

MEMORIAL DESCRITIVO OUSADIA 2023

OUTUBRO/ 2023

SUMÁRIO

SUMÁRIO	2
1 APRESENTAÇÃO	4
2 OBJETIVO DO PROJETO.....	4
3 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO EXISTENTE.....	5
3.1 Levantamento e leitura urbana	5
3.2 Programa de necessidades, usos e atividades.....	6
3.3 Estudo de elementos de referência	7
<input type="checkbox"/> Estudo planialtimétrico	7
<input type="checkbox"/> Estudo geológico.....	7
<input type="checkbox"/> Estudo geotécnico.....	8
<input type="checkbox"/> Estudo hidrológico.....	9
4 EXIGÊNCIAS DE DURABILIDADE	9
4.1 Vida útil de projeto.....	10
4.2 Classes de agressividade.....	10
4.3 Manutenção	11
<input type="checkbox"/> Manutenção preventiva do túnel.....	12
<input type="checkbox"/> Manutenção corretiva do túnel	12
<input type="checkbox"/> Manutenção de elementos auxiliares	13
<input type="checkbox"/> Manutenção preventiva dos equipamentos	13
<input type="checkbox"/> Manutenção corretiva dos equipamentos	13
5 PROJETO DO TÚNEL	14
5.1 Implantação.....	14
<input type="checkbox"/> Traçado.....	14
<input type="checkbox"/> Emboques.....	15
5.2 Descrição do projeto estrutural.....	16
<input type="checkbox"/> Vala a céu aberto	16
<input type="checkbox"/> NATM (New Austrian Tunneling Method)	18
<input type="checkbox"/> Pavimentação	20
5.3 Especificação de materiais.....	20
<input type="checkbox"/> Concreto	21
<input type="checkbox"/> Aço.....	23
<input type="checkbox"/> Impermeabilização	23
5.4 Proteção contra incêndio.....	24
5.5 Instrumentação	24
6 PARQUE	25
6.1 Partido arquitetônico	25
6.2 Diretrizes do projeto da orla	25
6.3 Projeto final e justificativas	26

<input type="checkbox"/>	Equipamentos	28
<input type="checkbox"/>	Vegetação	32
6.4	Descrição do projeto estrutural	32
<input type="checkbox"/>	Fundações (Infraestrutura)	32
<input type="checkbox"/>	Superestrutura	33
6.5	Especificação de materiais	33
<input type="checkbox"/>	Concreto	33
<input type="checkbox"/>	Aço	34
<input type="checkbox"/>	Madeira	34
<input type="checkbox"/>	Impermeabilização	35
6.6	Instrumentação	35
7	EXECUÇÃO DAS OBRAS	36
7.1	Plano de implantação	36
<input type="checkbox"/>	Canteiro de obras	36
<input type="checkbox"/>	Demais fases	40
7.2	Cronograma de Gantt	41
7.3	Estudo de custos	46
<input type="checkbox"/>	Estudo dos custos para a construção do túnel	46
<input type="checkbox"/>	Estudo dos custos para construção dos equipamentos arquitetônicos da orla	46
8	NORMAS TÉCNICAS DE REFERÊNCIA	48
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 APRESENTAÇÃO

A cidade escolhida para sediar o 64° Congresso Brasileiro de Concreto e para a implantação do projeto do Concurso Ousadia de 2023, Florianópolis, localiza-se no Estado de Santa Catarina, região Sul do Brasil.

Nomeado como Projeto Santa Bárbara em homenagem à padroeira dos tuneladores e ao Forte Santa Bárbara, construído pelo Tenente-coronel João Alberto de Miranda Ribeiro (1773-1800), o qual tem um papel importante para a Fundação de Cultura de Florianópolis.

A cidade conta com 537.213 habitantes, de acordo com os dados de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), representando 4,63% da população brasileira e 7,39% da população do estado.

Apesar de apresentar um alto Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), cerca de 0,815 em 2022, que se baseia nas características de saúde, educação, cultura e economia, há uma grande desigualdade social, a qual é representada pelo Índice de Gini, que foi igual a 0,417 em 2018. Isso mostra que a qualidade de vida da capital de Santa Catarina não alcança todas as pessoas da mesma forma. Em 2019, o IBGE divulgou que 25% da população da cidade se encontra estado caracterizado como baixa qualidade de vida.

Além da desigualdade social, a mobilidade urbana é outro problema presente na cidade de Florianópolis, visto que abrange congestionamentos diários em diversos pontos somados a ineficácia do transporte público que se reflete na sobreposição de linhas.

De acordo com os estudos do Plano de Mobilidade Urbana e Sustentável da Grande Florianópolis (PLAMUS), o nível de utilização de transporte individual motorizado representa quase 50% das viagens diárias realizadas, um índice consideravelmente maior do que em outras metrópoles brasileiras, como São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, onde esse meio de transporte representa entre 25 e 33% das viagens.

O trabalho é a atividade que mais provoca o movimento pendular das pessoas em Florianópolis, sendo seguido pelo lazer, compras, saúde e estudo, respectivamente, e para todos esses destinos são utilizados carros como meio principal de transporte. Nas atividades citadas, as pessoas preferem usar os veículos particulares devido ao espraiamento da cidade e a concentração das edificações, como consequência do processo de urbanização fazendo com que a maioria dos deslocamentos esteja acima de 500 metros, considerando ainda a baixa frequência e a irregularidade do transporte público (SINAIS VITAIS, 2015).

Apesar desses problemas que Florianópolis enfrenta, em 2021 a cidade manteve o segundo lugar no *Ranking Connected SMART Cities*, que avalia as cidades mais inteligentes e conectadas do país. O conceito de “cidade inteligente” tem como eixos de desenvolvimento as pessoas e o meio ambiente e por meio deles tem como prioridade contribuir com novas ferramentas e inovações que tornam a cidade mais humana, segura, saudável e eficiente.

2 OBJETIVO DO PROJETO

O objetivo deste projeto de infraestrutura urbana é de operar um túnel que aumente os níveis de serviço de ligação entre a Avenida Saudade e o Hotel Majestic Palace e, conseqüentemente, edificar um parque urbano que substitua três das nove faixas de rolamento da pista atual.

3 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO EXISTENTE

O desafio proposto pelo 15º Concurso Ousadia é resolver o sistema viário da região que se encontra entre o Hotel Majestic Palace, Avenida Mouro Ramos, e a Avenida Saudade, trecho conhecido como Avenida Governador Irineu Bornhausen. A região pertence ao bairro Agrônômica, a qual é composta por usos e ocupações comunitárias, institucionais e áreas mistas centrais. Porém, a partir do que já foi exposto neste memorial, o local da obra não se limita aos eixos de referência. Devido ao projeto proposto, o túnel e a área de influência foram estendidos até a Avenida Jornalista Rubéns de Arruda Ramos, fazendo com que o Projeto Santa Bárbara fosse desenvolvido para a Avenida Beira Mar Norte.

Além disso, esse bairro é considerado origem, destino e passagem dos usuários de transportes particulares motorizados. Essas características do bairro ocorrem pelo fato de possuir zonas de uso misto e por se localizar entre a parte norte da Ilha de Florianópolis, que é uma área predominantemente residencial, e o centro, onde há a maior parte dos serviços e comércios da capital.

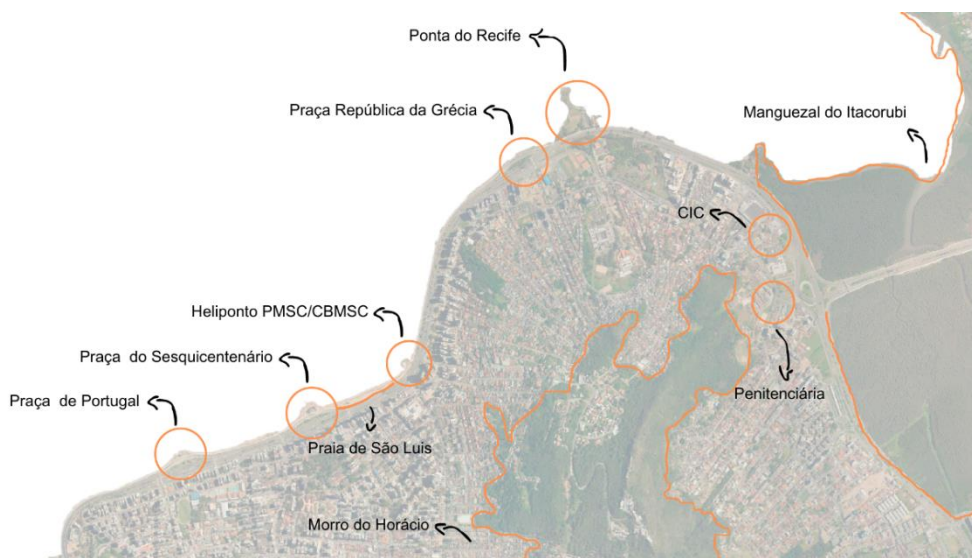
3.1 Levantamento e leitura urbana

Ao fazer o levantamento de informações e a Leitura Urbana da região do projeto, nota-se que a Avenida Beira Mar Norte é composta por três vias: duas expressas que permitem velocidade máxima de 80km/h, as quais integram o norte da ilha e o centro; e uma coletora, de 40km/h, com sentido centro-norte da ilha, que permite acesso ao bairro. Atualmente, a avenida possui apenas 9 pontos de ônibus, sendo 7 deles no sentido norte da ilha e 2 no sentido centro, o que, segundo o Estudo Mobilize de 2022, é pequena em comparação a outras cidades brasileiras. A PLAMUS (Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis) apresenta diretrizes que podem melhorar o sistema de tráfego da cidade, visto que ela sofre com o movimento pendular da população, como por exemplo o “desenvolvimento urbano orientado pelo transporte coletivo”, o “sistema estrutural de transporte coletivo metropolitano integrado” e a “expansão da capacidade viária e gestão”.

De acordo com a pesquisa da Rede Vida no Trânsito – Florianópolis (2023), as vítimas fatais em desastres no trânsito na cidade em 2022 possuem um número absoluto de 18 mortes de condutores de automóveis, motociclistas e ciclistas, seguido de um total de 15 mortes de pedestres. Há diversas notícias diárias desses acidentes de trânsito na região do projeto devido à velocidade máxima permitida, a grande quantidade de semáforos, retornos, acessos às vias locais do bairro e as poucas faixas de segurança destinadas aos pedestres. Portanto, somando todas essas características das vias, percebe-se que a Avenida Beira Mar Norte é um desafio para o pedestre.

A orla que acompanha essas vias expressas é composta por edificações diversificadas (Figura 1). Na região da Praia da Ponta do Recife, por exemplo, há uma área de ancoradouro de barcos e pesca; já na Praça República da Grécia, há um restaurante e um estacionamento; em frente à Praça Forte de São Luis há o Heliponto PMSC/CBMSC; na Praia de São Luis há uma área esportiva; a Praça Sesquicentenário conta com uma estação de tratamento de esgoto, a Estação Casan, e um mirante, o Bolsão Casan; e na Praça de Portugal há um restaurante e um Trapiche. Assim, pela falta de equipamentos e centralidades, a orla se apresenta como um ambiente pouco convidativo e de pouca vitalidade, dificultando a integração social e a qualidade de vida, não promovendo o senso de comunidade e o bem-estar das pessoas.

Figura 1 - Pontos de referência da área do projeto



Fonte: Prefeitura de Florianópolis e Autores (2023)

Além dessas edificações presentes na orla, de acordo com o Uso e Ocupação do solo, os quarteirões da avenida apresentam diversas funções. Ao serem somadas às atividades presentes no bairro Agrônômica e no centro, influenciam na valorização do mercado imobiliário, aspectos que não acompanham os estados de conservação das áreas verdes presentes em algumas quadras, visto que as praças deveriam ser espaços que potencializam as regiões ao redor.

Nesta parte mais à leste da Avenida Beira Mar Norte encontra-se, o Manguezal do Itacorubi, que é uma região inundável. Esse manguezal é de baixa biodiversidade, com apenas três tipos de vegetação, sofre de despejos irregulares de esgoto e já abrigou um aterro sanitário. O mangue recebe efluentes da bacia do Itacorubi, a qual drena diversas áreas da cidade de Florianópolis.

Em contrapartida, mais ao interior do bairro há moradias irregulares, localizadas no Morro do Horácio. Essas construções foram feitas pelos antigos presidiários da Penitenciária da Agrônômica e suas famílias após cumprirem a pena. Eles passaram a construir na região visto que foi mencionado que esses terrenos de mata virgem eram do Estado e, portanto, faziam parte da propriedade da penitenciária.

Em frente à Avenida Saudade há um complexo penitenciário, cuja edificação é um APC1 (área de preservação cultural, na categoria de áreas históricas), ou seja, ela é protegida de acordo com o governo que está em vigor. Além dessa edificação, há o Centro Integrado de Cultura (CIC), composto pelo Teatro Ademar Rosa, Museu de Arte de Santa Catarina e o Museu da Imagem e do Som.

3.2 Programa de necessidades, usos e atividades

O programa de necessidade foi determinado a partir do partido do projeto, ou seja, da definição do túnel como eixo estruturante para que as vias da Avenida Beira Mar Norte fossem reduzidas e, assim, proporcionando maior espaço de orla aos pedestres. O túnel substituirá parte das vias expressas da avenida e, portanto, permitirá que os veículos tenham acesso mais rápido ao centro, não precisando passar pelo bairro Agrônômica, o qual é caracterizado como misto. Dessa forma, o programa de necessidades foi pensado para atrair o uso e potencializar a orla.

Programa de necessidades:

1. Incentivar o uso de bicicletas como meio de transporte na região pela instalação de um bicicletário e a requalificação da ciclovia já existente;
2. Diversificar o uso do espaço a partir da instalação de novos núcleos de lazer ao longo da área de intervenção da orla;
3. Incentivar a prática de esportes, além do ciclismo, com a instalação de mais quadras de areia, quadras poliesportivas, além de um apoio que abriga vestiários, chuveiros e sanitários, área de recepção e aluguel dos instrumentos dos esportes, na Ponta do Recife;
4. Dedicar um espaço para alocar um playground e uma área de equipamentos de ginástica para idosos na Ponta do Recife;
5. Proporcionar uma vista elevada ao continente com a instalação um observatório. Ele abriga no piso da orla uma cafeteria, sanitários e um centro de informações ao turista;
6. Permitir que os usuários de transporte público saibam o tempo que os próximos ônibus chegarão, mesmo sem o aparelho eletrônico pessoal, através da substituição dos pontos de ônibus existentes por outros com essa tecnologia;
7. Permitir que as pessoas tenham a sensação de estarem mais próximas ao mar com a instalação de um mirante;
8. Incentivar o uso do espaço público para eventos culturais e sociais por meio de uma arquibancada na Praça de Portugal;
9. Remodelar os estacionamentos públicos presentes na Praça República da Grécia e na Praça do Sesquicentenário, readequando-os aos parâmetros da Engenharia de Tráfego de Florianópolis;
10. Propor novos canteiros e paisagismo com o intuito de intensificar a quantidade de áreas verdes da orla e compensar o “desmatamento” que será feito na ponta do Recife para a locação do canteiro de obras dos equipamentos;
11. Potencializar o mirante existente na Ponta do Coral, na Ponta do Recife, o qual a população já utiliza para apreciar o pôr do sol.

3.3 Estudo de elementos de referência

Estudo planialtimétrico

O estudo do relevo do local de intervenção das obras foi realizado a partir de mapas de altimetria disponíveis no Geoportal da Prefeitura de Florianópolis. Por meio desses, foi observado que o relevo onde estão situadas as Avenidas Beira-Mar e Saudade é predominantemente plano, situado na cota 0,00 metro, enquanto o interior do terreno possui relevo montanhoso, com cotas atingindo 200,00 metros.

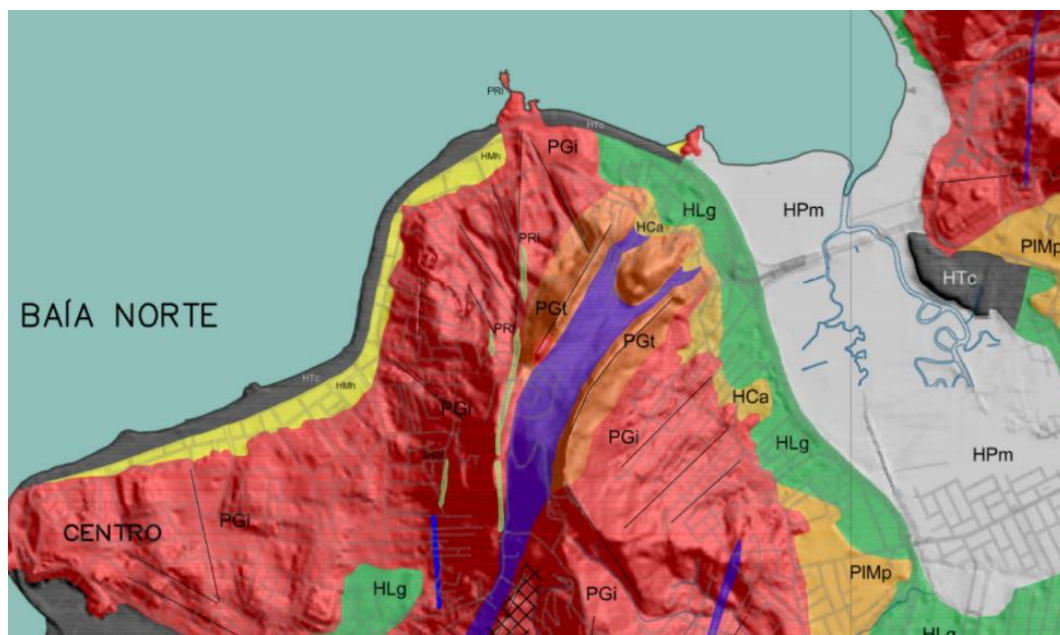
Nesse cenário, mostra-se necessária a atenção para a adequada proposta de drenagem do túnel proposto, haja vista a localização de seus emboques facilitarem o ingresso de águas pluviais no interior do túnel.

