

1. INTRODUÇÃO

Ilhabela situa-se no litoral norte do estado de São Paulo, é um dos principais pontos turísticos do Brasil. Porém, o acesso a este município apresenta limitações e é feito principalmente pela balsa São Sebastião – Ilhabela.

O Sistema de balsa encontra-se em função de alguns fatores como:

- Demanda de usuários
- Fatores meteorológicos
- Baixa velocidade de transporte

Podendo causar um alto tempo de espera aos usuários.

Tendo em vista tais circunstâncias, busca-se neste trabalho explorar a concepção e análise estrutural de uma ponte que sirva de alternativa a balsa, assim como sua viabilidade ambiental, estrutural e topográfica.



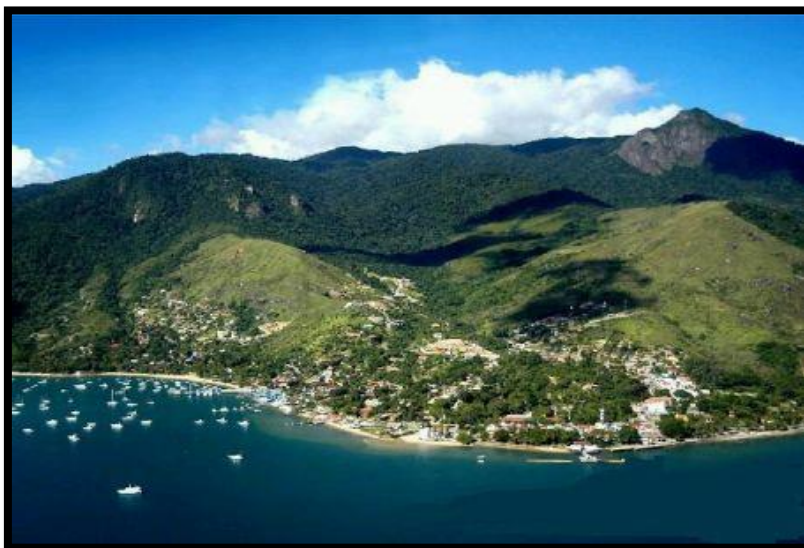
2. OBJETIVO

Estudo de um modelo de ponte que sirva como alternativa a balsa, assim como sua localização, método construtivo, tipologia da ponte, estudo topográfico, estudo da região e todo seu relevo, solo e fundação.

3. METODOLOGIA

3.1 A CIDADE E SEU RELEVO

3.1.1 ILHABELA



Ilhabela é um dos únicos municípios–arquipélagos marinhos brasileiros e é localizado no litoral norte do estado de São Paulo, microrregião de São Sebastião, possui um território de 348,3 km² (IBGE).

Possui uma das mais acidentadas paisagens da região costeira brasileira, com todas as características de relevo jovem, com o aspecto geral de um conjunto montanhoso.

O principal acesso a Ilhabela, para quem vem de São Paulo ou do Vale do Paraíba, é feito pela Rodovia dos Tamoios que liga São José dos Campos a Caraguatatuba. Ao chegar a Caraguá, continua-se pela Rodovia Manuel Hipólito Rego, a SP-55, sentido Sul até São Sebastião.

A ligação entre São Sebastião e Ilhabela é feita pela Travessia São Sebastião-Ilhabela de balsas, operada pela Dersa. O percurso dura em média 15 minutos.

3.1.2 SÃO SEBASTIÃO



São Sebastião é um município do estado de São Paulo, localizado na microrregião de Caraguatatuba, possui um território de 495,679 km² (IBGE).

A Ilha de São Sebastião, cujo território corresponde ao do município de Ilhabela, fica defronte à costa leste de São Sebastião. Nessa costa é que se localiza o centro comercial da cidade. Por entre a cidade e a ilha está o canal de São Sebastião, que tem em sua largura mínima apenas 3 km, onde a travessia pode ser feita pela Travessia São Sebastião-Ilhabela de balsas.

