a superfície da água, vai ser maior que a distância entre a superfície da água e o túnel. No caso de ponte com uma altura livre de 60 metros, a plataforma de rolamento estaria localizada em torno de 65 metros acima da

superfície da água. Por outro lado, para um canal de 20 metros de profundidade, a plataforma de rolamento de um túnel imerso estaria em torno de 30 metros abaixo da superfície da água (LUNNISS e BABER, 2013, p. 46, tradução nossa).

## 5.2 PONTES

Ponte é o tipo de obra de engenharia que é utilizado com mais frequência para transposição de obstáculos aquáticos. As pontes são classificadas, quanto à estrutura, em estaiada, de vigas, treliça, pênsil, balanço, entre outras variantes. Uma das diferenças entre estes tipos é o vão livre que pode ser alcançado: a ponte de vigas de concreto simples é geralmente usada com vão livre em torno de 76.2 metros ou menos (HPM, 200-); quanto à ponte em balanço, a ponte *Stolmasundet*, na Noruega, tem vão livre de 301 metros e é considerada a ponte deste tipo com o maior vão livre já construída (HONÓRIO, 2007); pontes em arco já foram construídas com vão livre de mais de 500 metros; pontes de treliça já foram construídas com mais de 500 metros de vão livre; existem pontes estaiadas com vão livre em torno de 1100 metros; no que diz respeito à ponte pênsil, a ponte Akashi-Kaikyo, no Japão, é considerada a ponte com o maior vão livre do mundo, o qual mede 1991 metros (LBE, 2006). Nos parágrafos seguintes, são apresentadas algumas soluções de ponte adotadas no exterior nas situações descritas na introdução deste capítulo.

A ponte *Tokyo Gate*, localizada no Japão, teve o lançamento em fevereiro de 2012 (JAPANTODAY, 2012). Quanto à tipologia estrutural, é uma ponte de treliça em balanço. A Figura 20 mostra um foto desta ponte e informações (vão livre, altura máxima, altura livre, extensão total e cenário da obra).

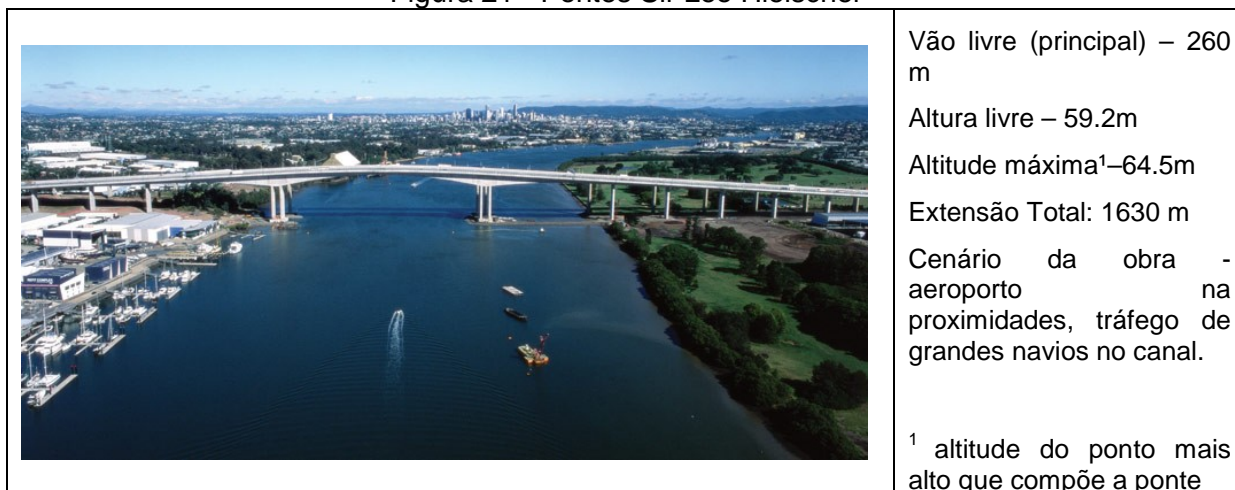
Figura 20 - Ponte Tokyo Gate



Fonte: Mlitt (2011)

Outro caso, desta vez na Austrália, são as pontes Sir Leo Hielscher, localizadas na cidade de Brisbane, as quais são pontes em balanço (GATEWAY UPGRADE PROJECT, 2007). A Figura 21 mostra uma foto desta ponte.

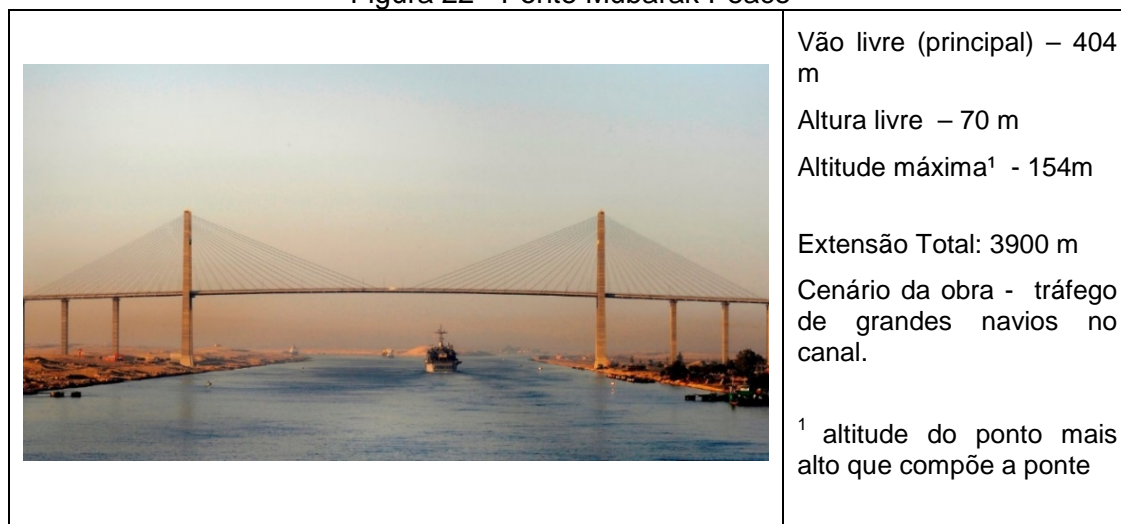
Figura 21 - Pontes Sir Leo Hielscher



Fonte: Gateway Upgrade Project (200-), Gateway Upgrade Project (2007)

As pontes estaiadas por sua vez, tem como característica, a necessidade de torres elevadas para ancoragem dos estais. Um exemplo de ponte estaiada sobre canal é a ponte Mubarak Peace, sobre o canal de Suez. Neste projeto, não houve restrições aéreas para a ponte. O fator importante, neste caso, é a altura livre para passagem de embarcações. Este exemplo ilustra a inadequabilidade deste tipo de estrutura para áreas com restrições de altitude máxima (ver Figura 22).

Figura 22 - Ponte Mubarak Peace



Fonte: Structurae (200-)

Apesar de as pontes estaiadas convencionais terem como característica as torres altas, mais altas quanto maior o vão livre, existe uma variante das pontes estaiadas, as quais são chamadas pontes com protensão no extradorso. Estas pontes têm torres mais baixas quando comparadas as torres das pontes estaiadas convencionais.

De acordo com Santos (2006, p. 5) “a ideia, atribuída ao engenheiro francês Jacques Mathivat, consiste em utilizar protensão externa sobre os apoios intermediários, com o auxílio de pequenas torres”. Ainda, Santos (2006, p. 23) afirma que “em locais próximos a aeroportos e que necessitam de longos vãos livres para a navegação, essa solução parece ser ideal”. A Figura 23 apresenta a ponte Odawara Blueway que é um exemplo deste tipo de ponte. Esta ponte, cuja construção finalizou em 1994, está localizada no Japão.