Estudo geológico

O estudo geológico foi iniciado a partir da identificação do solo da região, o qual é composto por rochas antigas do Ciclo Brasileiro diques cretáceos do Enxame de Diques de Florianópolis (EDF) e depósitos quaternários continentais e transicionais. Em relação à sua geomorfologia, é composto por morros, montanhas, elevações, e por planícies costeiras. Na área estudada foram identificadas algumas formações rochosas, sendo as principais: PGI (granito Ilha, que possui textura equigranular grossa e raramente pórfira,

com fenocristais de feldspato potássico); HLg (depósitos flúvio lagunares); HTc (depósitos tectogênicos); HMh (depósitos marinhos praias atuais). O principal tipo de solo identificado na região foi o Podzólico Vermelho-Amarelo álico latossólico A moderado, que possui textura argilosa e apresenta uma fase floresta tropical perenifólia e relevo ondulado (PVA19). Segundo a SiBCS (2018), esse tipo de solo é considerado argissolo vermelho-amarelo e para o Embrapa (2004), possui baixa fertilidade natural e são suscetíveis à erosão.

Figura 2 - Mapa geológico de Florianópolis



Fonte: UFSC (2014)

□ *Estudo geotécnico*

As duas sondagens de investigação geotécnica foram fornecidas pelo IBRACON. A partir das sondagens disponibilizadas é possível observar que o solo da região do desafio é composto majoritariamente por silte arenoso. Além disso, o nível d'água está presente aos 5,3 metros de profundidade no SP-01 e à 5,8 metros de profundidade no SP-02. Portanto, é necessário o rebaixamento do lençol freático no momento da execução da obra.

Figura 3 - Resultado das sondagens SP-01 e SP-02

SP-01						SP-02					
PROFUNDIDADE [m]	NÚMERO DA AMOSTRA	NÍVEL D'ÁGUA	N-SPT	PROFUNDIDADE [m]					DESCRIÇÃO DO MATERIAL		
				10	20	30	40	50			
-1	0										
-2	1		7							SILTE ARENOSO	
-3	2		11							SILTE ARGILOSO	
-4	3		17							SILTE ARGILOSO	
-5	4		21							SILTE ARGILOSO	
-6	5	5,3	22							SILTE ARGILOSO	
-7	6		25							SILTE ARGILOSO	
-8	7		28							SILTE ARGILOSO	
-9	8		31							SILTE ARGILOSO	
-10	9		33							SILTE ARGILOSO	
-11	10		37							SILTE ARGILOSO	
-12	11		38							SILTE ARGILOSO	
-13	12		42							SILTE ARGILOSO	
-14	13		46							SILTE ARGILOSO	
-15	14		51							SILTE ARENOSO	
-16	15		51							SILTE ARENOSO	
-17	16		55							SILTE ARENOSO	
-18	17		56							SILTE ARENOSO	
-18,71	18		59							SILTE ARENOSO	

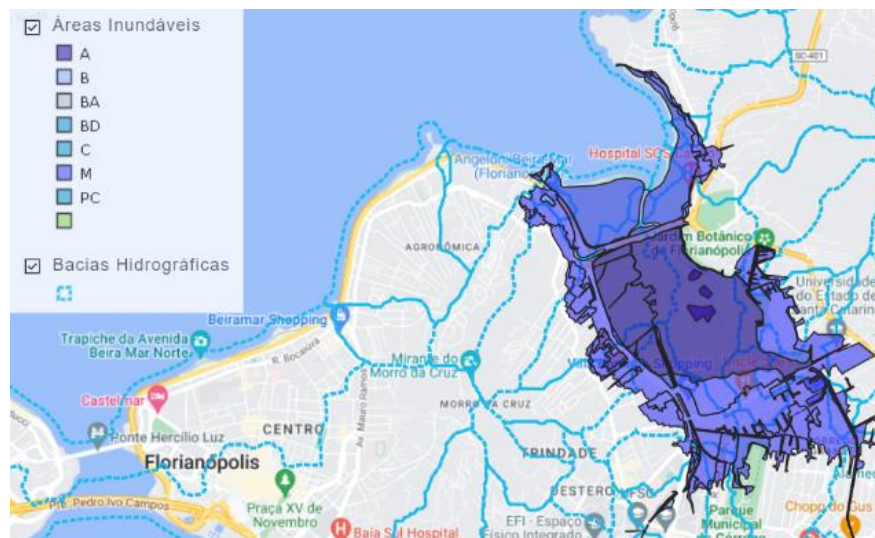
Fonte: IBRACON (2023)

Estudo hidrológico

A análise do comportamento hidrológico do local de intervenção teve como base o mapa da Figura 4, sendo observado o potencial de inundação da área onde será a implantação do projeto. A partir da análise das bacias hidrográficas da região e as áreas inundáveis, nota-se a necessidade de projeto de drenagem compatível com o volume de água capaz de ingressar no túnel, devendo ser previstos reservatórios para assegurar o nível de serviço das vias.

Nesse ambiente, ressalta-se a adoção de detalhes construtivos para evitar o ingresso de água no emboque da Avenida da Saudade, como a elevação da cota da pista antes do início da rampa descendente.

Figura 4 - Áreas inundáveis



Fonte: Geoportal Florianópolis (2023)

4 EXIGÊNCIAS DE DURABILIDADE

4.1 Vida útil de projeto

Segundo o item 6.2 da ABNT NBR 6118:2014, a vida útil de projeto (VUP) consiste no período no qual as características das estruturas de concreto são mantidas quando atendidos os requisitos de uso e manutenção determinados pelo projetista e construtor sem a necessidade de intervenções significativas.

Para projetos de edificações, é utilizado a ABNT NBR 15575-1:2021 como base para estabelecer a VUP, entretanto, no caso de Obras de Arte Especiais (OAEs) não há uma norma brasileira específica na qual é determinada a vida útil de projeto a ser utilizada pelo projetista.

Como não há recomendação específica na norma brasileira e é uma exigência do regulamento do concurso, para o presente projeto foi utilizada como referência a norma europeia EN 206-1:2013 que recomenda uma VUP de no mínimo 100 anos para edifícios monumentais, pontes e outras estruturas da engenharia civil.

Para garantir que o período de durabilidade estipulado seja atendido é necessária a execução de manutenções periódicas indicadas no item “Manutenção” o qual cita as ações que devem ser tomadas ao longo do período de utilização. A vida útil pode ser prolongada através de ações de manutenção e, por esse motivo, deve haver a realização integral dessas ações de manutenção para que não haja risco de a VUP não ser atingida.

4.2 Classes de agressividade

Segundo a ABNT NBR 6118:2014, a agressividade do ambiente está relacionada às ações físicas e químicas as quais atuam sobre as estruturas de concreto projetadas. A partir disso, nos projetos estruturais desenvolvidos, a agressividade ambiental deve ser classificada de acordo com a tabela apresentada pela norma, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Classe de agressividade

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
IV	Muito forte	Respingos de maré	Elevado

Fonte: adaptado da ABNT NBR 6118:2014

Como o local proposto para realizar o projeto se trata uma região litorânea urbana, adotamos como classe de agressividade ambiental IV. Seguindo o cobrimento mínimo proposto pela NBR 6118:2014, foi adotado 4,5 centímetros de cobrimento para laje e 5,0 centímetros para vigas e pilares, como apresentado na Tabela 2. Entretanto, a norma brasileira prevê VUP de 50 anos. Já a norma japonesa, JSCE Standard Specification for Concrete Structures – Design, recomenda esses mesmos parâmetros de cobrimento para Vida Útil de Projeto de 100 anos, como mostra a Tabela 3. Sendo assim, o cobrimento adotado baseado na NBR 6118:2014 está compatível com a VUP mínima requerida no regulamento deste concurso, de 100 anos. Para elementos permanentes em contato direto com o solo, como o túnel, foi adotado o cobrimento de 7 centímetros, com tolerância de 1,5 centímetros. Assim, na pior situação garante-se um cobrimento de 5,5 cm.

Tabela 2 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal

Tipo de estrutura	Elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV

		Cobrimento nominal (mm)			
		20	25	35	45
Concreto armado	Laje	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Estrutura em contato com o solo	30		40	50
Concreto protendido	Laje	25	30		50
	Viga/pilar	30	35	45	55

Fonte: adaptado da ABNT NBR 6118:2014

Tabela 3 – Cobrimento mínimo do concreto e máxima relação água-cimento de estruturas*

Elemento	Máxima relação a/c**	Cobrimento mínimo da armadura (mm)	Tolerância construtiva (mm)
Pilar	50	45	± 15
Viga	50	40	± 10
Laje	50	35	± 5
*Foi assumido VUP de 100 anos		**Usado cimento Portland comum	

Fonte: Traduzido de JSCE Standard Specification for Concrete Structures – Design (2007)

Ademais, além do uso do concreto classe C50, recomenda-se o uso de inibidor de corrosão e material antirrespingo, para que tenha maior garantia da durabilidade da estrutura, e conseqüentemente, que a vida útil seja atingida.

4.3 Manutenção

O programa de manutenção tem como finalidade estabelecer as principais diretrizes para os processos de manutenção ordinários, além de orientar quanto a frequência necessária para garantir que o túnel e suas dependências alcancem sua vida útil de projeto em perfeito estado.

É importante destacar que todos os procedimentos devem ser acompanhados por profissional responsável, para que as avaliações das patologias sejam feitas de maneira correta e subsequentemente as devidas correções necessárias.

Para a elaboração deste programa de manutenção, tomou-se como referência o Manual de Manutenção de Obras de Artes Especiais do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), publicado em 2016, e projetos de túneis como o túnel Sebastião Camargo localizado em São Paulo.

A inspeção é essencial para garantir a vida útil da estrutura. Ela tem como objetivo coletar dados, elaborar relatórios, avaliar o estado da obra e fazer recomendações quando necessárias. Nela são feitas visualizações visuais e algumas medições, as quais devem ser feitas de maneira organizada e cuidadosa de maneira que a avaliação seja feita de maneira correta e detalhada. Segundo o manual do DNIT (2016) há cinco tipos de inspeções:

- Cadastral: Será realizada ao final da obra, tendo disponível todos os projetos e relatórios de fiscalização. É bastante minuciosa e amplamente documentada para que possa servir de base para as inspeções futuras. Caso a obra passe por importantes mudanças estruturais, esta inspeção deve ser refeita;
- Rotineira: Deve ser realizada a cada dois anos, seu objetivo é acompanhar visualmente a evolução de possíveis falhas já reconhecidas anteriormente, e documentar novos defeitos, patologias e ocorrências de reparos ou modificações no

projeto que possam ter ocorrido;

- Especial: Deve ser realizada a cada cinco anos ou quando a inspeção rotineira perceber uma patologia crítica na estrutura. É uma inspeção visual bastante detalhada, as partes de mais difícil acesso devem ser inspecionadas com o auxílio de lunetas, andaimes e afins. As observações e medidas de flechas e deformações devem ser auxiliadas por instrumentos de precisão.
- Extraordinária: Deve ser realizada apenas quando ocorrer um grave acidente com a estrutura, causado pelo homem ou pela natureza;
- Intermediária: Deve ser realizada apenas quando recomendada para monitorar alguma manifestação patológica suspeita ou identificada em inspeções anteriores.

Segundo Haack, Schreyer e Jackel (1995), a inspeção do túnel deve ser realizada se possível diariamente utilizando carro, e uma vez ao ano de maneira mais minuciosa, sendo esta realizada obrigatoriamente a pé. E quando necessárias, há as inspeções intermediárias de acordo com a demanda.

□ *Manutenção preventiva do túnel*

As manutenções preventivas são procedimentos e serviços básicos que tem como objetivo preservar a integridade da estrutura, impedindo o desenvolvimento de falhas e patologias. Elas são executadas com intervalos fixos de tempo. Recomenda-se realizar as seguintes ações anualmente:

- A limpeza anual do sistema de drenagem para remover materiais como vegetação, solo e insetos, garantindo que os drenos e caminhos permaneçam funcionais.
- A limpeza anual da sinalização para manter a visibilidade e compreensão dos usuários. Detritos e materiais estranhos devem ser removidos para evitar danos aos elementos de sinalização. Anúncios publicitários colocados sobre as sinalizações também devem ser retirados. A superfície dos sinais deve ser limpa com escova e sabão, sem danificar a tinta.
- O sistema de iluminação do túnel deve ser reparado regularmente, substituindo lâmpadas ou luminárias danificadas.
- A ventilação também deve ser verificada para garantir seu funcionamento adequado, seguindo as instruções do fornecedor para as manutenções periódicas.

□ *Manutenção corretiva do túnel*

As manutenções corretivas são procedimentos e serviços que tem como objetivo realizar consertos que foram apontados como necessários nas inspeções e são executados somente quando necessários. Ressalta-se que a manutenção corretiva dos elementos estruturais é fundamental, todavia, deve-se dar preferência à manutenção preventiva desses elementos. Isso porque as manutenções para correção de danos à estrutura exigem maior tempo de execução, prejudicando a capacidade de fluxo dessas vias.

Deve-se destacar que qualquer manifestação patológica identificada deve ser documentada, estudada e avaliada para que suas causas sejam descobertas e então tratadas. Os danos aparentes na superfície podem resultar de situações mais graves no interior da estrutura, sendo sempre necessário o acompanhamento de profissionais através das inspeções para que as verdadeiras causas sejam encontradas e corrigidas, de forma a evitar que o defeito se manifeste novamente. Seguem alguns exemplos de

serviços que deverão ser realizados caso haja necessidade:

- Caso haja uma área de concreto danificada, ela deve ser removida e reparada utilizando graute ou argamassa de reparo. Antes de aplicar o material o local deve estar limpo e tratado de acordo com os requisitos propostos pelo fabricante. Se for localizado locais de corrosão é recomendada a aplicação de inibidores de corrosão no local para garantir a durabilidade da estrutura.
- Se forem identificadas infiltrações no pavimento, é necessário que seja feita uma limpeza e desobstrução do sistema de drenagem do túnel, e investigação da causa. Se a manifestação patológica permanecer, pode-se optar por inserir drenos de alívio.
- Quando for notada desgaste da superfície de rolamento ou a necessidade de sua devida substituição (como é o caso, por exemplo, de fissuras tipo “couro de jacaré”) é preciso retirar a camada existente por métodos mecanizados como a fresagem, e/ou por métodos manuais. Após isso o local deve ser limpo e a superfície preparada com jateamento abrasivo. Se necessário, os elementos de drenagem devem ser construídos, reinstalados ou estendidos. Aplicar material de imprimação ou ligação ou selante se necessário. Colocar e compactar a camada de pavimento asfáltico com espessura máxima igual à retirada.

Manutenção de elementos auxiliares

Os elementos auxiliares, como a impermeabilização, instalações elétricas e acabamentos, por exemplo as pinturas, devem ser limpos e inspecionados anualmente, e reparados quando necessário ou conforme indicação do fabricante.

Manutenção preventiva dos equipamentos

É essencial monitorar constantemente indícios de umidade na estrutura, como bolor, e, se identificado, lavar a área afetada, secar, lixar e aplicar um impermeabilizante. O estudo das causas da umidade é necessário.

A limpeza dos tirantes deve ocorrer a cada 6 meses, antes da inspeção periódica, para melhor visibilidade do estado do elemento. Selantes são recomendados para evitar a corrosão do tirante, com reaplicação conforme as instruções do fabricante. Para os tirantes de contenção, inspeções anuais são necessárias para verificar a integridade da cabeça, trincas, infiltrações e alinhamento. Recomenda-se uma manutenção anual das cabeças de concreto que protegem os tirantes para evitar corrosão.

A lavagem de drenos a cada seis meses e a desobstrução das canaletas são importantes para evitar acúmulo de água e infiltrações que podem sobrecarregar a estrutura.

Manutenção corretiva dos equipamentos

Em relação às estruturas de concreto, a inspeção pode identificar corrosão. Nesse caso, a área afetada é limpa e a parte deteriorada é removida, preenchendo-a com graute. Se a armadura estiver muito danificada, é necessário calcular a necessidade de reforço no local. Se a corrosão for superficial, a ferrugem é removida com uma escova de aço e, em seguida, aplica-se uma camada de inibidor de corrosão.

Já nas estruturas de madeira, se houver ataque de insetos xilófagos, a fumigação com gases como brometo de metila e fosfina é utilizada para eliminar os insetos. Recomenda-se ainda um tratamento superficial para evitar a reinfestação, como

aspersão ou pincelamento com produto preservativo. Em casos de podridão, a parte afetada é removida, e a madeira é tratada com resina epóxi. Se a degradação for avançada, a peça de madeira deve ser substituída.

Quando fissuras são identificadas, deve-se aplicar resina epóxi ou selantes acrílicos nas cavidades formadas. Em casos mais graves, reforços podem ser feitos com parafusos, anéis metálicos ou chapas metálicas.