O único jeito de se chegar à cidade é pela BR-101, denominada Rodovia Doutor Manuel Hipólito Rego no trecho que vai de Ubatuba a Bertioga. É possível vir de Caraguatatuba pelo Norte e de Bertioga pelo Sul. A rodovia é a mais importante via da cidade, ligando os extremos Norte e Sul, e tendo uma linha regular de ônibus.

3.1.3 TRAVESSIA SÃO SEBASTIÃO-ILHABELA



É um sistema de embarcações do tipo balsa que faz o transporte de pessoas e veículos entre o município continental de São Sebastião e o município insular de Ilhabela, no litoral norte de São Paulo. O trajeto é feito em embarcações com capacidade para aproximadamente 70 veículos de passeio e operado pela Dersa. A distância é a mais longa das travessias litorâneas do estado, de 2,4 quilômetros e dura em média de 14 a 18 minutos para ser percorrida.

A travessia por balsa é a única ligação entre o município de Ilhabela e o continente e por isso é operada 24 horas por dia e durante o ano todo.

3.2 TOPOGRAFIA E TIPO DE SOLO

O Solo: Os solos presentes na área de influência dividem-se entre Neossolos Quartzarênicos, Espodossolos e Neossolos Regolíticos, para a planície litorânea sedimentar; e Cambissolos, Neossolos Litólicos e Latossolos Vermelho-Amarelos presentes nos morros e escarpas do embasamento cristalino.

Contudo, São Sebastião, em sua configuração atual, é formado majoritariamente por aterros, construídos em diferentes fases de ampliação de suas dependências.

São Sebastião e Ilhabela possuem solo arenoso, se caracteriza ainda pela alta permeabilidade e porosidade, o que significa que ele tem grandes poros (macroporos) entre os grãos de areia, facilitando a circulação de água e ar. Quanto à textura do solo arenoso, ela é pedregosa, uma vez que é formado por pedaços bastante pequenos de pedras, os quais têm de 0,05 a 2 mm de diâmetro.

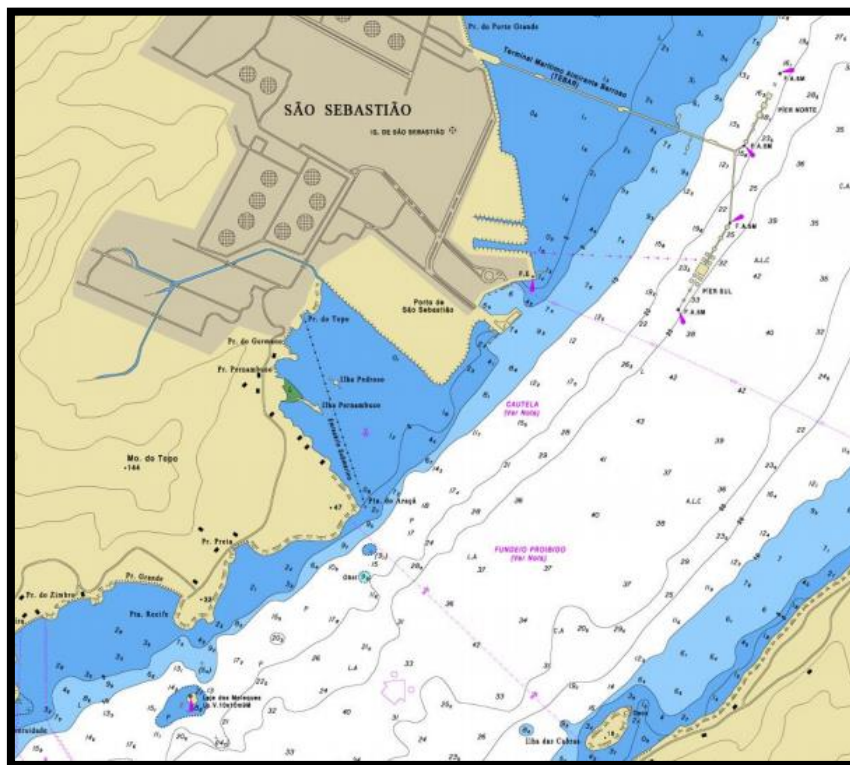
O Canal: As embarcações oceânicas acessam o Porto de São Sebastião pelo canal de mesmo nome localizado entre o continente e a Ilha de São Sebastião.