Figura 23 - Ponte Odawara Blueway



Fonte: JBSI (ca. 1994)

De acordo com Colling e Gonzalez (2013), uma das principais características que distinguem as pontes com protensão no extradorso das pontes estaiadas convencionais é a razão entre comprimento do vão livre e altura da torre a partir do tabuleiro. As pontes estaiadas convencionais tem  $(L/H)$ , onde  $L$  é o comprimento do vão livre e  $H$  é a altura da torre a partir do tabuleiro, tipicamente, entre 3 e 5. Enquanto que as pontes com protensão no extradorso apresentam, geralmente, valor entre 9 e 11.

No que diz respeito à ponte pênsil, segundo Gimsing e Georgakis (2012), a razão entre o vão livre da ponte e a distância vertical entre o ponto de maior altitude do cabo de suspensão principal (ponto onde o cabo principal que mantém a ponte suspensa é fixado à torre) e o ponto de menor altitude do cabo (ponto em que a inclinação do cabo com a horizontal é zero) vai ser tipicamente em torno de 10, que é um valor escolhido com o intuito de manter um equilíbrio entre economia de material e otimização da rigidez. Este valor sugere que este tipo de ponte pode ser construída com altura de torre semelhante a altura de torre de ponte com protensão no extradorso, para um dado vão livre.

### *5.2.1 Altura livre mínima de ponte a jusante do complexo portuário: comparativo com complexo portuário de Nova Iorque/Nova Jérsei*

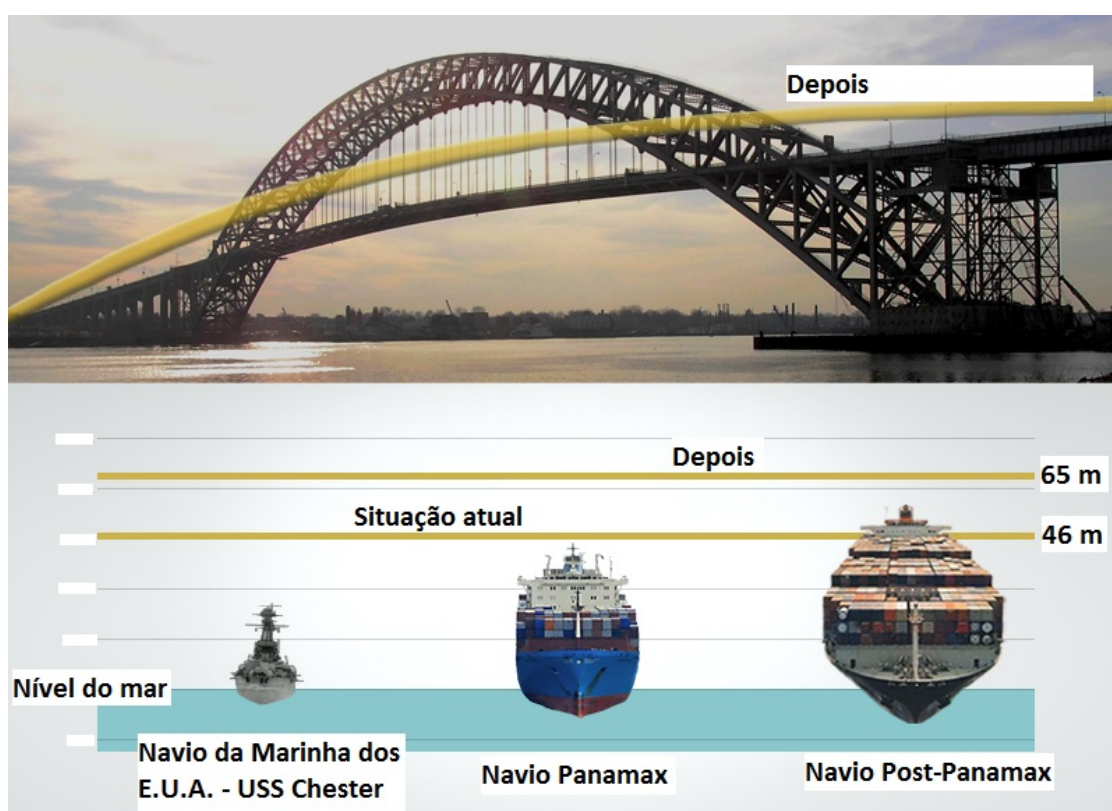
O complexo portuário de Nova Iorque e Nova Jérsei abrange terminais de passageiros, contêiner e de carga, sendo 4 terminais de contêiner. Este é o terceiro maior complexo portuário dos Estados Unidos e o maior da costa leste do mesmo (AKRF, 2011). Em 2014, o complexo movimentou 5.772.303 de TEUs de carga (PNN, 2015). Como referência, em 2014, o complexo portuário do Itajaí teve movimentação de 1.086.519 de TEUs (PORTO DE ITAJAÍ, 2015b). O canal Kill Van Kull, o qual é transposto pela ponte Bayonne, é um canal primário do complexo portuário de Nova Iorque e Nova Jérsei e um dos mais movimentados do mundo. Este canal permite acesso à três dos cinco terminais de carga do complexo. Em 2010, mais de 2085 navios e mais de 4.86 milhões de TEUs passaram sob a ponte Bayonne, em direção aos terminais ou partindo dos mesmos (AKRF, 2011).

Segundo AKRF (2011), depois de dragado, o canal deveria ter 15 metros de profundidade, até 2012, embaixo da ponte Bayonne, que precisa ser transposta pelas embarcações para acesso a alguns dos terminais. A título comparativo, pretende-se, em novo projeto que inclui a criação de uma nova bacia de evolução para o complexo portuário do Itajaí, consolidar a profundidade oficial do porto de Itajaí em 14 m (HIDROTOPO CONSULTORIA, 2014). Entretanto, a altura livre da ponte Bayonne tem sido fonte de preocupação desde 1999, quando um estudo constatou que a altura livre da ponte impediria a entrada de embarcações mais modernas, maiores, que viriam a usar os terminais no futuro. Uma das questões preocupantes é a consequência da expansão do canal do Panamá (AKRF, 2011).



O canal do Panamá está em obra de expansão desde setembro de 2007. Em 31 de outubro de 2015, 95% da obra já havia sido concluída (PANAMÁ, 2015). Esta expansão permitirá que embarcações maiores cruzem o canal do Panamá, e a ponte Bayonne passaria a impedir a entrada destas embarcações. A solução adotada para esse problema foi erguer o tabuleiro da ponte Bayonne de 46 para 65 metros, o que permitiria a entrada de navios Post-Panamax (ver Figura 24), que são navios cujas dimensões impedem os mesmos de passar pelo canal do Panamá, por serem excessivamente grandes (AKRF, 2011).

Figura 24 - Ponte Bayonne: ilustração da solução adotada



Fonte: Aqua Survey INC. (2011), adaptado pelo autor em novembro de 2015

Por esta razão, fazendo um comparativo entre os complexos portuários de Itajaí e Navegantes e o complexo portuário de Nova York e Nova Jérsei (terminais à jusante da ponte Bayonne) no que diz respeito à profundidade dos canais, que para o porto de Nova York e Nova Jérsei é um pouco maior quando comparado ao complexo portuário de Itajaí, e no que diz respeito à movimentação, é quase cinco vezes maior, parece que adotar 65 metros de vão livre para uma ponte a jusante do Porto de Itajaí é uma escolha conservadora.