No caso dos tirantes de aço, arames rompidos são monitorados, e se o número de rompimentos aumentar, o cabo é substituído. A corrosão, comum em regiões litorâneas, também requer a substituição do tirante. Para os tirantes de contenção, os muito comprometidos, especialmente pela corrosão, devem ser completamente substituídos.

5 PROJETO DO TÚNEL

A partir do manual de projetos geométricas para travessias urbanas do DNIT, foram determinados os critérios básicos de velocidade diretriz, raio mínimo de curva, rampa máxima e gabarito vertical, conforme a classe da via. A via do projeto pode ser classificada como arterial primária em relevo predominantemente plano. Na Tabela 4 estão os valores considerados para elaboração do projeto geométrico do túnel. Ressalta-se que o gabarito vertical de 4,50 metros pôde ser adotado em razão de haver vias alternativas com gabarito de 5,50 metros, não impondo, um fator restritivo na via. Paralelo a isso, a adoção de um gabarito menor gera facilitadores para a execução da obra, visto que proporciona redução do volume escavado e, conseqüentemente, tempo de obra e menor impacto ambiental, não sendo necessário descarte de solo em botafora.

Tabela 4 - Características técnicas do projeto

Características técnicas	Projeto
Velocidade diretriz	60 km/h
Superelevação máxima	2%
Raio mínimo	167 m
Rampa máxima	6%
Largura da faixa de rolamento	3,60 m
Gabarito mínimo vertical	4,50 m
Valor mínimo de k para curvas verticais convexas	11
Valor mínimo de k para curvas verticais côncavas	18

Fonte: Autores (2023)

5.1 Implantação

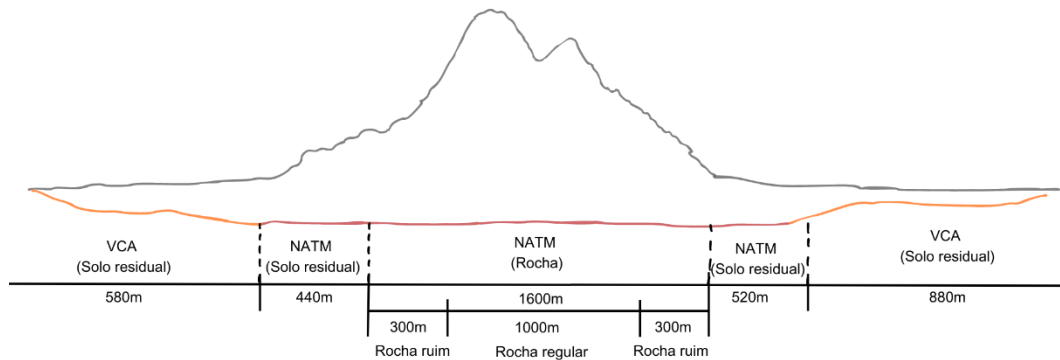
□ *Traçado*

A definição do percurso adotado para o túnel teve por princípio evitar grandes desapropriações à medida que atravessa uma região densamente urbanizada, com presença acentuada de edifícios altos. Dessa forma, para atender aos critérios básicos de projetos geométricos do DNIT, foi necessário dividir o túnel em cotas e métodos construtivos diferentes, tendo em vista evitar o encontro com fundações profundas das edificações.

Os trechos do traçado com cotas de fundo de -10 e -15 metros tiveram como princípio serem executados por método de Vala a Céu Aberto, assim, foram projetados para atravessarem a região sob as vias existentes. Dessa forma, essas extensões não

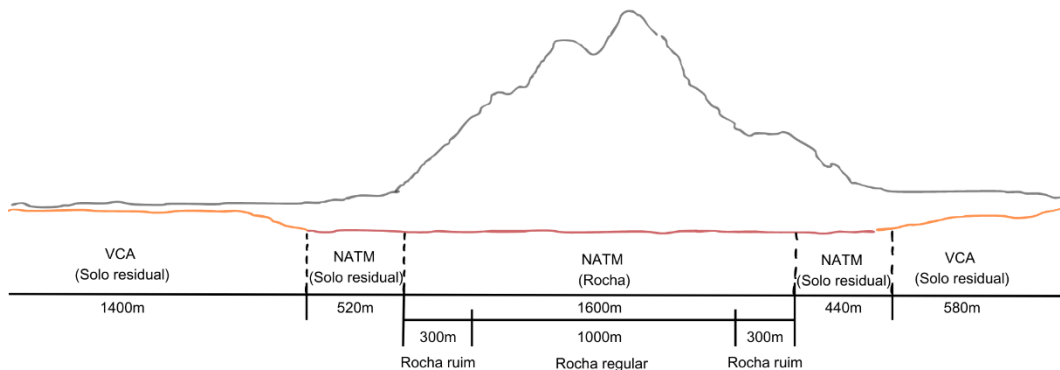
requerem desapropriações para realização da obra. Por sua vez, os trechos passantes sob locais com presença de edificações se encontram na cota -25 metros, buscando assegurar a execução do túnel, o mínimo impacto na superfície e inserção em camadas mais resistentes do solo que possibilitem a escavação utilizando o método de escavação conhecido como *New Austria Tunnelling Method* (NATM).

Figura 5 – Perfil longitudinal esquemático do traçado Saudade - Beira Mar Norte



Fonte: Autores (2023)

Figura 6 – Perfil longitudinal esquemático do traçado Beira Mar Norte - Saudade



Fonte: Autores (2023)

□ *Emboques*

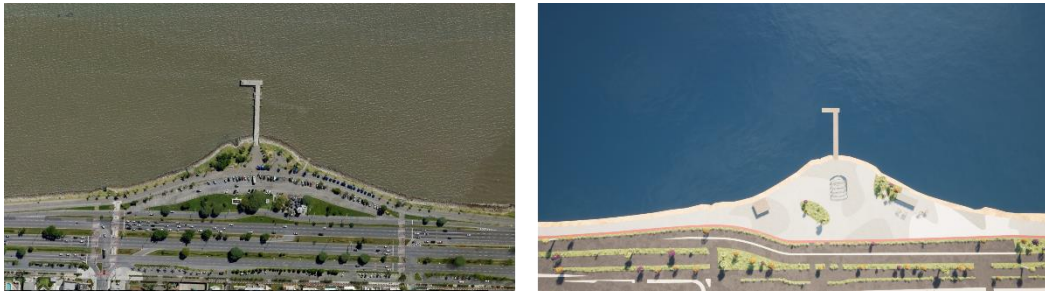
A concepção dos emboques procurou manter os trajetos existentes e fazer uso das condições do local, conciliando as propostas de acesso aos túneis com as vias do local. Ressalta-se, também, a busca em reduzir o espaço ocupado pelos acessos e saídas, sendo empregadas rampas de 6% de inclinação a fim de adequar-se aos espaços limitados de uma intervenção em área urbana.

Por sua vez, tendo em vista a localização em área inundável, propõe-se a elevação do traçado em um metro antes de iniciar a descida para evitar a entrada de água no túnel em eventos corriqueiros.

- Emboque Avenida Beira-Mar: proposta na região buscou evitar a necessidade de construção de novos dispositivos de interseção em desnível para garantir a passagem abaixo das vias existentes, conforme mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Situação atual (esquerda) das vias no local de implantação e proposta (direita) de emboques

(Av. Beira Mar Norte)



Fonte: Google Earth (2023) e Autores (2023)

- Emboque Avenida da Saudade: a proposta da região procurou fazer uso do espaço disponível no canteiro central entre as pistas existentes, utilizando uma faixa existente para complementar o acesso ao túnel de forma simplificada. As rampas de acesso e saída de dimensões reduzidas também tiveram por objetivo garantir a manutenção do traçado original dos córregos na região.

Ressalta-se, ainda, que há necessidade de canalização dos córregos para execução das obras com segurança.

Figura 8 - Situação atual (esquerda) das vias no local de implantação e proposta (direita) de emboques (Av. Saudade)



Fonte: Google Earth (2023) e Autores (2023)

5.2 Descrição do projeto estrutural

□ *Vala a céu aberto*

O trecho de túnel executado em vala a céu aberto (VCA) teve seu projeto dividido em estrutura provisória, com construção de estacas secantes estabilizadas com estroncas, para permitir a escavação e estrutura permanente, sendo dimensionada a seção do túnel com laje superior e inferior e pilar-parede para suportar os empuxos provenientes do solo e nível d'água.

Para escavação do trecho em VCA foi adotado um avanço de 60 metros com largura de 12 metros, com realização de um sentido por vez, sendo executadas as estacas secantes no perímetro da escavação até uma profundidade 5 metros abaixo da cota de fundo da escavação para evitar a percolação das águas do lençol freático. Assim, para o trecho da Avenida Beira-Mar, onde a cota de fundo será -10 metros, foram dimensionadas as estacas com 15 metros de profundidade e, para o trecho da Avenida da Saudade, com cota de fundo de -15 metros, as estacas terão 20 metros de

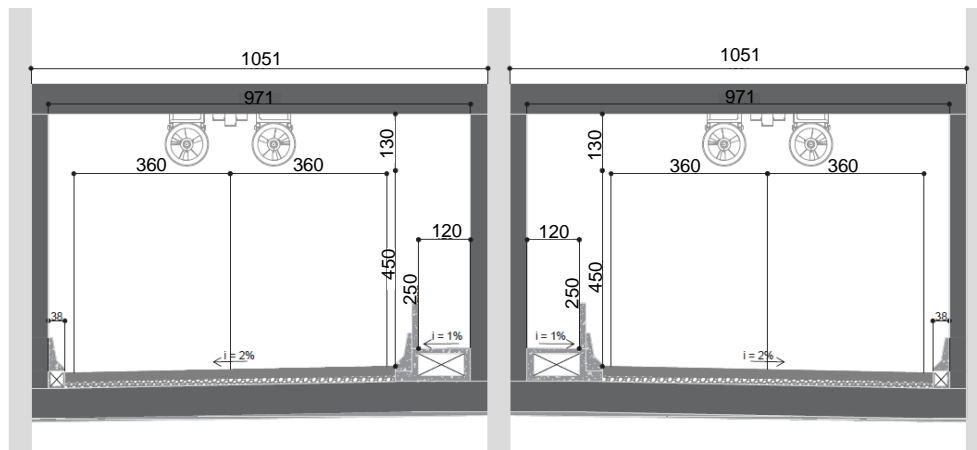
profundidade.

A estrutura permanente, que será a seção do túnel, conforme a Figura 9, será moldada in loco, com laje inferior atuando como radier para distribuição das cargas dos veículos no solo, laje superior capaz de suportar as cargas do aterro acima e dos objetos da superfície pilares-parede dimensionados para suportar o empuxo do solo e do nível d'água. Paralelo a isso, a laje inferior irá acomodar o revestimento para rodagem, contando com inclinação de 2% em sentido único para drenagem.

A instalação de jato ventiladores é prevista para garantia de fluxo de ar adequado para situação de funcionamento regular, assim como situações excepcionais com fluxo lento. Nota-se, ainda, a execução de seções capazes de acomodar zonas de refúgio, conforme Figura 10 para os usuários do túnel, a fim de garantir o serviço do túnel caso veículos apresentem avarias em sua extensão.

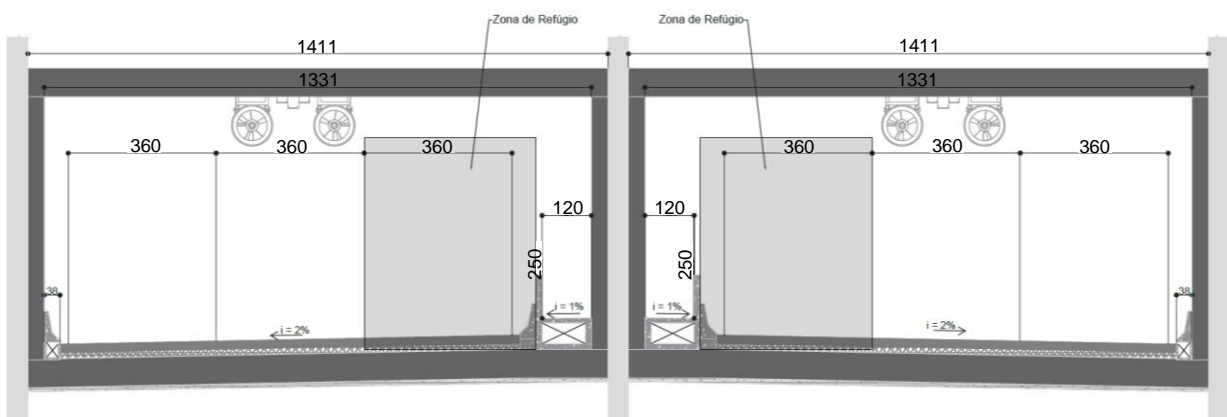
Por sua vez, para assegurar a capacidade de drenagem do túnel, é prevista a seção conforme a Figura 11 para acomodar um reservatório sob cada sentido.

Figura 9 – Seção do túnel executada em vala a céu aberto



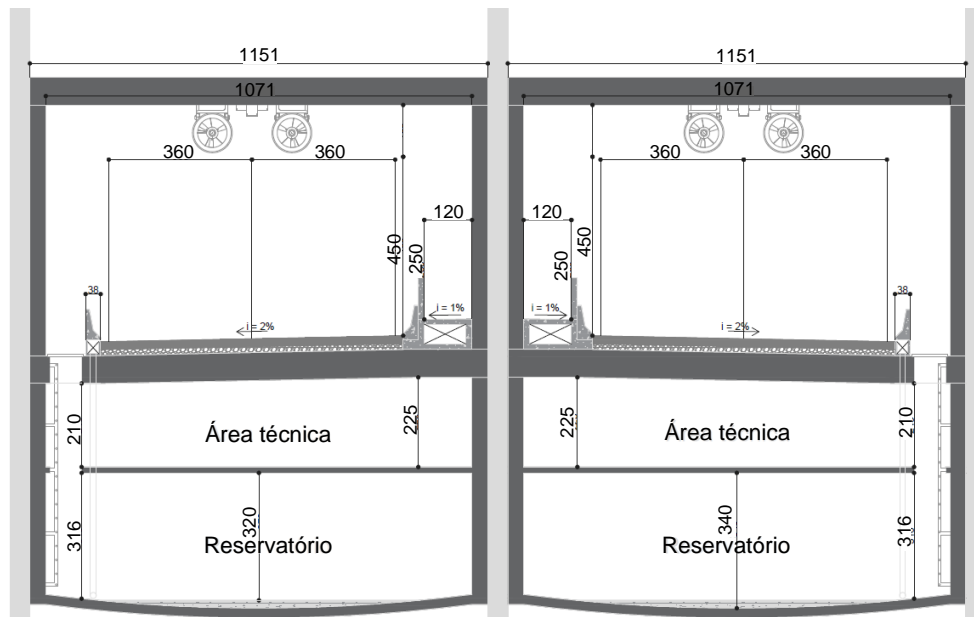
Fonte: Autores (2023)

Figura 10 - Seção do túnel executada em vala a céu aberto com zonas de refúgio



Fonte: Autores (2023)

Figura 11 – Seção do túnel executada em vala a céu aberto com reservatórios



Fonte: Autores (2023)

□ NATM (New Austrian Tunneling Method)

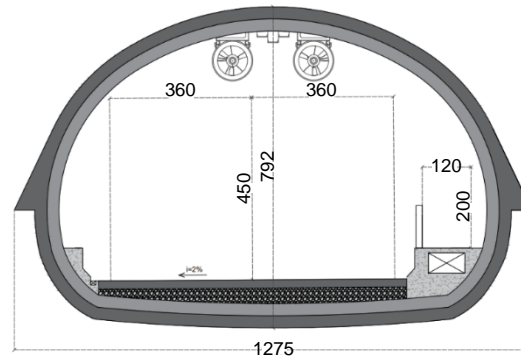
Foram propostos dois túneis como solução para o tráfego do trecho entre o Hotel Majestic Palace e a Avenida da Saudade, na cidade de Florianópolis. O primeiro, no sentido do Majestic Palace para a Avenida da Saudade, possui 4434 metros de extensão, enquanto o túnel de sentido oposto possui comprimento de 3892 metros. Os eixos longitudinais de cada túnel possuem uma distância perpendicular de 18 metros.

A escavação dos túneis inicialmente é feita através de valas a céu aberto, passando a utilizar o método NATM ao iniciar descida à cota -25,00m. O New Austrian Tunneling Method consiste na escavação através de explosivos seguida da projeção de concreto, sendo nesse projeto reforçado com tela eletrossoldada e cambotas, formando o revestimento do túnel. Após a explosão e retirada do material escavado, deve haver o preparo da superfície que receberá o concreto, posicionamento da tela eletrossoldada e das cambotas e protensão dos tirantes, quando aplicável. Por fim, aplica-se o concreto projetado como revestimento da seção transversal.

Ambos os túneis passam pelo maciço de rocha sã, assim como por solo fragmentado. Para o trecho NATM em solo, a seção desenvolvida possui dois revestimentos, primário e secundário, ambos feitos com o concreto projetado de mesmo traço com 30 centímetros de espessura cada. A função do revestimento primário é a de estabilizar a escavação, controlando a deformação do maciço, melhorando a redistribuição de tensões no entorno da escavação, permitindo a retirada do material escavado. O revestimento secundário é aplicado sobre o primário, com o intuito de ajudar a estabilizar o túnel a longo prazo. Para auxílio na estabilidade durante a escavação, junto ao revestimento primário, foram previstas sapatas laterais. A seção transversal do túnel NATM para trechos em solo é apresentada na Figura 12.