Embora o canal tenha duas barras que permitem o acesso aquaviário ao porto, a barra Sul tem um canal dragado profundo e balizado por boias, por onde os navios que demandam o porto se aproximam, por ser mais seguro.

A demanda do porto pela barra Sul é feita inicialmente através do canal dragado a 24 m (2005), que se estende por 4,5 milhas náuticas e possui 300 m de largura. Este canal dragado começa no paralelo da ponta da Sela e vai até a ponta Urubu, quando as profundidades naturais do canal passam a ser acima de 25 m.

O acesso ao porto pela barra Norte só deve ser feito por navios de calado até 10m. A distância a navegar desde o ponto de embarque/desembarque do práctico na barram Sul até o porto é de aproximadamente 7 milhas náuticas.

Segundo as Normas e Procedimentos da Capitania dos Portos (NPCP) de São Paulo, a velocidade no canal é limitada a 8 nós e o tráfego simultâneo de dois navios não é permitido. O canal de São Sebastião em frente ao porto tem profundidades naturais superiores a 30 m. Entretanto, essas profundidades diminuem na medida em que se aproxima do cais do porto, sendo intenção da Companhia Docas de São Sebastião homologar, em breve, a profundidade no cais externo em 10 m.

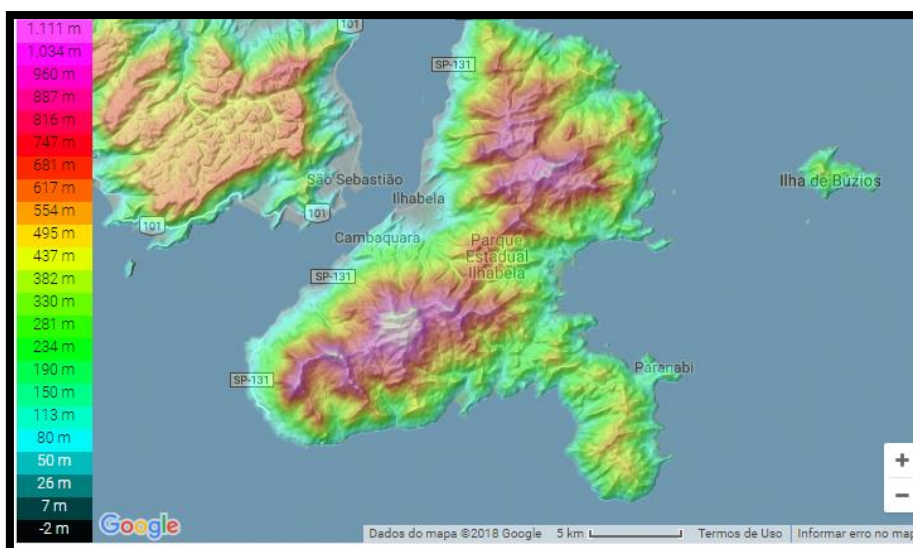


Segundo as NPCP de São Paulo, a profundidade no cais externo de 8,2 metros, enquanto que no berço interno é de 7,2 metros.