### 5.3 TÚNEL

Imposta a necessidade de cruzar um curso d'água, um engenheiro deve decidir se utiliza uma ponte sobre o curso d'água ou um túnel sob o mesmo. Se por qualquer razão uma ponte é inviável ou indesejável, a questão passa a ser que tipo de túnel deve ser usado. O principal parâmetro a ser considerado é a profundidade necessária para um túnel seguro. A profundidade é o parâmetro principal porque a extensão total do túnel vai ser mormente função da profundidade; conseqüentemente, o custo será também. Existem três alternativas de profundidade, as quais são, em ordem decrescente: túnel escavado, imerso e submerso flutuante. O túnel escavado é geralmente o mais profundo, pois usualmente é necessário prover uma cobertura, sobre o túnel, com espessura igual ao diâmetro do túnel ou mais, a partir do material mais consistente do leito do rio. O túnel imerso necessita somente de 2 a 3 metros de cobertura abaixo do leito natural do curso d'água, que servirá de proteção ao túnel contra âncoras e embarcações que possam vir a naufragar. Por último, o túnel imerso flutuante, que é a alternativa menos profunda, pois precisa somente estar a uma profundidade que não afete a navegação. Esta última tem vantagem potencial para travessia dos profundos e espaçados fiordes da Noruega. O conceito de túnel imerso flutuante vem sendo extensivamente estudado no país citado e em outros, mas nenhum projeto deste tipo foi ainda construído. Por estas razões, o túnel imerso vem ganhando reputação como a forma mais eficiente de travessia sob a água. (LUNNISS e BABER, 2013, p. 25, tradução nossa).

### 5.4 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

Como foi visto neste capítulo, existem dois tipos principais de obras de engenharia que podem ser usadas para atravessar um canal, as quais são ponte e túnel. No que diz respeito a ponte, existem diversos tipos estruturais, cada qual com características peculiares, as quais podem ser otimizadas para atender às necessidades específicas como as apresentadas neste capítulo. Além disso, foi mostrado que existe uma tendência de as grandes embarcações de transporte de contêineres aumentarem, e que isto tem conseqüências quando do planejamento de pontes em regiões portuárias, no que diz respeito à altura livre das pontes.

No que concerne a túnel, foi visto que existem variantes do mesmo e que o cenário da região deve ser avaliado para verificar qual opção de túnel é apropriada. Foi visto também que o túnel imerso surge como uma forma promissora de cruzar canais, o qual apresenta diversas vantagens, e que deve certamente ser a segunda opção considerada quando são encontradas dificuldades relacionadas a ponte, ou quando, por alguma outra razão, ponte não é a solução preferida.

## 6 ANÁLISE DE PROPOSTAS EXISTENTES DE TRAVESSIA

Este capítulo apresenta uma análise das propostas de travessia do rio Itajaí-açu apresentadas no capítulo 4, com base nas informações levantadas neste trabalho.

Como foi visto, o aeroporto de Navegantes impõe restrições altimétricas máximas a objetos nos arredores do aeroporto. Esta questão é relevante para o estudo de travessia do rio, pois duas das travessias idealizadas para a região consistem em ponte, as quais podem afetar as operações do aeroporto, dependendo principalmente da localização e da altura.

Além disso, as propostas são analisadas tendo em vista o complexo portuário, buscando analisar as interações que estas obras de arte teriam com o complexo portuário no que diz respeito à navegação nos canais de acesso.

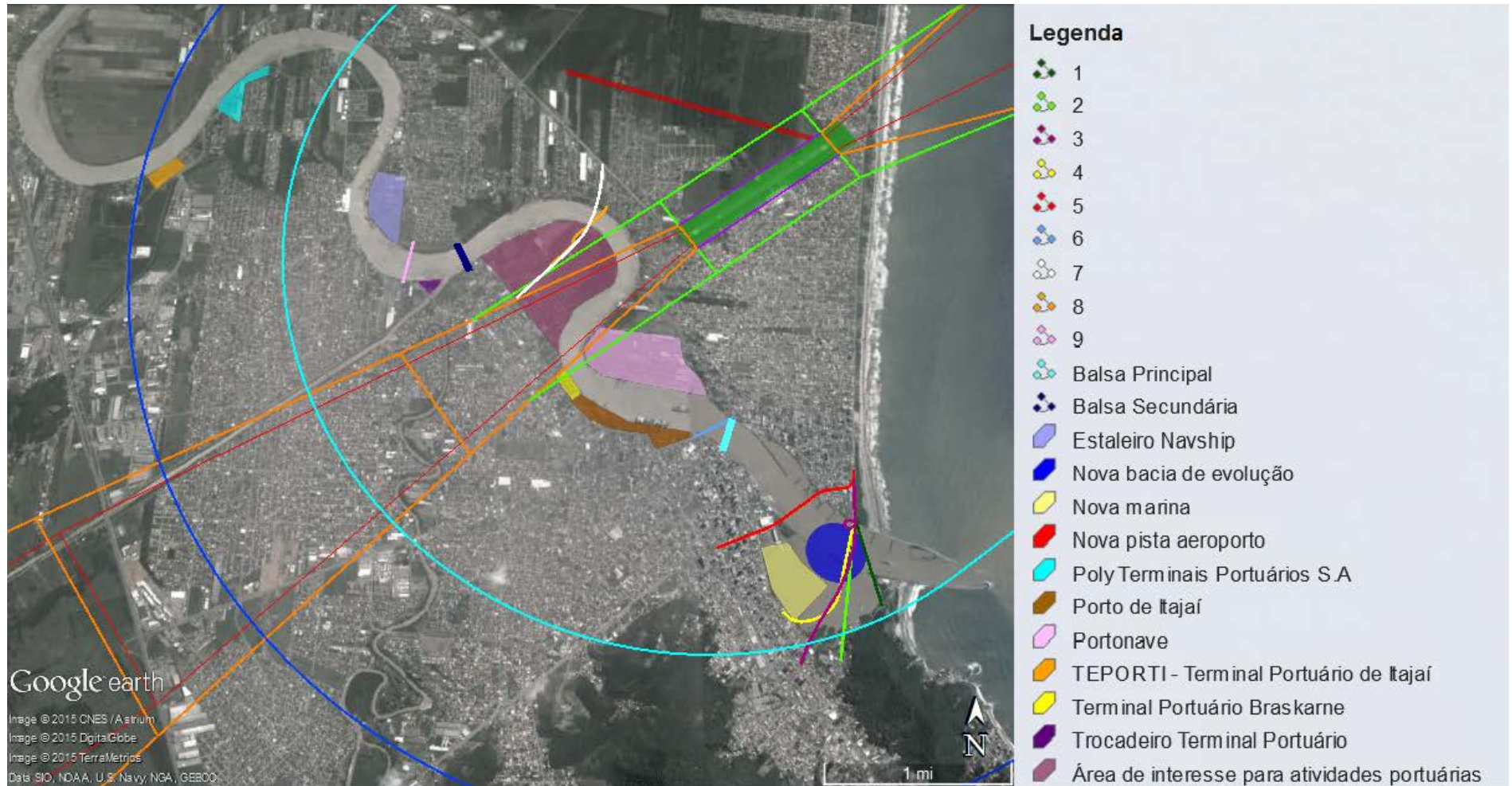
No que diz respeito às necessidades de transporte da população, afirmou-se, na seção 2.4, que o fluxo de pedestres, ciclistas e motociclista representa a maior parcela dos usuários da balsa. Portanto, busca-se analisar os tipos de obra (ponte ou túnel) no que concerne à extensão da obra, com a finalidade de verificar se atendem a demanda de pedestres e ciclistas, os quais são mais afetados pela extensão da obra (no caso de inexistir transporte público coletivo).

As propostas são também analisadas com base no prognóstico da região (capítulo 3), a fim de identificar possíveis conflitos com a perspectiva de desenvolvimento da região.

A Figura 25 mostra o mapa onde estão localizados os diversos traçados para travessia apresentados no capítulo 4, os quais estão representados na legenda pelos números de 1 a 9, partindo da parte mais baixa do rio. Além disso, o mapa mostra a balsa principal, a balsa secundária, o estaleiro Navship, a nova bacia de evolução, a nova marina de Itajaí, a nova pista do aeroporto, a área de Interesse para atividades portuárias e os terminais que compõem o complexo portuário do Itajaí.