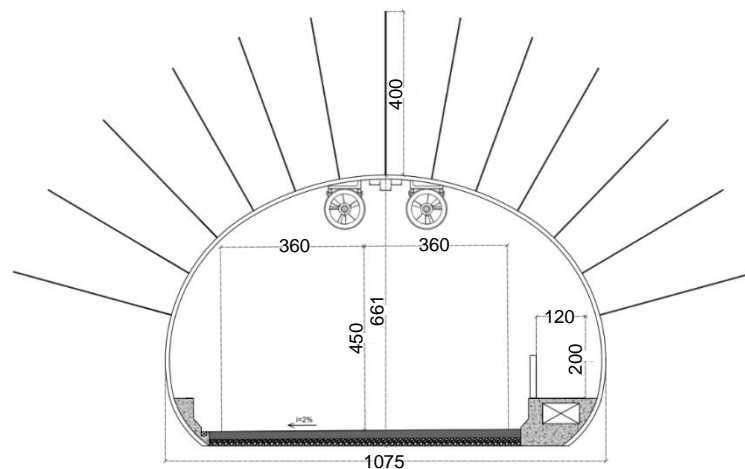
Para o trecho NATM em rocha, devido à melhor condição de suporte, há apenas uma camada de revestimento, com o auxílio de tirantes protendidos na parte superior da seção. A seção transversal pode ser vista na Figura 13. Além disso, como a escavação em rocha apresenta maior estabilidade, foram planejadas zonas de refúgio ao longo do trecho conforme a Figura 14.

Figura 12 - Seção transversal do túnel NATM para trechos em solo



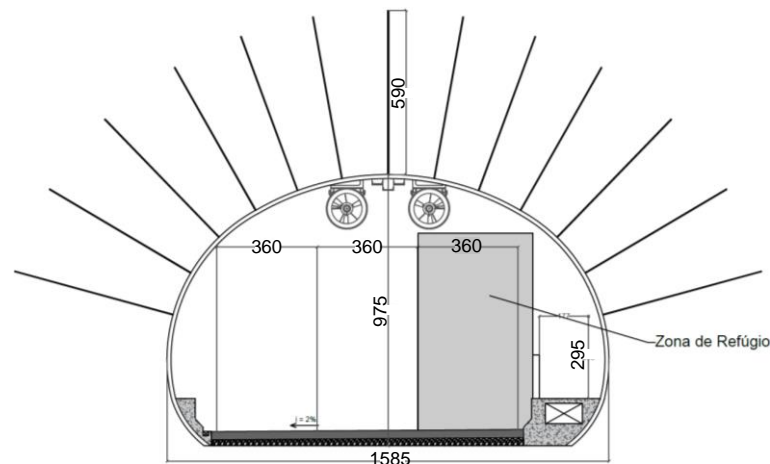
Fonte: Autores (2023).

Figura 13 - Seção transversal do túnel NATM para trechos em rocha



Fonte: Autores (2023).

Figura 14 - Seção transversal do túnel NATM para trechos em rocha com zonas de refúgio

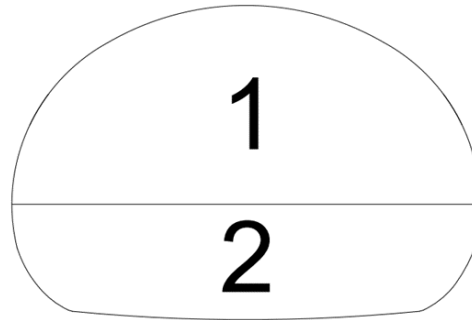


Fonte: Autores (2023)

Para ambas as seções, jato ventiladores foram previstos na parte superior da seção para o auxílio com a ventilação longitudinal. A espessura do pavimento e a camada granular inferior seguem especificações do dimensionamento. Foi previsto uma inclinação de 2% em um único sentido para drenagem. Em ambas as seções, em solo e em rocha, foi prevista a parcialização da escavação da seção transversal. Por motivos

de limitação do maciço, a escavação deve ser feita de forma sequencial, conforme ilustra a Figura 15.

Figura 15 - Parcialização da escavação da seção transversal



Fonte: Autores (2023)

□ *Pavimentação*

A sub-base para o trecho em vala a céu aberto (VCA) será de concreto compactado com rolo (CCR), na qual esse material apresenta consistência seca e baixo consumo de cimento, para a compactação faz-se uso de rolo compressor do tipo liso vibratório (DNIT, 2013). O CCR possui propriedades similares ao convencional, porém em diferentes proporções, a maior diferença entre eles é que o CCR possui maior porcentagem de agregados miúdos, garantindo maior consolidação (HARRINGTON et al., 2010).

Já para a sub-base do trecho em NATM, onde o subleito é composto por rocha, foi considerado uma camada de concreto asfáltico usinado a frio, pois caso seja usinado a quente os vapores liberados podem causar problemas, para garantir maior durabilidade da placa de concreto, visto que diminui a rigidez, conseqüentemente diminuindo a vibração transmitida ao pavimento rígido.

A definição do revestimento do projeto levou em consideração a espessura, pois a estrutura do pavimento asfáltico é maior que do pavimento de cimento Portland, isto interfere na profundidade da escavação, e a suscetibilidade às chamas, visto que o asfalto aquecido libera componentes químicos nocivos à saúde humana, como os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. Dessa forma, o tipo de revestimento adotado foi o pavimento rígido.

A posição crítica da carga considerada no projeto foi próxima ou tangente à borda longitudinal e a meio caminho entre duas juntas (DNIT, 2005). A fim de aumentar a eficiência de transferência de carga entre as placas de concreto, serão utilizadas barras de transferência, além disso serão empregadas barras de ligação, na qual impossibilita os movimentos nas laterais.

5.3 Especificação de materiais

O solo escavado será destinado a bota-fora, enquanto a rocha será reaproveitada como agregado miúdo e graúdo para os diferentes concretos. A rocha escavada, estimada através da multiplicação da área da seção transversal do túnel NATM em rocha pelo comprimento no traçado, considerando uma perda por empolamento de 35%, resulta em 336.223 toneladas. Considerando o consumo de agregados de cada traço em quilogramas por metro cúbico multiplicado pelo volume de concreto do respectivo elemento, foi possível estimar 580.776 toneladas de agregados, valor superior ao total

de rocha escavado, podendo ser 100% reaproveitado.

□ **Concreto**

No revestimento do túnel, para ambas as seções em NATM, o concreto projetado foi especificado com CPV-ARI e acelerador de pega para a alta resistência inicial, além do aditivo redutor de água para que seja bombeado pelo mangote. Como base que receberá o concreto projetado, para minimizar a reflexão, deve-se usar uma argamassa cujo traço é igual ao do próprio concreto projetado, com a exclusão do agregado graúdo. Todos os agregados serão reaproveitados do material escavado.

Tabela 5 – Concreto projetado – via úmida

Materiais	Massa para um m³ (kg)
Cimento Portland CP V	420
Areia artificial (MF= 2,5 ± 0,3)	1058
Brita 0 (DMC= 12,5mm)	706
Água da rede de abastecimento	168
Aditivo redutor de água tipo 2	2,1
Aditivo acelerador de pega p/ concreto projetado	12,6
Características	
Abatimento	S3
Resistência característica à compressão aos 28 dias	30,0 MPa
Resistência de dosagem a compressão aos 28 dias	36,6 MPa
Módulo de Elasticidade	20 GPa

Fonte: Autores (2023)

Nos pavimentos de concreto e no concreto não projetado utilizado no túnel, a escolha do cimento Portland pozolânico deve-se ao menor teor de clínquer, diminuindo a emissão de CO₂ e o calor gerado na hidratação do cimento, mitigando fissuras devido à retração térmica. Além disso, há disponibilidade de indústrias termelétricas em Santa Catarina passíveis de fornecer cinzas volantes para adição.

Tabela 6 - Concreto autoadensável para interior do túnel

Materiais	Massa para um m³ (kg)
Cimento Portland CP IV	275
Areia artificial (MF= 2,5 ± 0,3)	850
Brita 0 (DMC= 12,5mm)	1090
Água da rede de abastecimento	190
Aditivo Polifuncional	2,4
Características	
Espalhamento	SF1
Resistência característica à compressão aos 28 dias	20,0 MPa
Resistência de dosagem a compressão aos 28 dias	26,6 MPa

Fonte: Autores (2023)

O pavimento viário de concreto é moldado no local de utilização, em formas de placas unidas através de barras de transferência de tensões. A especificação do traço encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Pavimento de concreto

Materiais	Massa para um m³ (kg)
Cimento Portland IV	445

Areia artificial (MF= 2,5 ± 0,3)	800
Brita 0 (DMC= 12,5mm)	980
Água da rede de abastecimento	185
Aditivo redutor de água tipo 2	3,6
Características	
Espalhamento	SF1
Resistência característica à tração na flexão aos 28 dias	4,50 MPa
Resistência de dosagem à tração na flexão aos 28 dias	5,16 MPa

Fonte: Autores (2023)

Para o túnel em vala a céu aberto foi considerado elevado risco de deterioração da estrutura, devido à proximidade com a água do mar e por estar abaixo do lençol freático. Ou seja, classe de agressividade IV. Seguindo os critérios de durabilidade já mencionados, foi especificado o concreto da Tabela 8.

Tabela 8 - Concreto autoadensável para túnel VCA

Materiais	Massa para um m³ (kg)
Cimento Portland CP IV	430
Areia artificial (MF= 2,5 ± 0,3)	805
Brita 0 (DMC= 12,5mm)	980
Água da rede de abastecimento	170
Aditivo redutor de água tipo 2	3,9
Características	
Espalhamento	SF1
Resistência característica à compressão aos 28 dias	50,0 MPa
Resistência de dosagem a compressão aos 28 dias	56,6 MPa

Fonte: Autores (2023)

Para o traço utilizado nas estacas secantes, não foi considerado as exigências da classe de agressividade ambiental por se tratar de uma estrutura provisória. Sendo assim especificou-se o concreto autoadensável, devido ao método construtivo e resistência característica à compressão de 25 MPa, segundo projeto estrutural.

Tabela 9 - Concreto autoadensável para estacas secantes provisórias

Materiais	Massa para um m³ (kg)
Cimento Portland CP IV	290
Areia artificial (MF= 2,5 ± 0,3)	800
Brita 0 (DMC= 12,5mm)	1050
Água da rede de abastecimento	185
Aditivo redutor de água tipo 2	2,3
Características	
Espalhamento	SF1
Resistência característica à compressão aos 28 dias	25 MPa
Resistência de dosagem a compressão aos 28 dias	31,6 MPa

Fonte: Autores (2023)

□ Aço

No revestimento do túnel em NATM foram projetadas cambotas metálicas treliçadas triangulares com barras de 16 milímetros de diâmetro, tela eletrossoldada de aço com 4,2 milímetros de espessura e tirantes metálicos para protensão. Por sua vez, no trecho em VCA, foram especificadas barras CA-50, com 10 e 20 milímetros de diâmetro para a contenção provisória. No pavimento de concreto, estão previstas barras de transferência de carga CA-25 com 25 milímetros de diâmetro com extremidades lubrificadas entre as placas e tela eletrossoldada de aço com 4,2 milímetros.

□ Impermeabilização

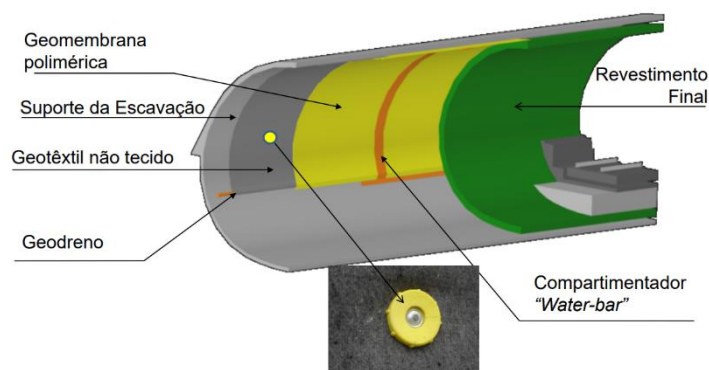
Apresentam-se a seguir a especificação de materiais e métodos de impermeabilização adotados. Vale frisar a importância de um acompanhamento rigoroso tanto durante a execução quanto durante as futuras manutenções para garantir total eficácia dos métodos escolhidos.

Sistema Guarda-chuva

Para o túnel desenvolvido foi escolhido o sistema conhecido como "Sistema guarda-chuva", que apresenta como características principais a impermeabilização parcial do túnel somado a drenos horizontais.

O sistema consiste na instalação de geomembranas nas juntas e laterais do túnel, presentes entre as estruturas primárias e secundárias, que têm como objetivo encaminhar a água para região inferior do túnel, que será captada por drenos que encaminharão a água até reservatórios ou estruturas de deságue como laterais de morros em túneis rodoviários. Além disso, o projeto de impermeabilização apresenta reservatórios que receberão as águas residuais e encaminharão através de bombas a água para fora do túnel, complementando o sistema de adotado, impedindo o acúmulo água. A utilização de geomembranas em túneis garante, além dos itens citados acima, a proteção contra umidade para preservar os componentes eletrônicos do sistema de transporte subterrâneo (sinalização/ventilação). O revestimento de túnel é formado pelas camadas apresentadas na Figura 16

Figura 16 - Geomembrana polimérica - sistema guarda-chuva



Fonte: Comitê Brasileiro de Túneis (2012)

As camadas de impermeabilização incluem membranas asfálticas, geomembranas, argamassas poliméricas, geotêxtil não tecido, geodreno e suporte de escavação. Reforços de fitas são aplicados nas áreas de encontro de laje e juntas. Testes de

estanqueidade e inspeções são realizados para garantir a segurança da obra. A combinação do sistema guarda-chuva e as bombas de sucção garantem conforto e segurança para os usuários do túnel.

5.4 Proteção contra incêndio

A proteção contra incêndio do túnel foi determinada pelas NBR 16736 (ABNT, 2019) e NBR 15661 (ABNT, 2021), dividindo os sistemas em ativos e passivos. Os sistemas de proteção contra incêndio ativos são as instalações cuja finalidade é combater o fogo, enquanto as passivas são as medidas que minimizar danos materiais, garantir a segurança dos ocupantes e reduzir a propagação do incêndio.

- Ativa: Ao longo da extensão do túnel, extintores de incêndio e hidrantes são previstos a cada 200 metros e jato ventiladores para altas temperaturas.
- Passiva: Como medida de proteção passiva, os dois sentidos rodoviários são separados em dois túneis diferentes. Dessa forma, através de portas que impedem a propagação de gases e chamas posicionadas a cada 200 metros, em eventual caso de incêndio em um dos túneis, os ocupantes podem abrigar-se no túnel para o sentido oposto. São previstas iluminações de emergência indicando a porta contra chamas mais próxima.

5.5 Instrumentação

A execução do túnel NATM altera o estado de tensões no maciço, que podem se propagar pelo terreno até a superfície do solo, podendo gerar recalques nas edificações existentes. Além disso, é necessário o acompanhamento do nível de água ao longo da escavação e de sismos causados pela explosão do maciço. Para essas finalidades, são previstas a utilização dos instrumentos listados na Tabela 10.

Tabela 10 - Instrumentação

Equipamentos	Descrição
Marcos superficiais	Acompanhamento dos deslocamentos do maciço de cobertura
Pinos de recalque	Referência para medição de deslocamentos em edificações
Estações totais	Medição de dados topográficos
Tassômetros	Medição dos deslocamentos em profundidade
Piezômetros	Medição do nível de água
Sismógrafos	Previsão de sismos da explosão do túnel
Benchmark para solo e para rocha	Referências fixas verticais usadas para medir deslocamento
Inclinômetro	Registro de deslocamentos horizontais

Fonte: Autores (2023)

Para a escavação em NATM, são necessários equipamentos para a escavação, estabilização do maciço e retirada do material escavado, como consta na Tabela 11.

Tabela 11 - Equipamentos

Equipamentos	Descrição
Equipamento de projeção por via úmida	Bomba e mangote para concreto projetado
Equipamento de perfuração explosiva	Equipamento para escavação NATM
Retroescavadeira	Para retirada de material escavado

Fonte: Autores (2023)

6 PARQUE

6.1 Partido arquitetônico

O partido arquitetônico do Parque Urbano do projeto Santa Bárbara originou-se na relação entre o conceito de “cidades inteligentes” e as leituras de alguns autores importantes da literatura da arquitetura e do urbanismo, como Jan Gehl, Jane Jacobs e Ole Jansen. Esses teóricos defendem que a cidade contemporânea é definida por mobilidade e a qualidade de vida das pessoas na cidade, promovendo, portanto, a interação humana e no desenvolvimento de uma vitalidade urbana, ou seja, o objetivo do projeto proposto para o 15º Concurso Ousadia do IBRACON.