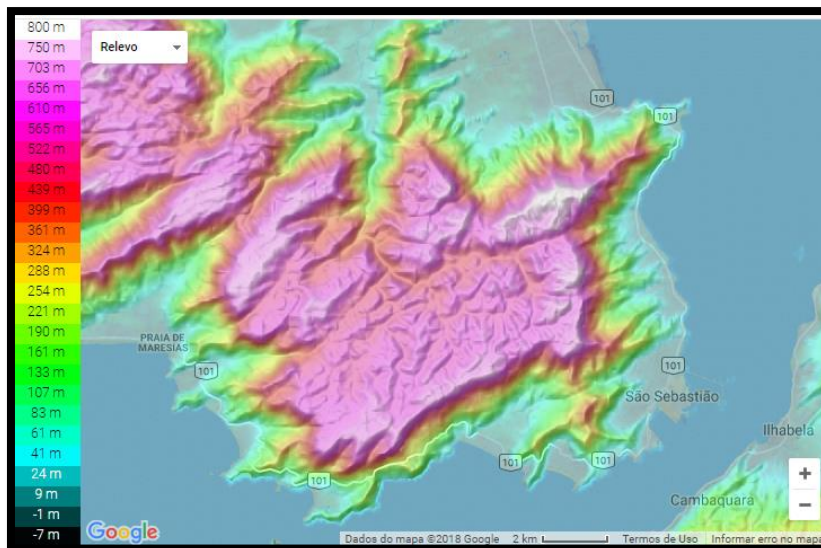
Contudo, dragagens recentes permitem a operação de navios com calado de 9,2 metros no cais externo e de 7,0 metros na dársena. Esses calados ainda não estão homologados pela Capitania dos Portos.

Topografia: São Sebastião e Ilhabela possuem topografia montanhosa.

Curvas de Nível – Ilha Bela:



Curvas de Nível – São Sebastião:



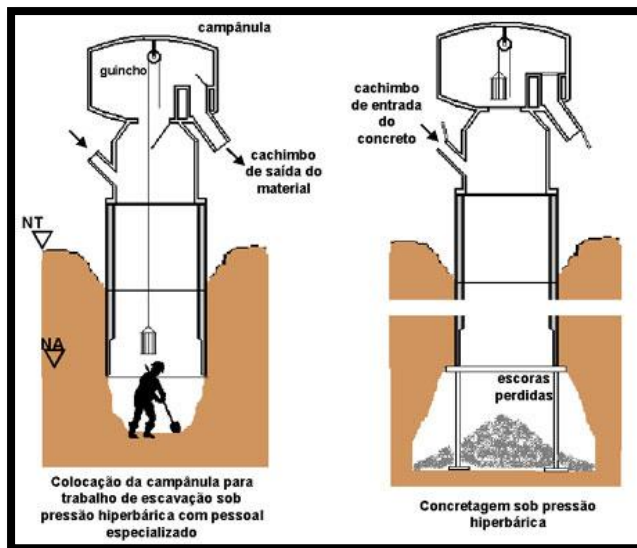
3.3 FUNDAÇÕES SUBMERSAS

Vários fatores podem influenciar no comprometimento de uma obra submersa, sendo esses fatores físicos ou químicos. Fatores físicos relevantes podem ser causados pela movimentação das marés e das correntes marítimas. Essa movimentação da massa de água pode levar a uma abrasão do concreto, por isso a importância de se utilizar um concreto de alta resistência. Um fator químico importante e considerável, que gera patologias e é bastante causado pela ação das marés, é a corrosão das armaduras presentes na estrutura, devido à carbonatação e ao ataque de cloretos presentes na água do mar.