Figura 25 - Mapa de interação das alternativas cogitadas no capítulo 4 com o cenário da região



Fonte: Google Earth Pro, adaptado pelo autor em novembro de 2015

## 6.1 PONTE: INTERAÇÃO COM O ESPAÇO AÉREO DO AEROPORTO DE NAVEGANTES

Conforme apresentado no capítulo 5, as pontes estaiadas convencionais são caracterizadas por torres altas, com altura da torre acima do tabuleiro, geralmente, entre cinco e três vezes menor que o vão livre. Considerando que o vão livre necessário para transpor o rio Itajaí-açu seja de aproximadamente 300 metros, que é um valor razoável, tendo em vista as medições da Figura 3, resultaria em altura de torre entre 60 e 100 metros. Todas as alternativas cogitadas (Figura 25) estão a jusante do Poly Terminais Portuários, do Terminal Teporti e do estaleiro Navship. Sabe-se que a embarcação mais alta que atualmente navega para/a partir da Navship, tem aproximadamente 40 metros de altura acima da linha d'água, segundo informação obtida junto à empresa Navship. Isto resultaria em uma altura total da obra, entre a linha d'água e o ponto mais elevado da estrutura, entre 100 e 140 metros, para as alternativas localizadas a montante do Porto de Itajaí.

Se a obra for localizada a jusante do porto de Itajaí, com base na análise feita na seção 5.2.1, do complexo portuário de Nova Iorque e Nova Jersey, o qual está sendo preparado para receber navios Post-Panamax, usa-se como estimativa para a altura livre o valor de 65 metros, que foi a altura livre adotada para a ponte do Complexo portuário de Nova Iorque e Nova Jérsei. Nesse caso, a altura total estaria aproximadamente entre 125 e 165 metros. Lembrando que estes valores se referem a ponte estaiada convencional.

Existem ainda outros tipos estruturais de ponte. A priori, a melhor alternativa seria uma sem elementos estruturais acima do tabuleiro, por exemplo, a ponte da Figura 21, a qual tem 260 metros de vão livre, altura livre de 59.2 metros e altura total da estrutura acima da linha d'água de 64.5 metros. Assumindo que a ponte idealizada para o rio Itajaí-açu apresente a mesma diferença entre a altura total da estrutura e a altura livre, a qual é de 5,3 metros, e considerando as alturas livres citadas nos parágrafos anteriores (40 metros a montante do porto de Itajaí, 65 metros a jusante), a estrutura teria altura total entre 45 (montante) e 70 (jusante) metros.

Ponte estaiada convencional (Figura 22) é geralmente o tipo estrutural que requer maior altura das torres, para um dado comprimento de vão livre. O outro extremo seria ponte de vigas (Figura 21), que foi analisada no parágrafo anterior.

Portanto, independente do tipo estrutural de ponte, com base na análise realizada nos dois parágrafos anteriores, a altura total das pontes, se a montante dos portos, provavelmente se enquadram entre 45 metros e 140 metros, por outro lado, se a jusante, entre 70 e 165 metros.

Todas as alternativas mostrados na Figura 25 estão localizados na região onde a altura da superfície de proteção do aeródromo é de 45 metros (superfície horizontal interna, conforme visto na seção 2.1.1). Portanto, qualquer tipo estrutural de ponte vai transpor a superfície de proteção do aeródromo. Embora isto não signifique que a obra seja inviável, como visto no final da seção 2.1.1, dependendo da posição e da altura da obra, pode resultar em prejuízos indesejáveis às operações do aeroporto.

Os traçados 7 e 8 (Figura 25) são os traçados mais próximos do prolongamento do eixo do aeródromo, localizados ao norte do prolongamento. Soma-se a isto o fato de a Portonave ter portêineres com altura próxima de 100 metros no outro lado do prolongamento do eixo (sul), ou seja, haveriam objetos transpondo as superfícies de proteção nos dois lados do aeródromo, caso uma ponte fosse implementada nesta posição. Por está razão, pode ser que uma ponte estaiada com torres de 104 metros, como foi proposto pela SEPLAN (Figura 19) e que corresponde ao traçado 7 da Figura 25, seja inviável ou traga consequências demasiadas as operações do aeroporto. Isto deve ser verificado junto ao órgão regional do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2015).

Quanto à ponte idealizada pela APPE (Figura 18), indicada na Figura 25 com o número 3, precisaria passar por alguns ajustes para que os pilares fossem localizados fora da nova bacia de evolução do complexo portuário, o que aumentaria o vão livre da ponte e, possivelmente, a altura das torres, que é de aproximadamente 135 metros no projeto apresentada pela APPE. O que possivelmente teria consequências para o aeroporto, pois a torre se estende 90 metros acima da superfície de proteção de aeródromo e se estenderia provavelmente além com o aumento do vão livre.

## 6.2 INTERAÇÃO COM O COMPLEXO PORTUÁRIO

Como foi explicado na seção 2.3, o complexo portuário não abrange somente os terminais principais, que são o Porto de Itajaí e a Portonave, mas é composto por

7 terminais, sendo que o mais distante da barra do rio Itajaí-açu, o terminal Teporti, está localizado a aproximadamente 13 km da barra e recebe navios de aproximadamente 7.5 metros de calado (TEPORTI, 20--). Tendo em vista este potencial da região para o setor portuário e a provável expansão do complexo, que será também motivada pela construção da via expressa portuária, é essencial prevenir o surgimento de problemas futuros relacionados às operações dos terminais.

Por exemplo, foi feita uma análise na seção anterior que considerou a altura máxima das embarcações que trafegam a montante do Porto de Itajaí como sendo de 40 metros, com base na demanda atual do estaleiro Navship. Entretanto, com o desenvolvimento do setor portuário ou do setor de construção naval, esta demanda pode aumentar. O mesmo vale para a profundidade do canal, no caso da construção de um túnel submerso. Dependendo da profundidade da obra, pode ser inviabilizada a dragagem para aprofundamento adicional do canal, em caso de necessidade. Um exemplo é o projeto de túnel realizado pela SOTEPA em 2002 (discutido na seção 4.1 e indicado com o número 5 na Figura 25 ), o qual foi elaborado de modo a permitir a dragagem do canal até, no máximo, a profundidade de 12 metros (SOTEPA, 2002). Se este projeto tivesse sido executado desta forma, teria inviabilizado o aprofundamento do canal que será realizado para consolidar a profundidade do porto de Itajaí em 14 metros, que inclui a criação da nova bacia de evolução, que permitirá ao complexo portuário receber embarcações maiores, atraindo navios que antes não podiam utilizar da infraestrutura do complexo portuário devido às limitações do canal.

### 6.3 DEMANDA DOS USUÁRIOS DA Balsa PRINCIPAL

Como foi mostrado na seção 2.4.2, o principal local de origem ou destino dos usuários da balsa, independente da categoria (Automóvel, motocicleta, bicicleta ou pedestre), em Navegantes, é a região central do município. Por esta razão, é interessante pensar nesta demanda, no sentido de tentar prover uma solução que lhe atenda.

Além disso, o fluxo de pedestres, ciclistas e motociclistas é maior do que o fluxo de automóveis. Para que a obra de arte atenda a esta demanda, particularmente a de pedestres e ciclistas, os quais tem maiores limitações de

mobilidade, além da localização da obra de arte em relação a região central, outro fator importante é a sua extensão.