- Jan Gehl (2013): Gehl propõe tornar cidades mais acolhedoras, focando em vitalidade, segurança, sustentabilidade e saúde. Priorizar pedestres, ciclistas e vida urbana é crucial. Ruas convidativas, transporte coletivo eficiente e infraestrutura integradora são essenciais para cidades humanas. Espaços públicos de qualidade, como parques, revitalizam áreas urbanas, fomentando comunidade e bem-estar. Gehl destaca a arquitetura a 5km/h como atrativa e interativa, ao contrário da arquitetura a 60km/h, desinteressante.
- Jane Jacobs (2000): Jacobs critica o planejamento urbano centrado na segregação e no automóvel, prejudicando a cidade e suas comunidades. Defende a vitalidade de ruas e bairros com usos diversos para criar ambientes animados e seguros. Enfatiza pedestres para vitalidade e segurança, criticando a priorização do tráfego. Destaca interação social e diversidade de atividades urbanas, enfatizando espaços públicos saudáveis, sustentáveis e bem projetados, como praças e parques, para fomentar encontros e convívio comunitário.
- Ole Jensen (2009): O estudo de Ole examina como a mobilidade urbana molda a vida diária e a identidade das pessoas. Ele enfatiza que os deslocamentos não são apenas físicos, mas também influenciam essências individuais e coletivas, por meio de transportes, ritmos e interações sociais. A pesquisa explora as variações culturais na mobilidade, destacando como normas e valores únicos afetam percepções e dinâmicas sociais. Considerar as dimensões simbólicas e culturais da mobilidade sugere a necessidade de incorporar tais aspectos nas políticas públicas e planejamento urbano para alcançar desenvolvimento urbano mais abrangente e sustentável.

6.2 Diretrizes do projeto da orla

O projeto para a Avenida Beira Mar Norte visa solucionar problemas como o fluxo intenso de carros, que representa um obstáculo para os pedestres alcançarem a orla. Foram propostas diretrizes para o desenvolvimento do projeto básico de estrutura:

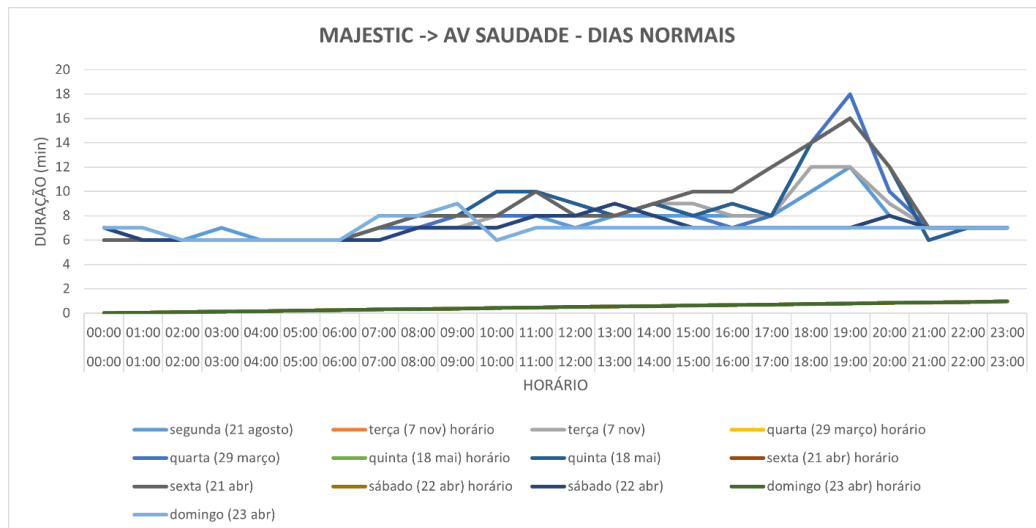
- Renovar o espaço da orla: alargar o passeio público usando a via mais externa da Avenida, conforme proposto no Plano Diretor de Florianópolis, e criar centralidades por meio da implantação de equipamentos urbanos;

- Promover acesso mais seguro à orla: aumentar o número de faixas de pedestres para permitir uma travessia segura nas duas vias que permanecerão, convertendo uma das vias expressas em local e mantendo a outra com essa característica;
- Revalidar a vegetação nativa da Mata Atlântica da região: propor por meio de um projeto paisagístico a implementação de vegetação nativa do bioma presente, garantindo uma infraestrutura verde no desenvolvimento ambiental;
- Descentralizar o fluxo da orla: transferir o grande fluxo de veículos, com destino ao centro, ao continente e ao norte da ilha, para um novo sistema viário, o túnel, conectando a Avenida Saudades e a Avenida Jornalista Rubéns de Arruda Ramos. Dessa forma, o tráfego na orla seria apenas local, destinado ao acesso aos bairros.

6.3 Projeto final e justificativas

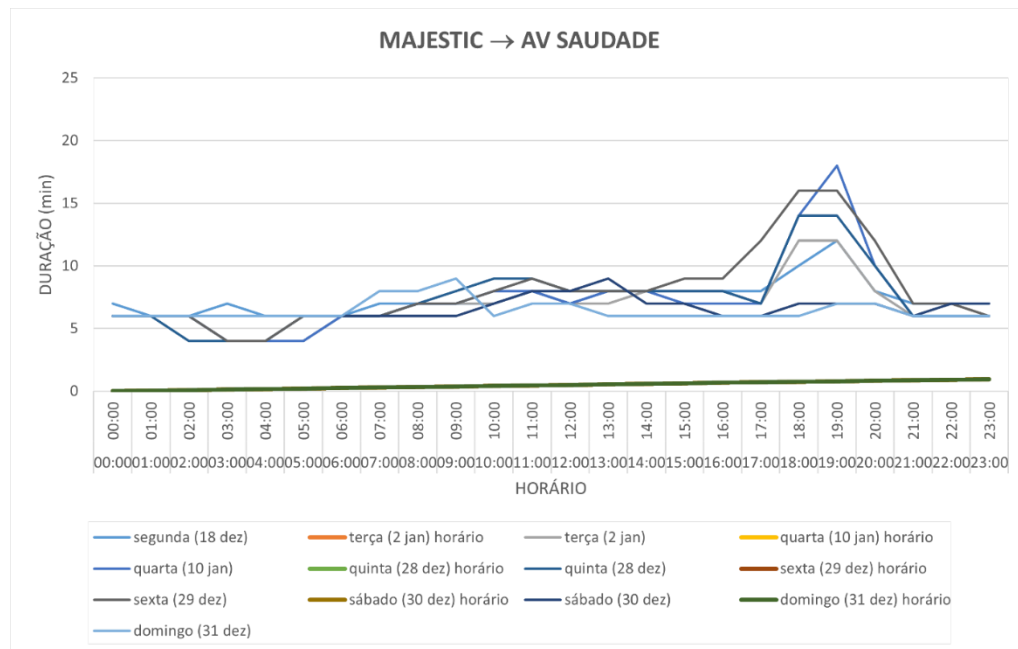
A fim de analisar o problema de fluxo do sistema viário da região do projeto, foram feitos alguns gráficos que mostram os momentos em que há congestionamento de veículos:

Figura 17 - Gráfico de congestionamento da Beira Mar Norte para a Avenida Saudade



Fonte: Autores (2023)

Figura 18 - Gráfico de congestionamento da Beira Mar Norte para a Avenida Saudade



Fonte: Autores (2023)

A partir dos dados recolhidos, foram estudados os destinos dos motoristas que utilizam a Avenida Beira Mar Norte: durante a manhã, o centro e o continente, áreas com uso misto do solo, e no fim da tarde, o norte da ilha, predominantemente residencial. Compreendeu-se que a avenida é uma importante ligação entre esses extremos, levando à proposta de tornar o túnel o eixo estruturante do projeto Santa Bárbara. Essa abordagem reduziria o fluxo de carros na região, proporcionando uma orla mais ampla e segura para os pedestres.

Além disso, realizou-se a contagem de veículos nos horários de maior fluxo, a fim de determinar o número de faixas necessárias para o túnel. Concluiu-se que duas faixas em cada sentido seriam suficientes para atender à quantidade de veículos que atravessariam o bairro Agrônômica pela via expressa.

Figura 19 - Contagem de veículos no trecho viário de projeto

DATA	PERÍODO	MAJESTIC - AV. SAUDADE								AV. SAUDADE - MAJESTIC			
		FAIXA 1 (ESQ PARA DIR)				FAIXA 2				FAIXA 3			
		MOTOS	CARROS	ÔNIBUS	CAMINHÕES	MOTOS	CARROS	ÔNIBUS	CAMINHÕES	MOTOS	CARROS	ÔNIBUS	CAMINHÕES
10/05/2023	11:45 - 12:15	62	787	16	8	152	978	7	29	150	960	1	92
	16:30 - 17:00	72	903	15	5	170	1120	9	13	141	1253	4	
	19:30 - 20:00	69	770	19	1	136	996	13	6	123	1040	2	28

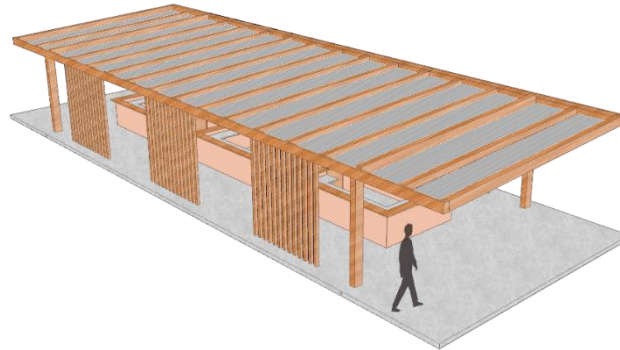
Fonte: Autores (2023)

Um túnel ligando as Avenidas Saudade e Jornalista Rubéns de Arruda Ramos foi planejado com uma via expressa iniciando na Avenida Saudade. Considerações incluíram a capacidade de inundação na interseção e a presença do complexo penitenciário APC1. A orla do projeto Santa Bárbara foi desenhada como um Parque Urbano para incentivar atividades e interações, alinhado à ideia de "cidade inteligente". Os núcleos de atividades promovem a mistura de usos no bairro, contribuindo para uma cidade saudável. Equipamentos arquitetônicos em madeira e concreto, conectados por um piso permeável colorido, destacam-se na revitalização da orla, complementada por vegetação selecionada cuidadosamente.

□ *Equipamentos*

1. Quiosques: trata-se de uma estrutura projetada para abrigar comércios, distribuindo-se ao longo da área designada. Composta por baias em concreto e uma estrutura externa feita de madeira, conforme a Figura 20.

Figura 20 - Perspectiva do quiosque



Fonte: Autores (2023)

2. Área de permanência: conforme a Figura 21, é uma área com pergolado de madeira e mobiliário urbano em concreto, projetada como espaço de apoio aos quiosques, permitindo que as pessoas desfrutem do ambiente acolhedor.

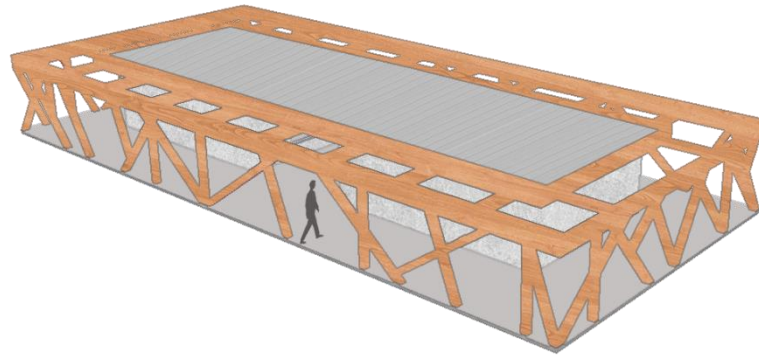
Figura 21 - Perspectiva da área de permanência



Fonte: Autores (2023)

3. Apoio esportivo: este equipamento abriga vestiários, recepção e área de aluguel de acessórios para esportes. O centro esportivo, próximo ao ponto de apoio, possui pilares de concreto revestidos e vigas de madeira, oferecendo diversas opções de lazer, como quadras poliesportivas, quadras de areia, playground e academia para idosos, como pode ser observado na Figura 22.

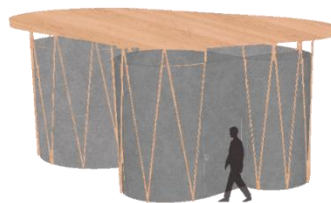
Figura 22 - Perspectiva do apoio esportivo



Fonte: Autores (2023)

- Sanitários: esse equipamento possui cabines femininas e masculina, sanitário PCD e uma pia externa. Sua estrutura, apresentada na Figura 23, é constituída por paredes de concreto, pilares, vigas e cobertura em madeira.

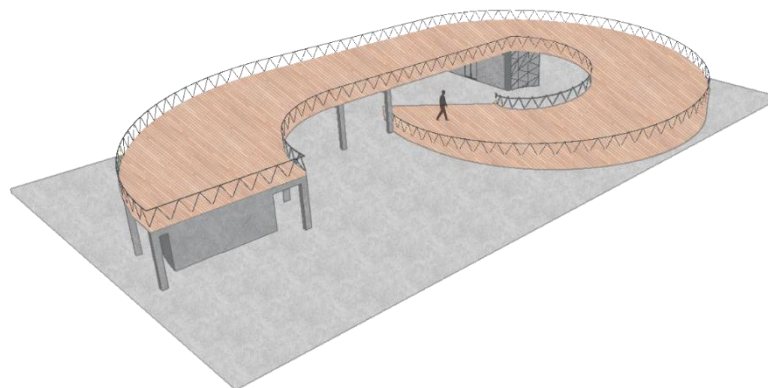
Figura 23 - Perspectiva do sanitário



Fonte: Autores (2023)

- Observatório: este equipamento é caracterizado por uma arquitetura orgânica, destacando-se por uma rampa curva que oferece acesso ao observatório, um espaço de apoio para turistas e uma charmosa cafeteria à beira da orla, tal como na Figura 24. Os materiais escolhidos para essa estrutura incluem pilares em concreto, harmonizando-se com o design singular do local.

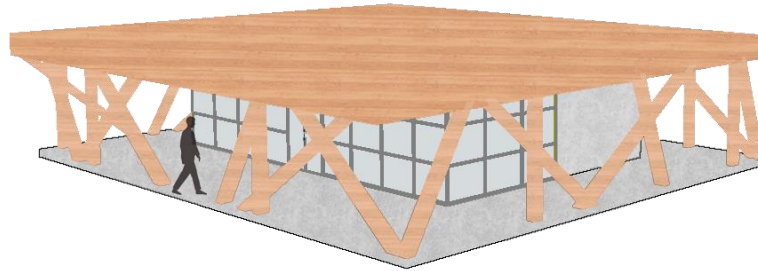
Figura 24 - Perspectiva do apoio ao turista



Fonte: Autores (2023)

- Apoio policial e apoio de bombeiros: esses apoios garantem segurança aos pedestres com sua estrutura composta por pilares revestidos de madeira e vigas e laje de madeira, resultando em uma combinação harmoniosa e funcional (Figura 25).

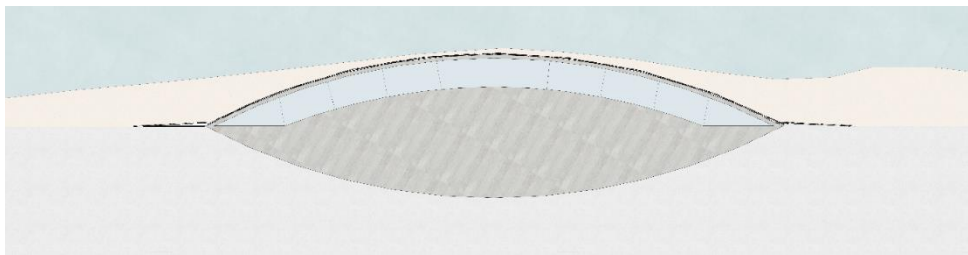
Figura 25 - Perspectivas dos apoios policiais e de bombeiros



Fonte: Autores (2023)

7. Mirante: foi criado para proporcionar uma vista próxima do mar com a parte avançada em vidro, intensificando a sensação de proximidade e proporcionando uma experiência única aos visitantes (Figura 26).

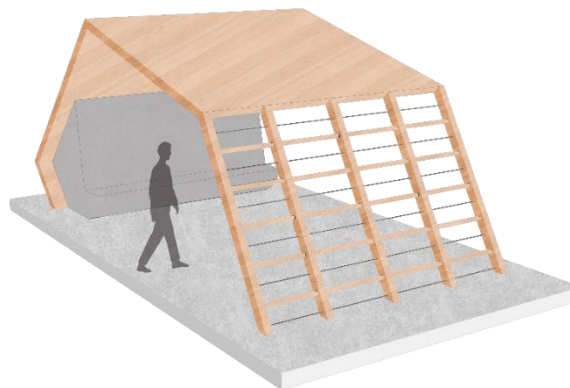
Figura 26 – Planta do mirante



Fonte: Autores (2023)

8. Ponto de ônibus: proposta de substituir os atuais pontos de ônibus na orla para estabelecer harmonia com o projeto, proporcionando conforto e segurança aos usuários do transporte coletivo (Figura 27).

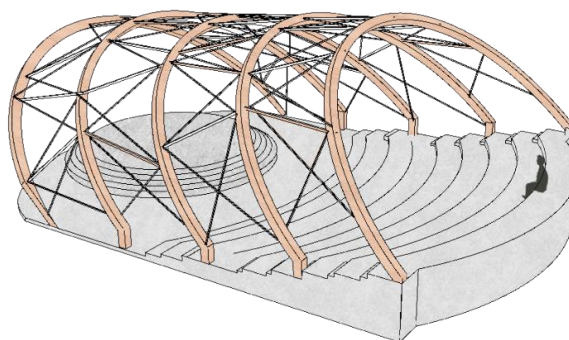
Figura 27 - Perspectiva do ponto de ônibus



Fonte: Autores (2023)

9. Arquibancada: a arquibancada tem como objetivo incentivar a cultura e a socialização do bairro. Sua estrutura é composta por uma base de concreto armado e arcos de madeira com tirantes de aço (Figura 28).

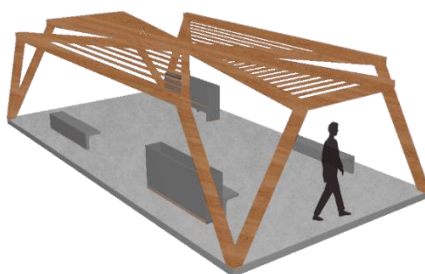
Figura 28 - Perspectiva da arquibancada



Fonte: Autores (2023)

10. Recinto: a proposta deste equipamento é oferecer um espaço acolhedor para as pessoas se reunirem. Sua cobertura é composta por um pergolado de madeira, que seria distribuído ao longo da orla (Figura 29).

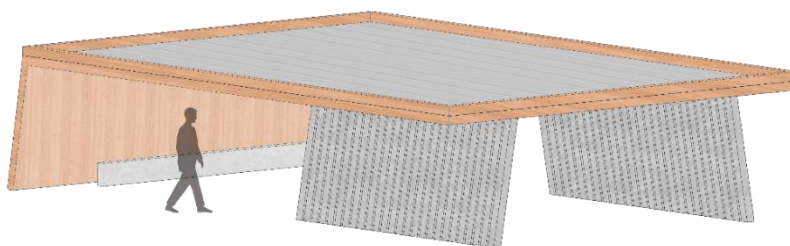
Figura 29 - Perspectiva do recinto



Fonte: Autores (2023)

11. Bicicletário: equipamento projetado com pilares de concreto para bicicletas, banco e acessórios para reparos. Cobertura e parede inclinada com arte urbana em madeira (Figura 30).

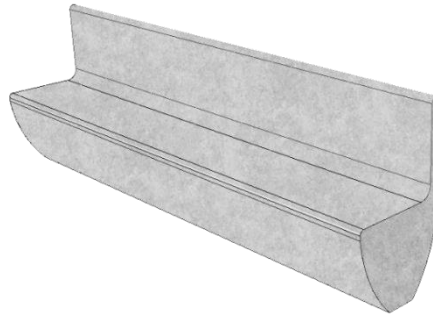
Figura 30 - Perspectiva do bicicletário



Fonte: Autores (2023)

12. Bancos: novos bancos de concreto reforçado com fibra seriam propostos para potencializar a permanência dos pedestres e intensificar a interação social, garantindo durabilidade e conforto aos usuários dos espaços públicos (Figura 31).

Figura 31 - Perspectiva do banco



Fonte: Autores (2023)

□ *Vegetação*

- Ipê Roxo – *Handroanthus*: é uma espécie de grande porte, pode atingir 30 metros de altura. É natural da costa leste do Brasil e floresce durante o inverno.
- Ipê Amarelo - *Handroanthus albus*: é uma espécie de pequeno porte, atingindo 12 metros de altura. É natural da região amazônica, sua floração ocorre de abril a agosto e a frutificação após 9 meses.
- Jacarandá Caroba - *Jacaranda macranta*: é uma espécie de grande porte, pode atingir 30 metros de altura. É natural das regiões sudeste e sul do país e floresce durante o inverno.
- Grama Amendoim - *Arachis repens*: é uma espécie de forragem que pode atingir 20 centímetros de altura. Ocorre naturalmente no sudeste e sul do país. Floresce entre a primavera e o verão.
- Palmeira Buriti - *Mauritia flexuosa*: pode alcançar cerca de 35 metros de altura, ou seja, grande porte. É natural do sudeste do país e floresce no verão.
- Dinheiro em Penca - *Pilea nummularijifolia*: pode atingir 9 metros de altura. É nativa das regiões sudeste e sul do país e floresce durante a primavera.
- Buxinho - *Buxus sempervirens*: é uma espécie de arbusto que pode atingir 5 metros de altura e floresce no outono.
- Fotínia - *Photinia x fraseri*: é uma espécie de arbusto de 2-3 metros de altura. Floresce entre a primavera e o verão

6.4 Descrição do projeto estrutural

Para a execução de tais equipamentos arquitetônicos no local de estudo, é necessária a definição de cada elemento essencial para a execução da estrutura, a qual foi dividida em Infraestrutura e Superestrutura.

□ *Fundações (Infraestrutura)*

Essa fase do projeto arquitetônico compreende a execução das fundações dos equipamentos, a base para a estabilização das estruturas. Para a execução dessa parte da estrutura dos elementos, são indicadas algumas ações preliminares:

- Análise da área e do tipo de solo, para a correta definição de qual fundação utilizar para cada equipamento;
- Definição do tipo de concreto e armaduras a serem utilizadas para a fundação;
- Analisar e definir como será o transporte e o armazenamento dos materiais;

- Realizar estudos e levantamentos de construções nas proximidades, para evitar danificações durante a execução do projeto;
- Analisar as cargas que serão transportadas até o solo através da superestrutura.

□ Superestrutura

Essa etapa da edificação dos equipamentos envolve a execução das estruturas externas, as que estão sobre o solo, com o objetivo de distribuir e conduzir os esforços para as fundações. Pensando no menor impacto possível, os elementos estruturais foram escolhidos de forma a terem pouco peso e dimensões mínimas possíveis, mas sem afetar na qualidade da resistência. Para esses elementos, foi definido que a melhor opção seria a utilização de pré-fabricados, por necessitarem de menor tempo para a produção e instalação. Além disso, ambos os materiais escolhidos (madeira Pinus, concreto armado e protendido) são mais fáceis de encontrar em todo o país.

Tabela 12 - Elementos de superestrutura

Pilares	Concreto armado in loco
	Pré-fabricados em madeira Pinus Reflorestada.
Vigas	Concreto armado in loco
	Pré-fabricados em madeira Pinus Reflorestada
Lajes	Concreto armado in loco
	Concreto armado in loco revestido de lâmina de madeira Pinus Reflorestada
	Pré-fabricados em madeira Pinus Reflorestada
	Laje em vidro estrutural
Outros Elementos	Bancos em concreto moldado in loco
	Parede estrutural pré-fabricada em madeira Pinus Reflorestada
	Tirantes em aço, fixados entre vigas, para instalação de manta sintética tensionada como cobertura

Fonte: Autores (2023)

6.5 Especificação de materiais

□ Concreto

Nos equipamentos de suporte propostos ao longo da orla da Avenida Gov. Irineu Bornhausen que possuem estrutura em concreto armado, foi utilizado em projeto o concreto de classe C50, cuja dosagem é especificada abaixo. Novamente, os agregados utilizados foram reaproveitados da rocha escavada. Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2015), a classe de resistência, teor de água/cimento e consumo de cimento garantem durabilidade mediante ao elevado risco de deterioração da estrutura devido à proximidade ao mar.

Tabela 13 - Concreto para os equipamentos instalados na orla

Materiais	Massa para um m³ (kg)
Cimento Portland CP IV	430
Areia artificial (MF= 2,5 ± 0,3)	805
Brita 0 (DMC= 12,5mm)	980

Água da rede de abastecimento	170
Aditivo redutor de água tipo 2	3,9
Características	
Espalhamento	SF1
Resistência característica à compressão aos 28 dias	50 MPa
Resistência de dosagem a compressão aos 28 dias	56,6 MPa

Fonte: Autores (2023).

Ao longo da orla citada, foi especificado um concreto permeável pigmentado para compor o pavimento do local. A tonalidade do pigmento varia de acordo com o projeto arquitetônico, sendo utilizado pigmento inorgânico preto no concreto pigmentado preto, dióxido de titânio no concreto pigmento branco e nenhum pigmento no concreto de tonalidade cinza.

Tabela 14 - Concreto para pavimentação da orla

Materiais	Massa para um m ³ (kg)
Cimento Portland CP IV	475
Brita 0 (DMC= 12,5mm)	950
Água da rede de abastecimento	190
Aditivo redutor de água tipo 2	3,8
Pigmento inorgânico/TiO ₂	19
Características	
Espalhamento	SF1
Resistência característica à compressão aos 28 dias	20 MPa
Resistência de dosagem a compressão aos 28 dias	26,6 MPa

Fonte: Autores (2023).

□ Aço

Os equipamentos ao longo da orla da Avenida Governador Irineu Bornhausen foram dimensionados utilizando aços CA-50, segundo projeto estrutural. As especificações dos aços utilizados seguem a NBR 7480 (ABNT, 2007).

□ Madeira

O tipo de madeira utilizado nos equipamentos instalados na orla foi a *Pinus taeda*, visto que é a espécie de reflorestamento mais plantada entre os pinus no Brasil, principalmente no planalto da Região Sul do Brasil, devido às necessidades de abastecimento industrial, processamento mecânico, produção de madeira laminada, confecção de painéis, celulose ou papel. A utilização de madeira reflorestada é um ato importante para a questão da sustentabilidade dentro da construção civil.

Tabela 15 - Valores Médios de madeiras coníferas nativas e de reflorestamento U = 12%

Nome comum	Nome científico	P _{ap} (12%) kg/m ²	f _{c0} MPa	f _{t0} MPa	f _{t90} MPa	f _v MPa	E _{c0} MPa	n
Pinus taeda	<i>Pinus taeda</i> L.	645	44,4	82,8	2,8	7,7	13304	15

Fonte: adaptado da NBR 7190:1997

□ Impermeabilização

Concreto

Utilizado a argamassa polimérica que possui uma mistura de cimentos especiais, agregados e aditivos poliméricos que contribuem para adquirir propriedades impermeabilizantes ao material.

Aplicação:

Primeiramente, deve estar limpa a superfície de aplicação e depois é aplicado o primer para melhorar a aderência entre o concreto e a argamassa polimérica. A próxima etapa é misturar o cimento polimérico, água e agregados selecionados para obter as propriedades desejadas. Aplica-se a argamassa, é essencial que ela seja adequadamente curada para garantir o desenvolvimento de suas propriedades impermeabilizantes.

Madeira

Vernizes ou lacas à base de poliuretano: Oferece excelente resistência à água e aos raios UV, tornando-os ideais para ambientes industriais que exigem alta proteção contra a umidade e a degradação acelerada causada pela exposição solar.

Aplicação:

Deve-se lixar a madeira, depois de limpar a poeira aplica-se o produto com uma camada fina e uniforme de verniz. É aguardado a secagem e é lixado suavemente a superfície com uma lixa de grãos finos. Isso ajudará a garantir uma adesão adequada entre as camadas de verniz e removerá quaisquer imperfeições na superfície. Repete-se o processo normalmente, duas a três camadas são suficientes para proporcionar uma proteção adequada.

6.6 Instrumentação

Para a construção do projeto da Orla, contando com construção dos equipamentos, é necessário o uso de e instrumentos como:

Tabela 16 - Equipamentos para a instrumentação

Equipamentos	Descrição
Escavadeira hidráulica	Usado para aterro e desaterro, conformação de taludes, escavação de redes de diâmetro maior que DN800 e carrega caminhões
Martelo demolidor	Ferramenta de demolição indicado para pavimentos
Cortador de concreto	Usado para demolição em grande escala em solo
Guindaste	Utilizado para a movimentação e elevação de cargas e materiais pesados
Placa de recalque	Instrumento simples para medir o recalque de terrenos e aterros
Andaime	Estruturas montadas provisoriamente para conceder acesso a algum local com segurança
Bate-estacas	Equipamento utilizado para execução de

	fundações profundas em grandes construções
Formas de madeira	Usadas para moldagem e concretagem das mais variadas estruturas de concreto
Motoniveladora	Equipamento para terraplanagem em obras grandes e trabalho pesado
Caminhão Munck	Máquina capaz de fazer movimentação de cargas na obra
Caminhão Pipa	Função de umedecer o material até atingir
Caminhão caçamba	Transporte de materiais
Caminhão comboio	Apoio de abastecimento para outros equipamentos na obra
Caminhão betoneira	Transporte responsável por receber o concreto usinado da central dosadora e transportar até o local de aplicação nas obras

Fonte: Autores (2023).

7 EXECUÇÃO DAS OBRAS

7.1 Plano de implantação

Canteiro de obras

O plano de implantação foi desenvolvido a partir de 8 áreas de canteiro de obras principais, sendo duas delas responsáveis pelo desenvolvimento do projeto do túnel e as outras 6 para a construção dos equipamentos que serão instalados pela orla.

Para que todas essas áreas garantam o bom projeto, elas devem oferecer instalações satisfatórias para os funcionários que trabalharão na obra, para receber e movimentar as peças pré-fabricadas dos equipamentos e os demais materiais necessários para que a intervenção urbana seja realizada. Além de proporcionar sanitários, refeitórios e área administrativa para os operários.

As dimensões dessas áreas devem levar em consideração o tamanho da intervenção urbana, os tamanhos das áreas disponíveis para alocar esses núcleos e o número de funcionários que serão empregados. Deve-se, também, garantir o funcionamento e a conservação de todos esses núcleos durante todo o período da obra, e que ele seja retirado ao fim da obra de infraestrutura urbana.

Os canteiros deverão ser mantidos organizados e as áreas de trabalho e circulação deverão estar sempre livres para a passagem de operários, peças, materiais e equipamentos. Ademais, deve ser garantida a elaboração do Diário de Obras para documentar todo o processo construtivo e detalhar qualquer imprevisto ou mudança de planos em relação ao projeto inicial. Além disso, o plano de canteiros deve constar no Edital de Licitação e na minuta do contrato a ser firmado com a empresa construtora, e por ser uma obra pública, será fiscalizada pelo Tribunal de Contas do Estado de Santa Catarina (TCE-SC).

Figura 32 - Localização dos canteiros de obra

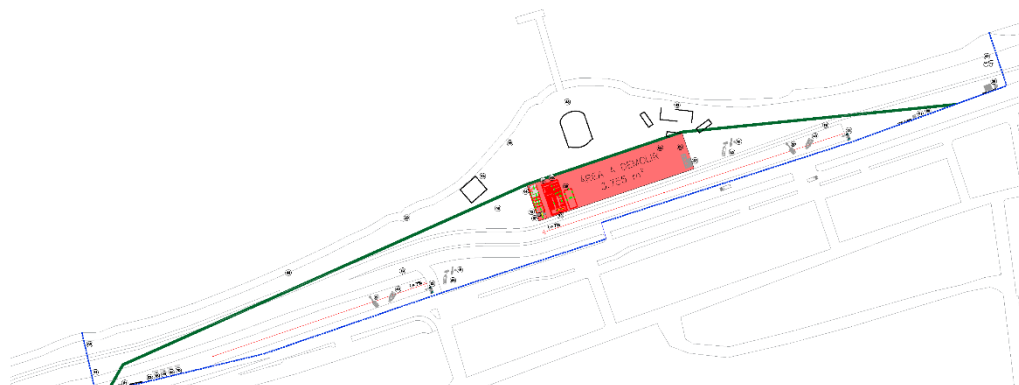


Fonte: Autores (2023).

Figura 33 - Canteiro de obras, nº01

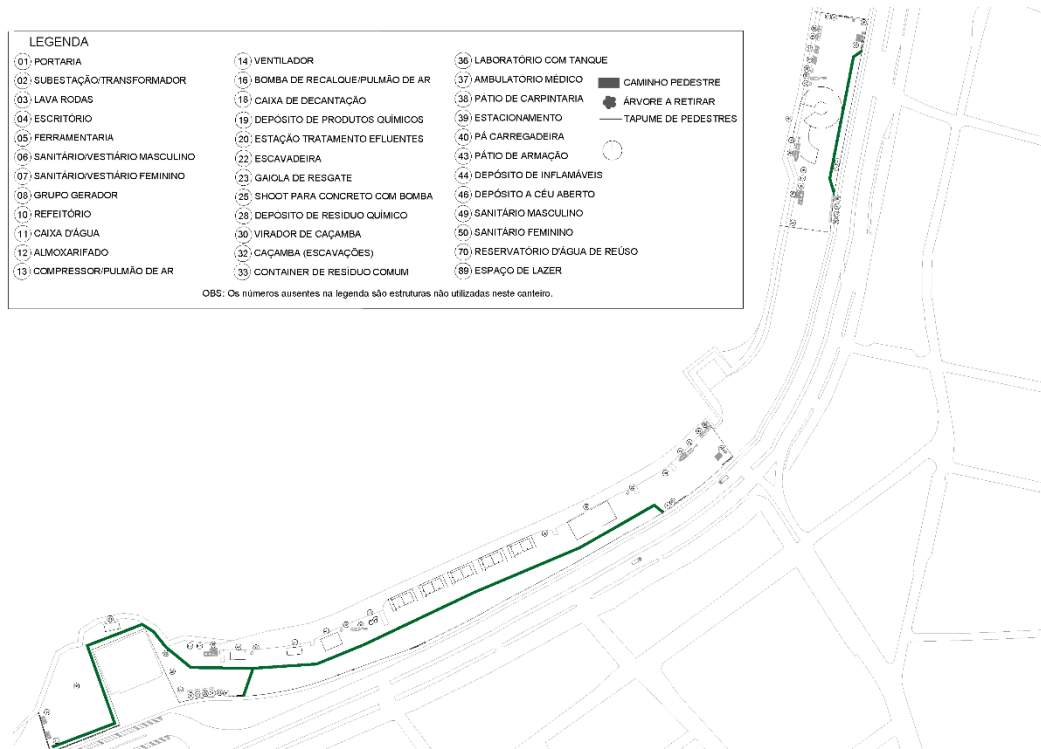
01. PORTARIA	14. VENTILADOR	36. LABORATÓRIO COM TANQUE	37. AMBULATÓRIO MÉDICO	CAMINHO PEDESTRE
02. SUBESTAÇÃO/TRANSFORMADOR	16. BOMBA DE RECALQUE/PULMÃO DE AR	37. AMBULATÓRIO MÉDICO	38. PÁTIO DE CARPINTARIA	ÁRVORE A RETIRAR
03. LAVA RODAS	18. CAIXA DE DECANTAÇÃO	38. PÁTIO DE CARPINTARIA	39. ESTACIONAMENTO	TAPUME DE PEDESTRES
04. ESCRITÓRIO	19. DEPÓSITO DE PRODUTOS QUÍMICOS	39. ESTACIONAMENTO	40. PÁ CARREGADEIRA	
05. FERRAMENTARIA	20. ESTAÇÃO TRATAMENTO EFLUENTES	40. PÁ CARREGADEIRA	43. PÁTIO DE ARMAÇÃO	
06. SANITÁRIO/VESTIÁRIO MASCULINO	22. ESCAVADEIRA	43. PÁTIO DE ARMAÇÃO	44. DEPÓSITO DE INFLAMÁVEIS	
07. SANITÁRIO/VESTIÁRIO FEMININO	23. GAIOLA DE RESGATE	44. DEPÓSITO DE INFLAMÁVEIS	46. DEPÓSITO A CÉU ABERTO	
08. GRUPO GERADOR	25. SHOOT PARA CONCRETO COM BOMBA	46. DEPÓSITO A CÉU ABERTO	49. SANITÁRIO MASCULINO	
10. REFETÓRIO	28. DEPÓSITO DE RESÍDUO QUÍMICO	49. SANITÁRIO MASCULINO	60. SANITÁRIO FEMININO	
11. CAIXA D'ÁGUA	30. VIRADOR DE CAÇAMBA	60. SANITÁRIO FEMININO	70. RESERVATÓRIO D'ÁGUA DE REÚSO	
12. ALMOXARIFADO	32. CAÇAMBA (ESCAVAÇÕES)	70. RESERVATÓRIO D'ÁGUA DE REÚSO	86. ESPAÇO DE LAZER	
13. COMPRESSOR/PULMÃO DE AR	33. CONTAINER DE RESÍDUO COMUM	86. ESPAÇO DE LAZER		

OBS: Os números ausentes na legenda são estruturas não utilizadas neste canteiro.