Com o intuito de estimar a extensão de cada tipo de obra (ponte, túnel submerso, túnel escavado), faz-se uma análise com base em algumas considerações, as quais se aplicam aos três tipos de obra analisados. Considera-se que a obra de arte é composta por duas rampas de acesso retilíneas, com inclinação longitudinal de 6% (rampas), e por um trecho horizontal retilíneo, ligado as rampas, de 300 metros de comprimento (considerando que o rio tem 300 metros de largura).

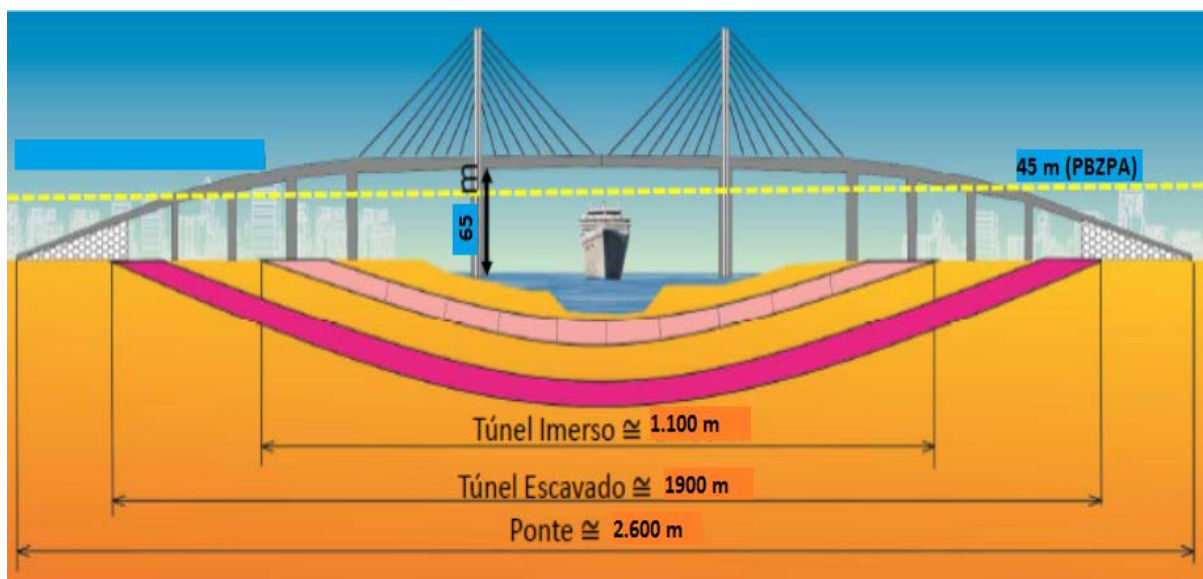
A extensão total será função da altura da ponte ou da profundidade do túnel. Se ponte, supondo que a altura da obra seja em torno de 70 metros, que é uma estimativa para a altura necessária a jusante do porto de Itajaí (65 metros de altura livre + 5 metros até o superfície das pistas de rolamento), resultaria em rampa com extensão de aproximadamente 1170 metros, totalizando 2340 metros, as duas rampas. Além disso, considera-se que o tabuleiro se estende horizontalmente por 300 metros antes do início da rampa da margem oposta do rio (como especificado no parágrafo anterior), resultando em uma obra com extensão total de 2640 metros.

No que diz respeito à túnel, túnel submerso rodoviário tem em torno de 9 metros de altura (LUNNISS e BABER, 2013). Considerando a profundidade do canal de 14 metros (profundidade a jusante do porto de Itajaí), mais 2 metros de cobertura de proteção para o túnel (segundo Lunniss e Baber (2013)), mais altura do túnel (9 metros), resulta em 25 metros. cada rampa de acesso teria, portanto, aproximadamente 420 metros de extensão, totalizando, as duas rampas, 840 metros, resultando em um comprimento total da obra de 1140 metros, o que representa 43 % da extensão referente à ponte.

No que concerne a túnel escavado, considera-se um túnel com seção transversal circular e com diâmetro de 15 metros, que segundo 2013 Proceedings (2013, p.624), corresponde ao diâmetro típico de tuneladoras utilizadas para escavação de túneis com três pistas. Além disso, com base na informação fornecida no segundo parágrafo da seção 5.3 e considerado que o material consistente do leito do rio está localizado a uma profundidade de 16 metros abaixo da linha água (profundidade que foi considerada para o dorso do túnel submerso analisado no parágrafo anterior), o ponto mais inferior da seção do túnel estaria localizado 48 metros abaixo da linha d'água. Assumindo que as superfícies das pistas de rolamento estariam localizadas aproximadamente nesta profundidade, a extensão da

rampa de acesso seria de aproximadamente 800 metros, resultando em extensão total de 1900 metros. A Figura 26 ilustra as extensões das obras de arte.

Figura 26 – Estimativas de extensão para as obras de arte



Fonte: Dersa (2013), adaptado pelo autor em 14 de dezembro de 2015.

#### 6.4 INTERAÇÃO COM O PROGNÓSTICO DA REGIÃO

Quanto aos traçados de 1 a 4 (Figura 25), passam sobre a nova bacia de evolução; portanto, se ponte, devem ter os pilares fora da mesma. Isto pode implicar em vão livre considerável, dependendo do traçado. Na pior das hipóteses, o vão livre seria pelo menos igual ao diâmetro da bacia de evolução (530 metros), o que exigiria uma tipologia estrutural de ponte estaiada, pênsil, treliça, arco, ou uma combinação das mesmas.

Outra questão que deve ser considerada é a área de interesse para atividades portuárias, a qual é indicada na Figura 25 e foi explicada na seção 3.2. As alternativas 7 e 8 estão localizados nesta área e se concebidas, independente do tipo de obra (túnel imerso ou ponte), devem ser pensadas de forma a não comprometer demasiadamente o uso daquela região para possíveis atividades portuárias futuras.

Quanto à alternativa 5, proposta pela SOTEPA na forma de túnel imerso, também está de certa forma comprometida, pois, no lado de Itajaí, foi idealizada entre o que será a nova marina (apresentada na seção 3.4) e o centro de eventos.



Portanto, não parece existir espaço para a construção do túnel imerso neste local sem prejuízos à um destes empreendimentos.

## 6.5 RESUMO DE OBSERVAÇÕES RELATIVAS À ANÁLISE DAS PROPOSTAS

A Tabela 6 reúne pontos importantes que foram observados na análise das propostas, os quais devem ser considerados na escolha de uma alternativa para travessia do rio.

Tabela 6 - Observações referentes as propostas analisadas

| Proposta      | Ilustração  | O que deve ser revisto   |
|---------------|---|--|
| SOTEPA (2002) |    | Profundidade ( A profundidade de 12 metros não é suficiente para o canal) ; no local idealizado para a obra, no lado de Itajaí, foram construídos o centro de eventos e a Nova Marina de Itajaí (em construção); |
| APPE (2008)   |   | Altura das torres (135 metros); o pilar do lado de Itajaí está sobre a futura bacia de evolução do porto e a obra está próxima à Nova Marina de Itajaí;  |
| SEPLAN (2009) |  | Altura das torres (104 metros), relativamente próximas ao prolongamento do eixo da pista do Aeroporto; está sobre a área classificada, pela prefeitura de Itajaí, como de interesse para atividades portuárias;  |

Fonte: do autor, 2015.

## 6.6 SUGESTÃO DE NOVAS ALTERNATIVAS

Um ponto interessante que foi notado no decorrer deste trabalho é a questão de se a região dita de interesse para atividade portuária é mesmo de interesse para atividade portuária, como prevê a prefeitura de Itajaí, pois grande parte desta região está localizada próxima a pista do aeroporto Ministro Victor Konder e sob as superfícies de proteção de aeródromo chamadas superfície de aproximação e superfície de transição, onde é pouco provável que seja permitido erigir objetos altos, como portêineres. A parte restante, embora esteja dentro da superfície horizontal interna (45 metros), ainda está próxima ao prolongamento do eixo do aeródromo, o que pode gerar prejuízos às operações do mesmo, caso portêineres similares em altura aos da Portonave sejam inseridos nesta região.

Independente do fato de esta região ser ou não de interesse para atividades portuárias, pensa-se na possibilidade de um túnel neste local (bairro barra do rio), mais especificamente na região sob as superfícies de transição e de aproximação. Foram cogitadas duas possibilidades, túnel imerso e túnel escavado. A Figura 27 ilustra um exemplo de um possível traçado nesta região. Este alinhamento foi desenhado com base nas extensões estimadas na seção 6.3, para as rampas de acesso ao túnel submerso e ao túnel escavado. O segmento entre as setas vermelhas indica a extensão estimada de um túnel submerso, o segmento entre as setas verdes indica a extensão estimada de um túnel escavado.

Figura 27 - Sugestão de novas alternativas de obra de arte



Fonte: Google Earth Pro, adaptado pelo autor em Novembro de 2015.

Túnel escavado também surgiu como uma opção a ser analisada porque devido a localização com relação ao aeroporto, não surgiram empreendimentos altos



neste local, somente casas, as quais provavelmente têm fundação rasa, deixando espaço livre para escavação dos túneis.






#### 6.7 VANTAGENS E DESVANTAGENS DE CADA PROPOSTAS

A tabela 7 mostra vantagens e desvantagens das propostas analisadas e das novas alternativas propostas (a de túnel submerso e a de túnel escavado).

Alguns aspectos que devem ser avaliados quando da análise de alternativas não foram estudados ou foram estudados parcialmente no presente trabalho, por exemplo, custo das obras, impactos ambientais, integração a malha viária existente. Por esta razão, na Tabela 7, o autor apresenta a palavra “talvez” antes de algumas vantagens ou desvantagens. Significa que com base na pesquisa bibliográfica realizada, embora estes aspectos não tenham sido estudados para estas obras específicas, julga-se que provavelmente consistem em vantagens ou desvantagens.

As vantagens e desvantagens apresentadas nesta tabela não se esgotam.

Tabela 7 - Vantagens e desvantagens das propostas

| Proposta                       | Ilustração  | Vantagens  |  | Desvantagens  |                       |
|--------------------------------|---|--|--|---|-----------------------|
| SOTEPA (2002)                  |    | Extensão da obra (menor que ponte ou túnel escavado); traz o <i>know-how</i> de túneis submersos para o Brasil   | Localização (atende demanda entre centros);        | Falta de espaço para construção dos emboques (centro de eventos e Nova marina, no lado de Itajaí); interferência nas operações do porto durante construção, pois está a jusante dos portos, nas proximidades da nova bacia de evolução; talvez, meio ambiente   |                       |
| Nova proposta (túnel submerso) |    |  |  | Conexão com a BR-470 (Navegantes); utiliza menos a área de interesse para atividades portuárias (por ser túnel); utiliza a região onde existe limitação mais severa de altura (projeção da pista do aeroporto); Relativamente próximo as regiões centrais das cidades; não interfere com as operações dos principais terminais durante a construção, por estar a montante; feito um projeto integrado com a via expressa portuária, de modo que veículos pesados poderiam também utilizar a obra de arte; | Talvez, meio ambiente |
| Nova proposta (túnel escavado) |    | Não interfere com a navegação no canal durante a construção; espaço subterrâneo aparentemente disponível para escavação (não parece haver edificações altas neste local, com fundação profunda); | Outras obras do tipo já foram construídas no país; | Talvez, características geológicas  |                       |
| APPE (2008)                    |   | Bela obra;   | Outras obras do tipo já foram construídas no país; | Obra sobre futura bacia de evolução do porto, o que exigiria um vão livre significativo;  |                       |
| SEPLAN (2009)                  |  | Conecta com a BR-470 (Navegantes); pode ser feito um projeto integrado com a via expressa portuária, de modo que veículos pesados poderiam também utilizar a obra de arte;                       |  | Este traçado está muito próximo do prolongamento da pista do aeroporto e consiste em uma estrutura alta (ponte estaiada); rampa extensa, sobre a área de interesse para atividades portuárias;  |                       |

Fonte: do autor, 2015.

## 7 CONCLUSÃO

As região da foz do rio Itajaí-açu, particularmente as cidades de Itajaí e Navegantes, desempenham um papel crucial para o estado de Santa Catarina. Nesta região está localizado o segundo maior complexo portuário do Brasil em movimentação de contêineres, além do segundo maior aeroporto do estado de Santa Catarina em movimentação de passageiros. É provável que a região continue crescendo economicamente com o projeto de melhoria dos acessos marítimos aos portos (melhoria dos canais de acesso e nova bacia de evolução) e com a finalização da via expressa portuária, além da criação da nova pista do aeroporto Ministro Victor Konder e de empreendimentos na região, como a construção da nova Marina de Itajaí. Este crescimento aumentará a demanda de viagens entre as duas cidades. Como a balsa parece não atender satisfatoriamente à esta demanda, uma obra de engenharia para travessia do rio surge como uma solução para melhorar o tráfego entre as cidades.

Três projetos foram concebidos com o intuito de criar uma obra concreta, um túnel ou ponte, atravessando o rio Itajaí-açu e conectando as cidades de Itajaí e Navegantes. Em 2002 um projeto de túnel imerso foi desenvolvido, em 2008 um projeto de ponte e em 2009 outro projeto de ponte, os quais foram idealizados em posições diferentes e com características próprias. Estes projetos, com exceção do realizado em 2009, foram elaborados depois de um estudo de alternativas, que estudaram diversas possibilidades, tanto de obra (túnel ou ponte) quanto de posição.

Verificou-se que estes projetos precisariam sofrer alguns ajustes caso fossem implantados no presente. O crescimento da região, particularmente do complexo portuário, além disso, a existência do aeroporto, criam um cenário que precisa ser avaliada antes da elaboração de um projeto para travessia do rio para que os conflitos entre eles sejam minimizados.

O projeto de túnel imerso realizado em 2002 não previu o aprofundamento do canal de acesso ao porto além dos 12 metros, o que terminaria por inviabilizar o projeto atual do complexo portuário de receber embarcações maiores, que consolidará a profundidade do porto de Itajaí em 14 metros. O projeto realizado em 2008, se fosse executado no presente, deveria sofrer algumas ajustes, pois cruza a nova bacia de evolução que será construída como parte do projeto de receber embarcações maiores. O projeto concebido em 2009 localiza-se próximo ao

prolongamento da pista do aeroporto e tem torres medindo mais de o dobro da superfície de proteção de aeródromo naquele local, o que pode gerar prejuízos operacionais ao aeroporto.

Quanto à novas propostas para solução do problema, sugere-se estudos de viabilidade técnica e econômica de túneis (submerso e escavado) em uma área que não foi cogitada nos projetos apresentados, mas que parece promissora (Figura 27). A proposta consiste em utilizar a região do bairro Barra do Rio (Itajaí) que está sob as superfícies de transição e aproximação do aeroporto. Pensa-se que esta região tem o crescimento limitado devido a sua posição com relação ao aeroporto, e que poderia ser utilizada para inserção de um túnel. Além disso, apresentou-se outras vantagens inerentes a estas novas propostas (Tabela 7).

Reconhece-se que os fatores considerados no presente trabalho, para análise das propostas (tanto das existentes quanto das novas), são insuficientes para atingir uma resposta concludente com relação a alternativa mais adequada de travessia. Questões importantes que devem também ser levadas em consideração incluem características geotécnicas, viabilidade econômica, meio ambiente.

No que concerne à Engenharia de Infraestrutura, conclui-se que o conhecimento de um cenário e das suas perspectivas de crescimento é fundamental na solução de um problema, prevenindo inconvenientes futuros.