Fonte: Autores (2023).

Figura 34 - Canteiro de obras, nº2 e nº3



Fonte: Autores (2023).

Figura 35 - Canteiro de obras, nº4 e nº5



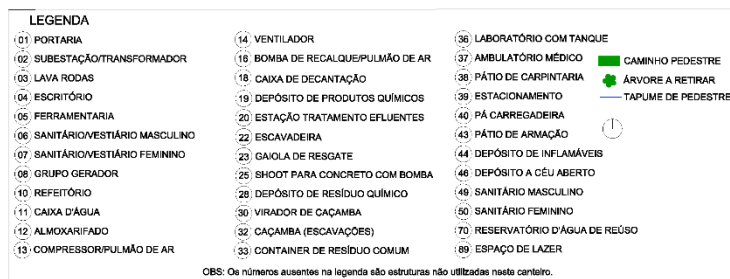
Fonte: Autores (2023).

Figura 36 - Canteiro de obras, nº6



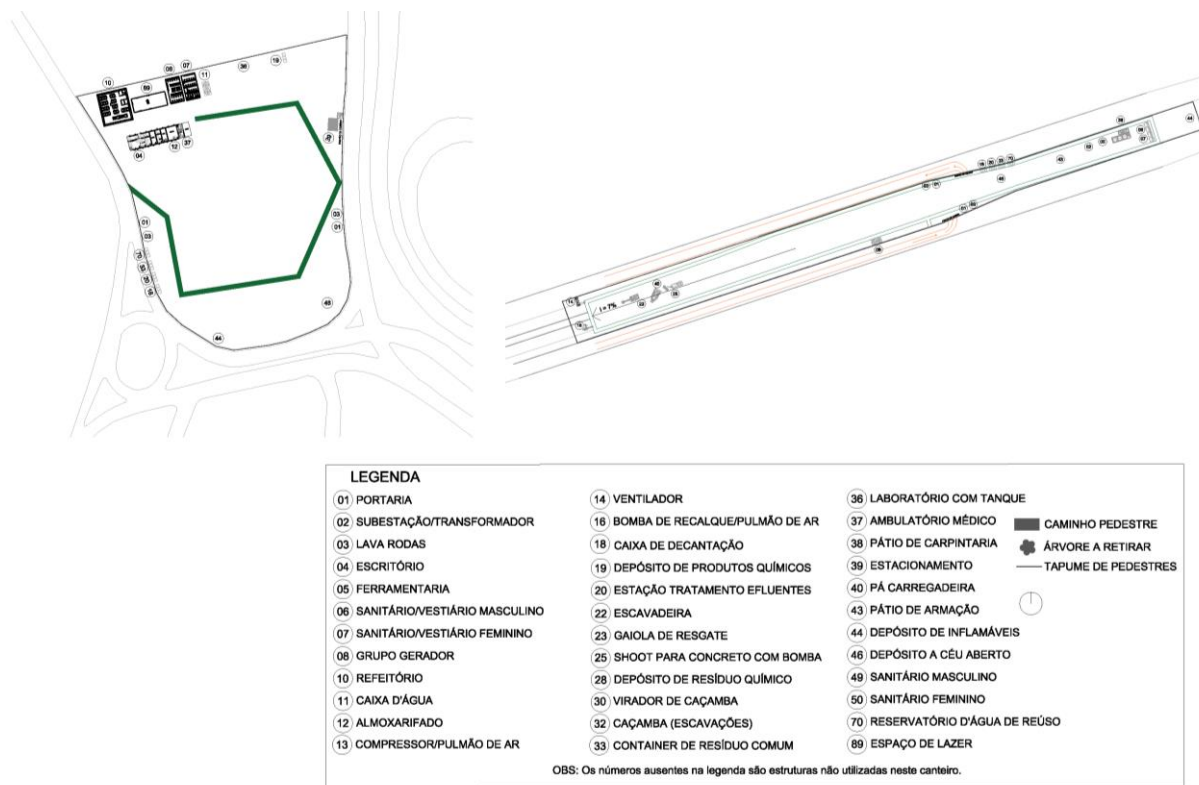
Fonte: Autores (2023).

Figura 37 - Canteiro de obras, nº7



Fonte: Autores (2023).

Figura 38 - Canteiro de obras, nº8

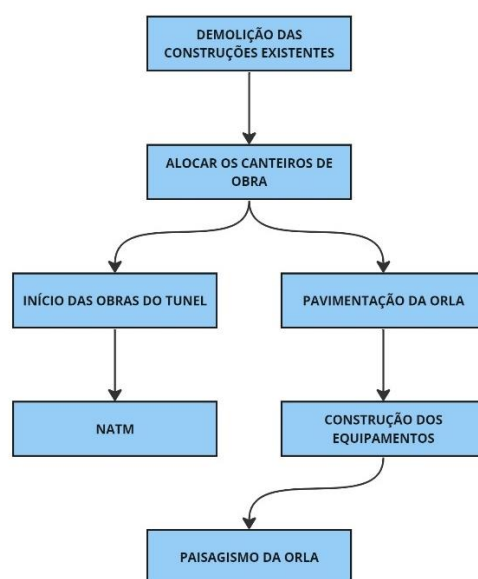


Fonte: Autores (2023).

□ *Demais fases*

A implantação do projeto Santa Bárbara é composta por algumas fases:

Figura 39 - Fluxograma das demais fases



Fonte: Autores (2023).

7.2 Cronograma de Gantt

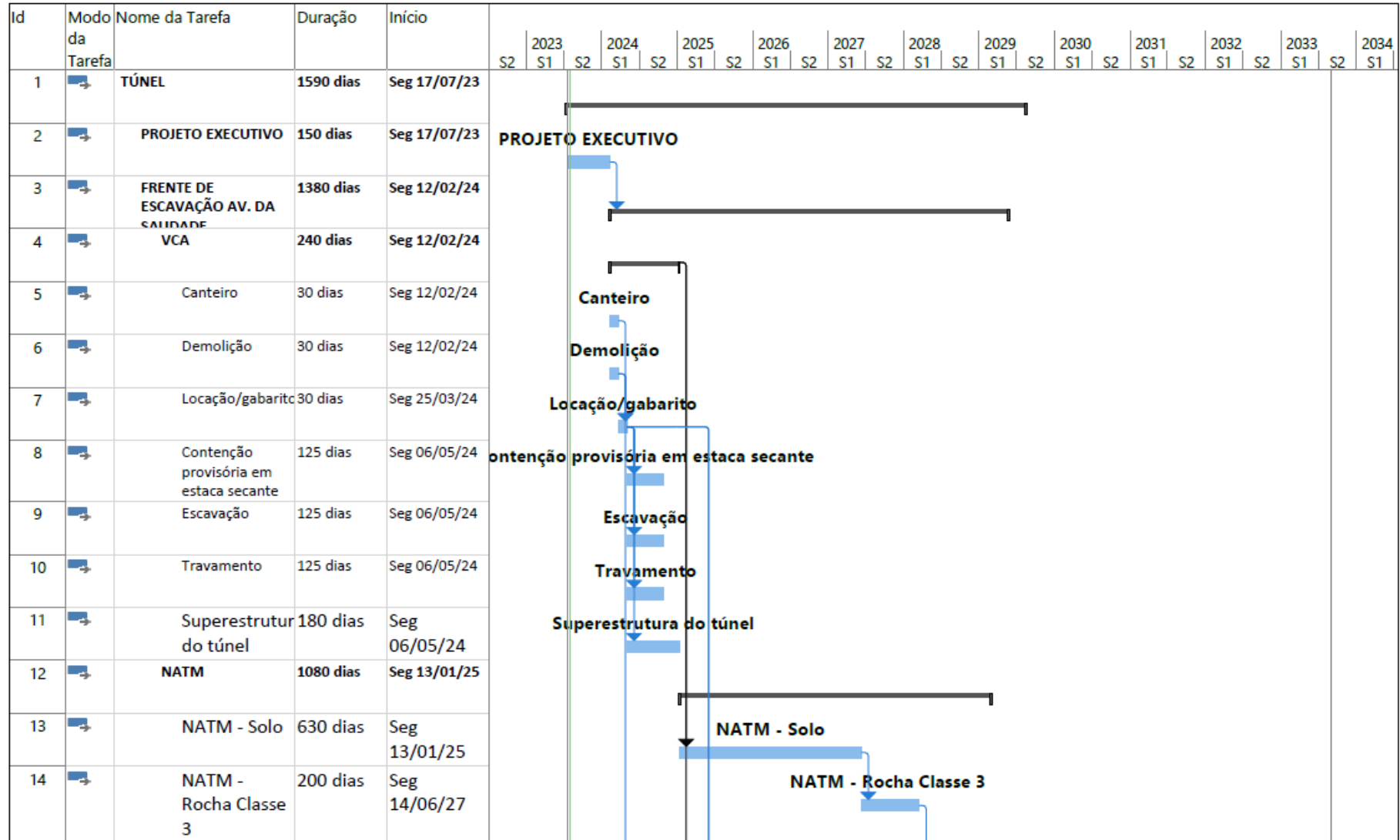
O cronograma de Gantt foi desenvolvido partir da estimativa de duração das etapas propostas no presente Projeto Básico, baseadas em literatura e histórico de obras semelhantes, e a partir da concepção de execução do projeto.

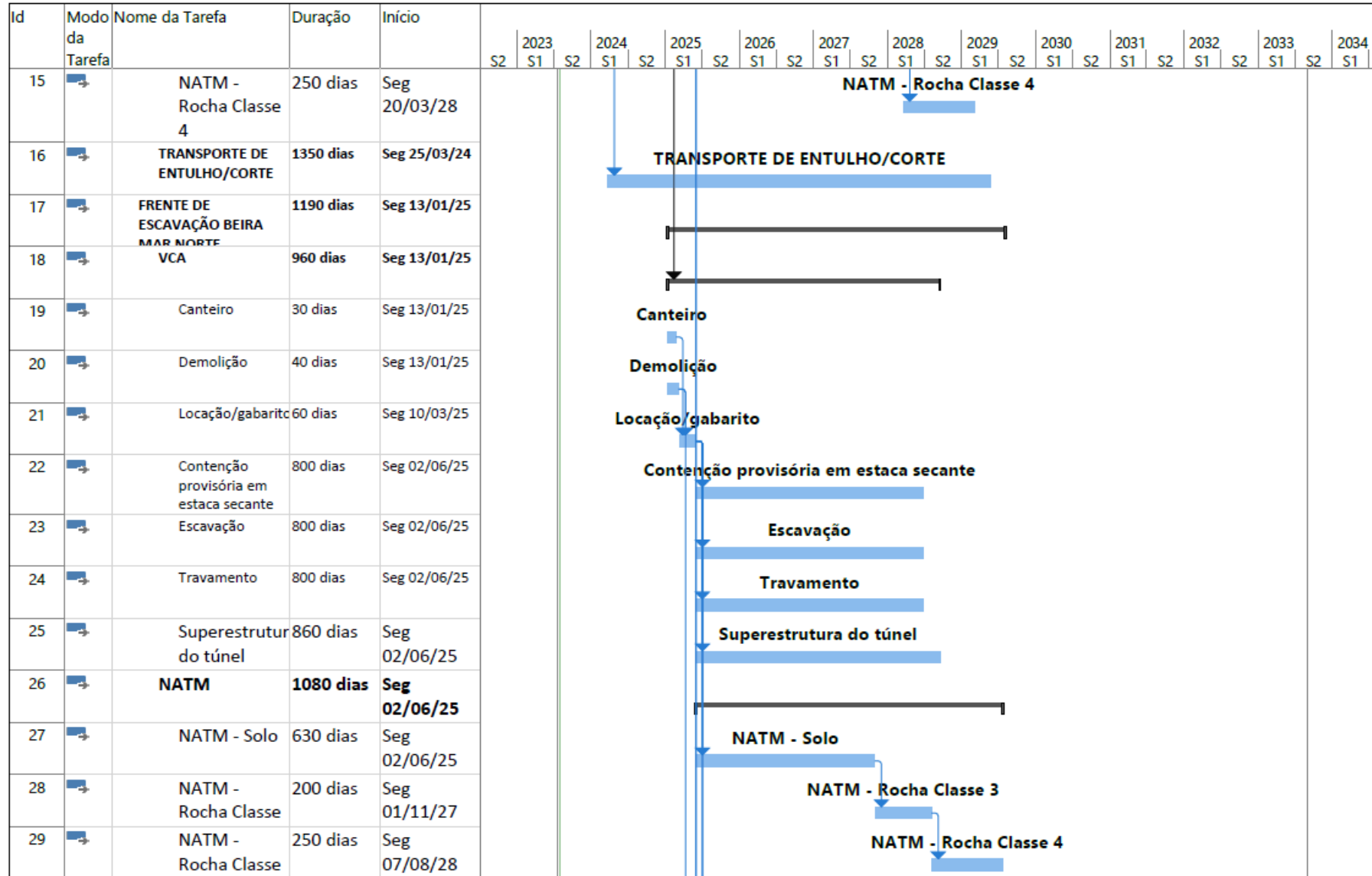
A estimativa de prazo da obra do projeto Santa Bárbara é de aproximadamente 9 anos.

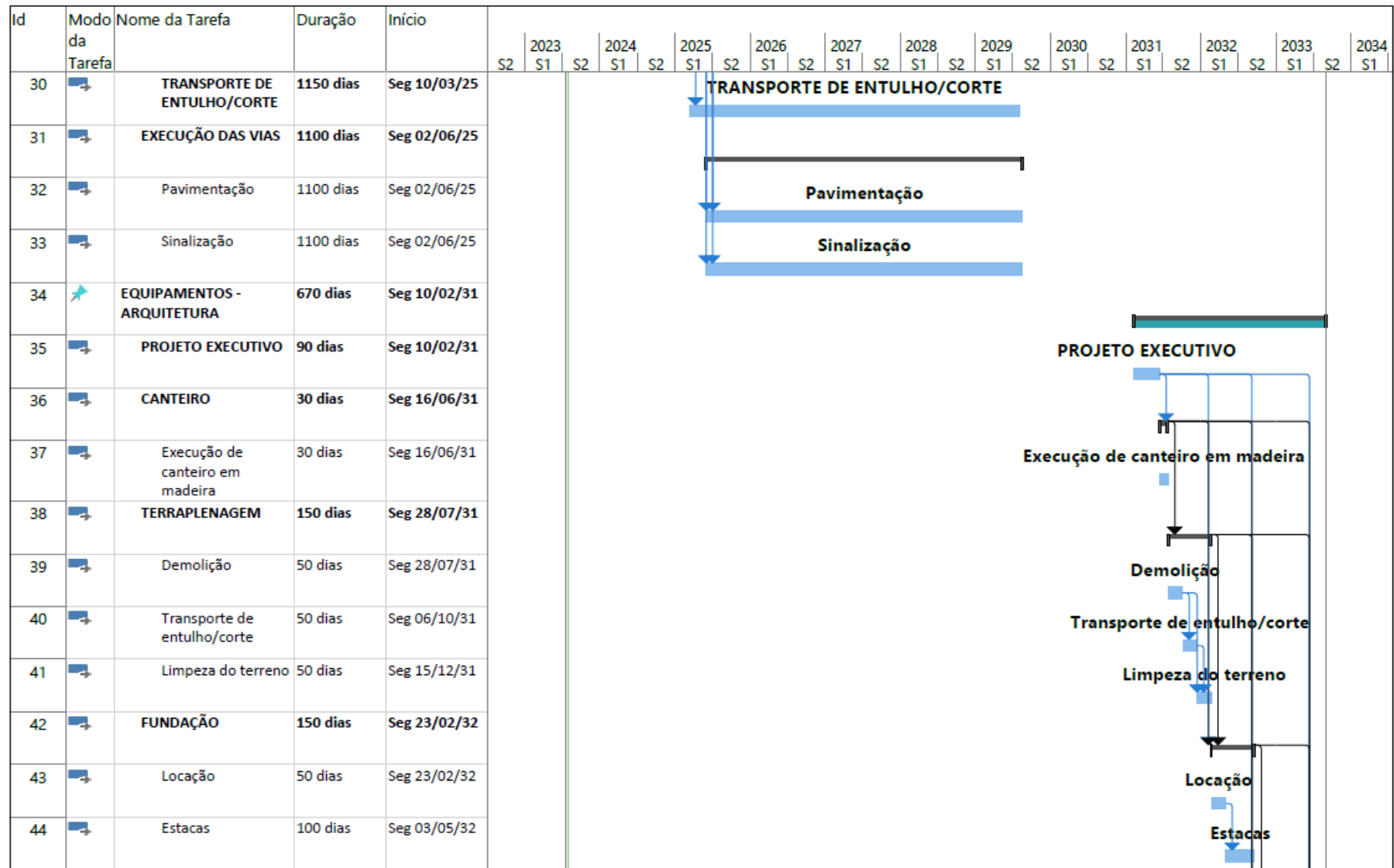
Em paralelo, consideramos a construção dos equipamentos de arquitetura propostos para melhoria da orla, com previsão de início em tempo próximo ao fim da execução do túnel, a fim de que a finalização de ambas as obras ocorra o mais próximo possível e com o menor impacto no entorno, principalmente em relação ao congestionamento.