Propõem-se para monografias futuras um estudo para elaboração de metodologia para estudo de um cenário anterior à proposição de uma solução, com vista a minimizar interações negativas entre o que se pretende implantar e o cenário atual ou futuro da região; estudo geotécnico da região que trata este estudo, com a finalidade de identificar a adequabilidade das condições geotécnicas para a concepção de um túnel (escavado ou imerso); pesquisa dos métodos de financiamento de obras de arte de engenharia com a finalidade de identificar o mais favorável para o desenvolvimento da infraestrutura de transportes do Brasil.

## REFERÊNCIAS

- ACIN. *Navegantes completa 52 Anos neste mês*: Confira as atividades alusivas ao aniversário. 2014. Disponível em: < <http://www.acin.com.br/noticias.php?id=751> >. Acesso em: 13/11/2015.
- AKRF, Inc. *BAYONNE BRIDGE NAVIGATION CLEARANCE PROJECT: NEPA WORKPLAN*. New York: 2011.
- ALLEANZA. *Pesquisa OD Navegantes 2013*. Navegantes: 2013.
- ALVES, C. J. P. *Módulo 4 – zona de proteção do aeródromo*. 2014. Disponível em: <<http://www2.ita.br/~claudioj/pzpa.pdf> >.
- ALVES, M. *Tarifas do ferry boat entre Itajaí e Navegantes sobem a partir de domingo*. 2015. Disponível em: < <http://osoldiario.clicrbs.com.br/sc/cidades/noticia/2015/08/tarifas-do-ferry-boat-entre-itajai-e-navegantes-sobem-a-partir-de-domingo-4835942.html> >. Acesso em: 09/11/2015.
- APPE. *Ponte sobre o rio Itajaí-Açu*: Estudo conceitual. 2008.
- AQUA SURVEY INC. *Iconic New York Landmark Keeps Up with the Times*. 2011. Disponível em: < <http://www.aquasurvey.com/news/P14/> >. Acesso em: 17/11/2015.
- CARPE, L., 2015. Disponível em: <<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1621489&page=3> >.
- COLLINGS, D.; GONZALEZ, A. S. *Extradosed and cable-stayed bridges, exploring the boundaries*. [S.l.]: ICE PUBLISHING, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 2013.
- BRASIL. *Portaria nº 957/gc3*, de 9 de julho de 2015. Ministério da Defesa, 2015. Disponível em: <[http://www.decea.gov.br/static/storage/2015/10/portaria\\_957.pdf](http://www.decea.gov.br/static/storage/2015/10/portaria_957.pdf)>. Acesso em: 12/12/2015.
- COWI. *Tunnel engineering*. [20--] Disponível em: <[http://www.cowi.com/menu/service/BridgeTunnelandMarineStructures/Documents/021-1700-020e-10b\\_TunnelEngineering.pdf](http://www.cowi.com/menu/service/BridgeTunnelandMarineStructures/Documents/021-1700-020e-10b_TunnelEngineering.pdf) >. Acesso em: 18/11/2015.
- DEARO, G. *Conheça a nova marina de Itajaí, a maior do Brasil*. 2015. Disponível em: < <http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/conheca-a-nova-marina-de-itajai-a-maior-do-brasil#2> >.
- DERSA. *Submerso: túnel Santos - Guarujá*. Seminário de túneis imersos, 2013. Disponível em: < [http://www.tuneis.com.br/site/links/EstanislauMarcka\\_TuneisImersos.pdf](http://www.tuneis.com.br/site/links/EstanislauMarcka_TuneisImersos.pdf) >.
- DIARINHO. *Navegantes faz 50 anos em ritmo de crescimento e mudanças*. 2012. Disponível em: < <http://www.diarinho.com.br/materias.cfm?caderno=25&materia=51793> >. Acesso em: 13/11/2015.
- DOWELL, F. M. *Viabilidade técnica, socioeconômica, financeira e ambiental da implantação da via expressa portuária no município de itajaí e a execução de obras de dragagem dos canais de acesso ao sistema portuário de itajaí e das obras de dragagem do canal de acesso e bacias de evolução*. Itajaí: 2007.
- EXTRADOSED Bridges : A Fact Finding Trip to Japan. [ca. 1994]. Disponível em: < [https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0CFQQFjALahUKEwj93-za\\_ZfJAhXDf5AKHcAICWw&url=http%3A%2F%2Fbridgeworld.net%2Fwordpress%2Farchives%2Fdocs%2Fextradosed.doc&usq=AFQjCNFFD-](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0CFQQFjALahUKEwj93-za_ZfJAhXDf5AKHcAICWw&url=http%3A%2F%2Fbridgeworld.net%2Fwordpress%2Farchives%2Fdocs%2Fextradosed.doc&usq=AFQjCNFFD-) >

AoUOn3zIPuPM09rZixEBNqhg&sig2=ID20Q57wUUNevbk\_HioTiQ >. Acesso em: 17/11/2015.

FLICKR. 2014. Disponível em: < <https://www.flickr.com/photos/96309692@N06/15223126800> >. Acesso em: 16/12/2015

FUNDAÇÃO Agência de Água do Vale do Itajaí. *Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Itajaí*. Vale do Itajaí: 2010.

G1. *Aeroporto de Navegantes registra maior movimento em 44 anos*. 2014. Disponível em: < <http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2014/11/aeroporto-de-navegantes-registra-maior-movimento-em-36-anos.html> >. Acesso em: 19/11/2015.

GATEWAY Upgrade Project. [200-] Disponível em: < <https://www.leightoncontractors.com.au/projects/gateway-upgrade-project-2/> >. Acesso em: 28/09/2015.

GATEWAY Upgrade Project. 2007. Disponível em: < <http://statements.qld.gov.au/Statement/Id/54188> >. Acesso em: 11/12/2015.

GIMSING, N.; GEORGAKIS, C. *Cable supported bridges: concept and design*. 3. ed. United Kingdom: Wiley, 2012. Disponível em: < [https://books.google.com.br/books?id=5znYUUUGPZIC&pg=SA2-PA62&lpg=SA2-PA62&dq=usually+sag+ratio+for+suspension+bridge&source=bl&ots=6jYX3jllvG&sig=FrAXOffKs4\\_F4IRAm5RAyFt2Poc&hl=en&sa=X&ved=0CDoQ6AEwBWoVChMlu7HJ-52dyQIVC6-QCh0viAJT#v=onepage&q=usually%20sag%20ratio%20for%20suspension%20bridge&f=false](https://books.google.com.br/books?id=5znYUUUGPZIC&pg=SA2-PA62&lpg=SA2-PA62&dq=usually+sag+ratio+for+suspension+bridge&source=bl&ots=6jYX3jllvG&sig=FrAXOffKs4_F4IRAm5RAyFt2Poc&hl=en&sa=X&ved=0CDoQ6AEwBWoVChMlu7HJ-52dyQIVC6-QCh0viAJT#v=onepage&q=usually%20sag%20ratio%20for%20suspension%20bridge&f=false) >. Acesso em: 16/12/2015

HIDROTOPO CONSULTORIA. *Projeto de alargamento do canal de navegação e da bacia de evolução, com adequação das estruturas de proteção do rio Itajaí-SC*. Projeto básico de dragagem da bacia de manobra do saco da fazenda : primeira fase 2014, *relatório n°. HD-813/01*. Itajaí: 2014.

HONÓRIO, J. D. *Conceptual design of long-span cantilever constructed concrete bridges*. Estocolmo: 2007. Disponível em: < <http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:431675/FULLTEXT01.pdf> >. Acesso em: 24/09/2015.

HPM. *Concrete beam bridge*. [200-] Disponível em: < <http://www.madehow.com/Volume-4/Concrete-Beam-Bridge.html> >. Acesso em: 24/09/2015.

IBGE. [201-] Disponível em: < <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=42&search=santa-catarina> >. Acesso em: 03/11/2015.

INFRAERO. *Anuário estatístico operacional 2014*. Brasília: 2015.

JAPANTODAY. *Tokyo gate bridge*. 2012. Disponível em: < <http://www.japantoday.com/category/national/view/tokyo-gate-bridge-opens-to-traffic> >. Acesso em: 17/11/2015.

JBSI. *Odawara blue way bridge* [ca. 1994] Disponível em: < <http://www.jbsi.co.jp/works/03.html> >. Acesso em: 17/11/2015.

JORNAL de Navegantes. *Inflação : aumentos pegam população de surpresa em Navegantes*. 2015. Disponível em: < <http://www.jornaldenavegantes.com.br/2015/09/04/inflacao-aumentos-pegam-populacao-de-surpresa-em-navegantes/> >. Acesso em: 09/11/2015.

LBE. *World's longest bridge spans*. Helsinki: 2006. Disponível em: < <http://bridge.aalto.fi/en/longspan.html> >.

LUNNISS, R.; BABER, J. *Immersed tunnels*. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2013.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. *Técnicas de Pesquisa*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MOROZOWSKI, E. *Aeroporto de Navegantes - Plano Diretor: Figura 09 - Implantação Final - Áreas de Segurança* 2012.

O SOL DIÁRIO. *Promessa de uma via expressa portuária para Itajaí se arrasta há 10 anos*. Itajaí: 2014. Disponível em: < <http://osoldiario.clicrbs.com.br/sc/noticia/2014/02/promessa-de-uma-via-expressa-portuaria-para-itajai-se-arrasta-ha-10-anos-4415428.html> >. Acesso em: 15/11/2015.

O SOL DIÁRIO. *Via expressa portuária: Obra para tirar o trânsito de caminhões-contêineres das principais avenidas de Itajaí segue sem data para sair do papel*. Itajaí: 2015. Disponível em: < <http://wp.clicrbs.com.br/guarda-sol/2015/06/12/via-expressa-portuaria-obra-para-tirar-o-transito-de-caminhoes-conteineres-das-principais-avenidas-de-itajai-segue-sem-data-para-sair-do-papel/?topo=98,2,18,,77> >. Acesso em: 16/12/2015

PANAMÁ, C. D. *Panama canal expansion*. 2015. Disponível em: < <http://micanaldepanama.com/expansion/#> >. Acesso em: 17/11/2015.

PEREIRA, V. *Ampliação do aeroporto de Navegantes fica para 2018*. Itajaí: 2013. Disponível em: < <http://osoldiario.clicrbs.com.br/sc/noticia/2013/01/ampliacao-do-aeroporto-de-navegantes-fica-para-2018-4010178.html> >. Acesso em: 06/10/2015.

PMI. *Itajaí, entre o rio e o mar*. [20--] Disponível em: < [http://www.itajai.sc.gov.br/c/cidade#.Vf17oN\\_BzGf](http://www.itajai.sc.gov.br/c/cidade#.Vf17oN_BzGf) >. Acesso em: 16/12/2015

PNN. *Port of NY/NJ containers and total TEUs, 2004-2014*. 2015. Disponível em: < [http://www.panynj.gov/port/pdf/2014\\_trade\\_statistics\\_sheet.pdf](http://www.panynj.gov/port/pdf/2014_trade_statistics_sheet.pdf) >. Acesso em: 03/11/2015.

PORTO DE ITAJAÍ. *Infraestrutura*. [20--] Disponível em: < <http://www.portoitajai.com.br/novo/c/infraestrutura> >. Acesso em: 03/11/2015.

\_\_\_\_\_. 2013. Disponível em: < <http://www.portoitajai.com.br/novo/noticia/764> >. Acesso em: 20/09/2015.

\_\_\_\_\_. *Estatísticas do complexo portuário de Setembro de 2015 e Dezembro de 2014*. Itajaí: 2015a. Disponível em: < <http://www.portoitajai.com.br/novo/estatisticas> >. Acesso em: 03/11/2015.

\_\_\_\_\_. *Histórico de movimentação*. Itajaí: 2015b. Disponível em: < <http://www.portoitajai.com.br/novo/estatisticas/152/Estat%C3%ADstica%20de%20Setembro%20de%202015> >. Acesso em: 03/11/2015.

\_\_\_\_\_. Itajaí: 2015c. Disponível em: < <http://www.portoitajai.com.br/novo/noticia/891> >. Acesso em: 20/09/2015.

PREFEITURA DE NAVEGANTES. *Navegantes segue no ranking de maior expansão do PIB de SC*. 2013. Disponível em: < <http://www.navegantes.sc.gov.br/noticia/7996/navegantes-segue-no-ranking-de-maior-expanso-do-pib-de-sc> >. Acesso em: 16/12/2015.

\_\_\_\_\_. *Plano diretor municipal de Navegantes: macrozoneamento*. 2007. Disponível em: < <http://www.navegantes.sc.gov.br/download.php?id=14> >. Acesso em: 15/11/2015.

REVISTA PORTUÁRIA. *Portonave recebe licença para realizar terceira etapa de obras*. 2015. Disponível em: < <http://www.revistaportuaria.com.br/noticia/16754> >. Acesso em: 13/11/2015.

2013 PROCEEDINGS. Em: DIPONIO, M. A. e DIXON, C., Rapid Excavation and Tunneling Conference, 2013, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.. Disponível em:

<[https://books.google.com.br/books?id=bxKPzOtFLeEC&pg=PA624&lpg=PA624&dq=number+of+lanes+and+tunnel+diameter&source=bl&ots=osF3jRZNS8&sig=az\\_RYad4OeSdobB7gtObz4ouuGY&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwikjgnGpNvJAhXGkJAKHVdjC4gQ6AEIRzAJ#v=onepage&q=number%20of%20lanes%20and%20tunnel%20diameter&f=false](https://books.google.com.br/books?id=bxKPzOtFLeEC&pg=PA624&lpg=PA624&dq=number+of+lanes+and+tunnel+diameter&source=bl&ots=osF3jRZNS8&sig=az_RYad4OeSdobB7gtObz4ouuGY&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwikjgnGpNvJAhXGkJAKHVdjC4gQ6AEIRzAJ#v=onepage&q=number%20of%20lanes%20and%20tunnel%20diameter&f=false)>. Acesso em: 14/12/2015

SANTAELLA, T. *Itajaí ultrapassa Joinville como o município mais rico do estado*. 2014. Disponível em: < <http://dc.clicrbs.com.br/sc/noticias/noticia/2014/12/itajai-ultrapassa-joinville-como-o-municipio-mais-rico-do-estado-4661137.html> >. Acesso em: 03/11/2015.

SANTOS, D. M. D. *Comportamento estrutural de pontes com protensão no extradorso*. Universidade de São Paulo: 2006. Dissertação Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SEPLAN. *Anteprojeto ponte Itajaí-Navegantes*. Itajaí: 2009

SIEBERT, C. *Vale do Itajaí e micro-regiões*. 2007. Disponível em: < <http://srv2.lemig.umontreal.ca/donnees/Projet%20Bresil/cartes/3%20mapas%20vale%20itajai/alto%20medio%20e%20baixo%20vale%20do%20itajai.gif> >.

SOTEPA. *Estudos a nível de projeto básico para definir a melhor solução para travessia do rio Itajaí-Açu, interligando os municípios de Itajaí e Navegantes*. Itajaí: 2002.

STRUCTURAE. *Suez canal bridge*. [200-] Disponível em: < <http://structurae.net/structures/suez-canal-bridge> >. Acesso em: 17/11/2015.

TEPORTI. *Estrutura do terminal*. [20--] Disponível em: < <http://www.teporti.com.br/sobre> >. Acesso em: 22/11/2015.