Para a estimativa de duração do trecho em VCA que compreende 250 metros na frente de escavação da Avenida da Saudade e 1.600 metros na frente de escavação da Avenida Beira Mar Norte, consideramos a execução por trechos de 60 metros (3 estacas) e duração de um mês por trecho.

O trecho em NATM contempla escavação em solo e rochas Classe 4 (ruim) e Classe 3 (regular), e compreende um total de 5.720 metros. Como será dividido em quatro frentes, cada frente compreenderá 1.430 metros, sendo 630 metros em solo, 300 metros em rocha Classe 4 (ruim) e 500 metros em rocha Classe 3 (regular). Para a estimativa de duração do trecho em NATM, consideramos 1 m/dia para escavação em solo, 1,5 m/dia para escavação em rocha Classe 4 (ruim) e 2 m/dia para escavação em rocha Classe 3 (regular).







Id	Modo da Tarefa	Nome da Tarefa	Duração	Início	2023		2024		2025		2026		2027		2028		2029		2030		2031		2032		2033		2034												
					S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2										
45		SUPERESTRUTURA	200 dias	Seg 20/09/32																																			
46		Formas	50 dias	Seg 20/09/32																																			
47		Armação	50 dias	Seg 29/11/32																																			
48		Concretagem	50 dias	Seg 07/02/33																																			
49		Impermeabilização	50 dias	Seg 18/04/33																																			
50		Vedações	50 dias	Seg 18/04/33																																			
51		ACABAMENTOS	50 dias	Seg 27/06/33																																			
52		Revestimentos	50 dias	Seg 27/06/33																																			
53		Esquadrias	50 dias	Seg 27/06/33																																			
54		Pintura	50 dias	Seg 27/06/33																																			
55		INSTALAÇÕES	70 dias	Seg 18/04/33																																			
56		Elétricas	35 dias	Seg 18/04/33																																			
57		Hidráulicas	35 dias	Seg 06/06/33																																			
58		Gás	20 dias	Seg 06/06/33																																			



7.3 Estudo de custos

□ *Estudo dos custos para a construção do túnel*

Para estimativa dos custos da construção do túnel, foi considerado o Túnel 4 do Contorno de Florianópolis, entre o km 207+465 e o km 208+360, com uma extensão de 0,895 quilômetros, o túnel citado fica a 8 quilômetros em linha reta do Hotel Majestic Palace. O projeto do túnel é de 2019 e utiliza dados de maio de 2018 para o orçamento, que chega ao valor total de 565.991.617,27 reais. Para compor o custo total do túnel proposto, foi considerado o valor por quilometro do Túnel 4 do Contorno de Florianópolis com a inflação ajustada através da variação dos valores do CUB de Florianópolis, que segundo o Sinduscon-SC, foi de 1763,61 em maio de 2018 e de 2747,9 em julho de 2023.

$$\frac{\text{Custo}}{\text{extensão Túnel 4}} \cdot \text{extensão túnel proposto} \cdot \frac{\text{CUB SC}_{(\text{julho}, 2023)}}{\text{CUB SC}_{(\text{maio}, 2018)}}$$

$$\frac{565.991.617,27}{0,895} \cdot 8,56 \cdot \frac{2747,9}{1763,61} = 8.434.941.201$$

□ *Estudo dos custos para construção dos equipamentos arquitetônicos da orla*

Para estimativa dos custos das estruturas que compõem a Orla fez-se uma equivalência de acordo com o estudo dos imóveis da região a partir de informações coletadas pelo Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE). Para estimar o valor da benfeitoria utilizou-se a seguinte fórmula:

$$Vb = CUB SC \cdot Pc \cdot Ac \cdot Foc$$

$$Cv = Vb \cdot (1 + BDI)$$

Sendo:

Vb – Valor de venda da benfeitoria ou da edificação, válido para a Santa Catarina.

CUB SC – Custo Unitário Básico da Construção Civil no estado de Santa Catarina, calculado e divulgado mensalmente pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de Santa Catarina – Sinduscon/SC em conformidade com os critérios da ABNT NBR 12.721.

Pc – Índice referente à tipologia e padrão construtivo da edificação em apreço, definido com base na sua similaridade com os padrões deste estudo.

Ac – Área construída da edificação em apreço.

Foc – Fator de Adequação ao Obsolescimento e ao Estado de Conservação referente à edificação em apreço.

Cv – custo de venda da benfeitoria.

BDI – Benefícios e Despesas Indiretas (em porcentagem - %).

O Custo Unitário Básico da Construção (CUB) utilizado em todas as estruturas foi o padrão normal R8-N de 2459,26 reais/m² referente a junho/2023 e o Foc considerado foi igual a 1, posto que as construções são novas. O BDI, por sua vez, foi considerado em 25%

Tabela 17 – Custos dos equipamentos arquitetônicos da orla

Recinto (cobertura – padrão médio)			Arquibancada (galpão – padrão superior)		
Valor da benfeitoria	VB	R\$ 51.880,55	Valor da benfeitoria	VB	R\$ 2.426.168,20
Custo unitário Básico	CUB-SC (R8-N)	R\$ 2.459,26	Custo unitário Básico	CUB-SC (R8-N)	R\$ 2.459,26
Padrão construtivo	Pc	0,293	Padrão construtivo	Pc	1,872
Área construída	Ac (m ²)	72,00	Área construída	Ac (m ²)	527,00

Fator ao Obsolescimento e de Conservação	FOC	1	Fator ao Obsolescimento e de Conservação	FOC	1
Custo de venda	Cv	R\$64.850,69	Custo de venda	Cv	R\$ 3.032.710,25
Ponto de ônibus (cobertura – padrão simples)			Mirante (Cobertura – padrão superior)		
Valor da benfeitoria	VB	R\$ 9.131,97	Valor da benfeitoria	VB	R\$ 445.403,37
Custo unitário Básico	CUB-SC (R8-N)	R\$ 2.459,26	Custo unitário Básico	CUB-SC (R8-N)	R\$2.459,26
Padrão construtivo	Pc	0,142	Padrão construtivo	Pc	0,486
Área construída	Ac (m²)	26,15	Área construída	Ac (m²)	372,66
Fator ao Obsolescimento e de Conservação	FOC	1	Fator ao Obsolescimento e de Conservação	FOC	1
Custo de venda	Cv	R\$ 11.414,96	Custo de venda	Cv	R\$ 556.752,21
Bicicletário (cobertura – padrão superior)			Observatório (galpão – padrão superior)		
Valor da benfeitoria	VB	R\$ 179.280,05	Valor da benfeitoria	VB	R\$ 5.524.481,66
Custo unitário Básico	CUB-SC (R8-N)	R\$ 2.459,26	Custo unitário Básico	CUB-SC (R8-N)	R\$ 2.459,26
Padrão construtivo	Pc	0,486	Padrão construtivo	Pc	1,872
Área construída	Ac (m²)	150,00	Área construída	Ac (m²)	1.200,00
Fator ao Obsolescimento e de Conservação	FOC	1	Fator ao Obsolescimento e de Conservação	FOC	1
Custo de venda	Cv	R\$ 224.100,07	Custo de venda	Cv	R\$ 6.905.602,08
Apoio policial/bombeiro (galpão – padrão superior)			Apoio esportivo		
Valor da benfeitoria	VB	R\$ 543.240,07	Valor da benfeitoria	VB	R\$ 2.666.483,15
Custo unitário Básico	CUB-SC (R8-N)	R\$ 2.459,26	Custo unitário Básico	CUB-SC (R8-N)	R\$ 2.459,26
Padrão construtivo	Pc	1,872	Padrão construtivo	Pc	1,872
Área construída	Ac (m²)	118,00	Área construída	Ac (m²)	579,20
Fator ao Obsolescimento e de Conservação	FOC	1	Fator ao Obsolescimento e de Conservação	FOC	1
Custo de venda	Cv	R\$ 679.050,87	Custo de venda	Cv	R\$ 3.333.103,94
Quiosques (galpão – padrão simples)			Mesinhas (cobertura – padrão médio)		
Valor da benfeitoria	VB	R\$ 622.500,19	Valor da benfeitoria	VB	R\$ 35.444,50
Custo unitário Básico	CUB-SC (R8-N)	R\$ 2.459,26	Custo unitário Básico	CUB-SC (R8-N)	R\$ 2.459,26
Padrão construtivo	Pc	1,125	Padrão construtivo	Pc	0,293

Área construída	Ac (m ²)	225,00	Área construída	Ac (m ²)	49,19
Fator ao Obsolescimento e de Conservação	FOC	1	Fator ao Obsolescimento e de Conservação	FOC	1
Custo de venda	Cv	R\$ 778.125,23	Custo de venda	Cv	R\$ 44.305,63
Sanitário (galpão – padrão simples)			Área de convivência (cobertura – padrão médio)		
Valor da benfeitoria	VB	R\$ 111.607,37	Valor da benfeitoria	VB	R\$ 35.444,50
Custo unitário Básico	CUB-SC (R8-N)	R\$ 2.459,26	Custo unitário Básico	CUB-SC (R8-N)	R\$ 2.459,26
Padrão construtivo	Pc	1,125	Padrão construtivo	Pc	0,293
Área construída	Ac (m ²)	40,34	Área construída	Ac (m ²)	49,19
Fator ao Obsolescimento e de Conservação	FOC	1	Fator ao Obsolescimento e de Conservação	FOC	1
Custo de venda	Cv	R\$139.509,21	Custo de venda	Cv	R\$ 44.305,63

Somando-se todos os custos de todos os equipamentos arquitetônicos da orla, temos o custo total de implementação de R\$ 15.813.832,76.

O preço total do projeto, considerando a soma do custo dos equipamentos e o custo para realização do túnel, é de R\$ 8.450.755.033,76. O aporte necessário é grande, porém os efeitos da realização da proposta vão além da quantia investida, a valorização da área que o projeto abrange, assim como a valorização da metrópole toda, são aspectos essenciais a considerar quando é analisado o custo de um projeto dessa magnitude.

8 NORMAS TÉCNICAS DE REFERÊNCIA

ABNT NBR 6492 – 2021: Documentação técnica para projetos arquitetônicos e urbanísticos – Requisitos.

ABNT NBR 6118 – 2014: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.

ABNT NBR 7190 – 2022: Projeto de estruturas de madeira

ABNT NBR 15575-1 – 2013: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1, Requisitos Gerais

EN 206 – 2013: Concrete — Specification, performance, production, and conformity.

BS 7543 – 2003: Guide to durability of buildings and building elements, products, and components.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, Celso Antônio. **Características das propriedades das madeiras**. 2013. 24 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (Brasil). **Projeto Executivo**: relatórios do projeto do entorno de Florianópolis. Florianópolis. 2019. 1 v

ARROBAS MARTINS, J. F.; FIORITI, C. F. Avaliação de manifestações patológicas identificadas nas estruturas em madeira do centro de eventos IBC (Instituto Brasileiro do Café). **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 12, n. 3, 2016.

DOI: 10.5216/reec.v12i3.39267. Disponível em:

<https://revistas.ufg.br/reec/article/view/39267>. Acesso em: 23 jul. 2023.

BRASIL. Lei nº12.587, de 3 de janeiro de 2012. Política Nacional de Mobilidade Urbana.

Planalto. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112587.htm. Acesso em: 07 de julho de 2023.

CALDEIRA, Eduardo (org.). "**Entrega lá no Horácio**": dono da venda deu nome ao bairro de Florianópolis. Dono da venda deu nome ao bairro de Florianópolis. 2016. Disponível em: <https://www.portalintelectual.com.br/entrega-la-no-horacio-dono-da-venda-deu-nome-ao-bairro-de-florianopolis/#:~:text=A%20hist%C3%B3ria%20do%20Morro%20do,instalavam%20depois%20de%20cumprir%20a>. Acesso em: 08 maio 2023.

COELHO, Daniela Paraguassú et al. **Estudo de Patologias em Estruturas de Contenção** Study of Pathologies in Containment Structures. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 11, p. 109418-109441, 2021.

CONCRETE SHOW, 2012, São Paulo. **Inovações na impermeabilização na construção de túneis: Mecanismos práticos e métodos especiais para casos específicos**. São Paulo: Andrade Gutierrez, 2012. 43 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 056/2013-ES: Pavimento rígido – Sub-base de concreto de cimento Portland compactado com rolo – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2013.

DNIT. **Manual de pavimentos rígidos**. Publicação IPR – 714. Rio de Janeiro: IPR, 2005.

Geoportal. Sc.gov.br. Disponível em: <https://geoportal.pmf.sc.gov.br/map>. Acesso em: 08 maio 2023.

GRUPO DE INFORMAÇÕES (Florianópolis). **Monitoramento: rede vida do trânsito - Florianópolis**. Rede vida do trânsito - Florianópolis. 2023. Disponível em: <https://sites.google.com/view/rvtfpolis/p%C3%A1gina-inicial?authuser=0>. Acesso em: 02 jul. 2023.

GRUPO ND (Florianópolis) (ed.). **Florianópolis, uma cidade inteligente**. 2021. Disponível em: <https://ndmais.com.br/opiniao/editorial/florianopolis-uma-cidade-inteligente/>. Acesso em: 02 jul. 2023.

HAACK, A.; SCHREYER, J.; JACKEL, G.; **State-of-the-art of Non-destructive Testing Methods for Determining the State of a Tunnel Lining**. In: Elsevier Science Ltd. (ed.). Tunnelling and Underground Space. Grã Bretanha, 1995, v. 10, n. 4, p. 413—431.

HARRINGTON, D.; ABDO, F.; ADASKA, W.; HAZAREE, C. V.; CEYLAN, H.; FATIH, B.; **Guide for Roller-Compacted Concrete Pavements**. 2010. InTrans Project Reports. Disponível em: . Acesso em: 01 ago. 2023.

ROCHA, Vanessa da. **Relatório ND: invasão define o caos urbano na região central de Florianópolis**. Florianópolis: Rosana Ritta, 2020.

SANDAKA, G.; GOUVEIA, L. T.; SENGER, L. J. **Emissões do asfalto e seus efeitos na saúde humana**. TRANSPORTES, [S. l.], v. 26, n. 2, p. 167–179, 2018. DOI: 10.14295/transportes.v26i2.1613. Disponível em:

<https://revistatransportes.org.br/anpet/article/view/1613>. Acesso em: 24 jul. 2023.

SARACENI, Luciano Souza. **Proposta de mobilidade para o centro de Florianópolis**. 2020. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

GEHL, Jan. **A cidade para pessoas**. Anita Di Marco. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

JACOBS, Jane. **A vida e a morte de grandes cidades**. Carlos S. Mendes Rosa. 1. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

JANSEN, Olen B. **Flowa of Meaning, Cultures of Movements – Urban Mobility as Meaningful Everyday Life Practice**. Mobilities, 4:1, 139-158,

DOI: [10.1080/17450100802658002](https://doi.org/10.1080/17450100802658002).

LIMA, Amanda Olivia de; BRITO, Valkisfan Lira de. **Plano de manutenção de estruturas de concreto armado sujeitas a agressividade marinha: estudo de caso no porto de cabedelo** - pb. 2. ed. Paraíba: Inter Scientia, 2016.

MCKIBBINS, L.; ELMER, R.; ROBERTS, K.; **Technology Tunnels: inspection, assessment and maintenance**. Londres: CIRIA, 2009.

MEDEIROS, M.H.F ; ANDRADE, J.J.O. ; HELENE, P. ; **Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto**. In: ISAIA, G.C. (ed.). **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), 2011, v.1, cap.22.

MELO, Weiller Sousa Amaral Carvalho. **Estudo de Patologias em estruturas de madeira no estado do Piauí com foco em técnicas de reabilitação**. 2019. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil, Uninofapi, Teresina, 2019.

RAMOS, Loraine Alves; ANASTÁCIO, Michele Dias. **Estudo das Manifestações patológicas apresentadas em estruturas de concreto próxima ao mar**. 2020. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2020.