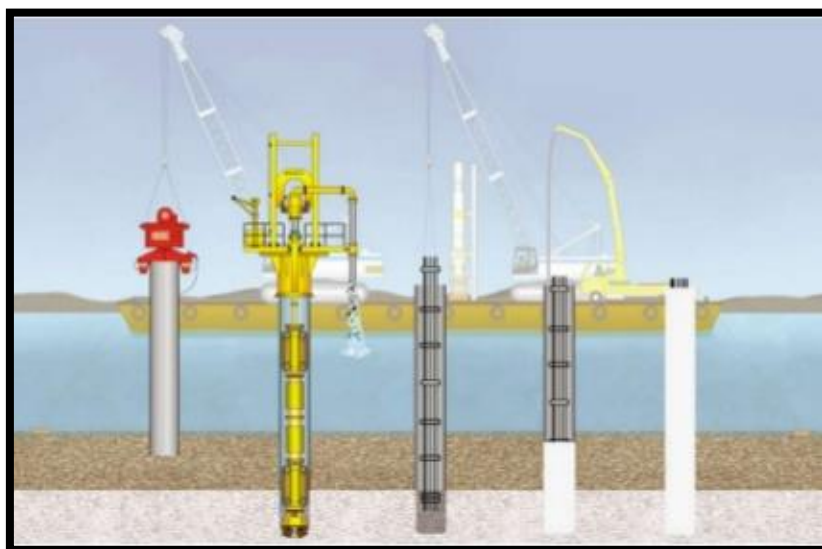
Sendo os pilares da ponte acima do mar o tipo mais comum dessas construções, é considerável avaliarmos os principais métodos utilizados para a execução dessas obras. São dois os principais métodos: tubulão e caixões.

Tubulão: Os primeiros são tubos metálicos, com até 3 metros de diâmetro, cuja ponta é encravada no fundo do mar. Depois, a água do interior é bombeada para fora. Um sistema de ar comprimido mantém o interior seco para permitir que se escave por ali a base na qual se assenta o tubo. À medida que a escavação prossegue, o tubo vai penetrando no solo. Em determinado ponto, a base é alargada para sustentar melhor o alicerce. Aí então, a tubulação é enchida com concreto e sobre ela se constrói um bloco, também de concreto,

que servirá de base para os pilares de sustentação da parte plana da ponte – o chamado tabuleiro.

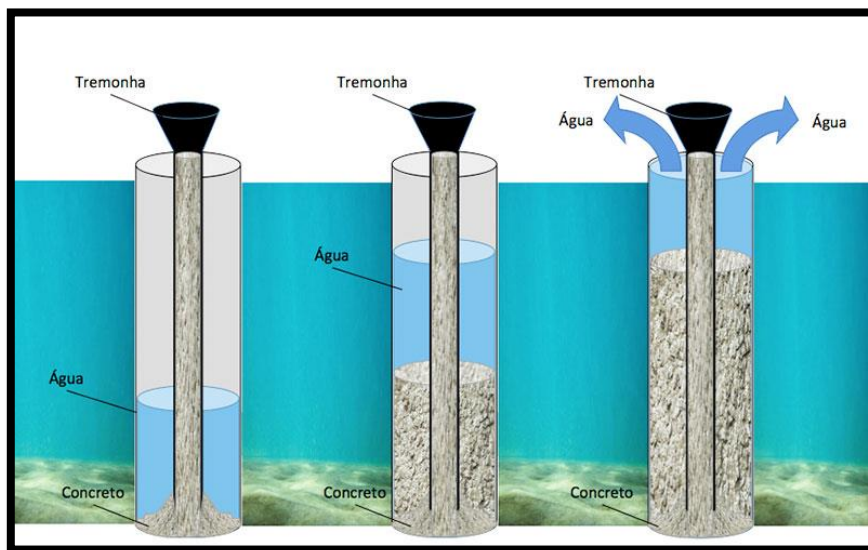


Caixões: estruturas de aço ou concreto armado, dentro das quais o terreno é escavado e os pilares, edificados como se faz com o tubulão. Geralmente, essas pontes são construídas em locais próximos ao continente, onde a profundidade da água varia em torno de 50 metros.



A outra maneira de se fazer a concretagem submersa é colocar o produto pronto diretamente na fôrma, o concreto submerso feito com o uso de tremonha. Enche-se a fôrma com o concreto até transbordar, o que também evita que a estrutura seja formada com a primeira nata, contaminada. Essas estruturas são utilizadas em pontes e tubulões de construções portuárias.

As fôrmas podem ser de dois tipos: de madeira ou metálicas. As de madeira são removidas depois da estrutura pronta; já as de metal podem tornar-se parte da estrutura, como acontece em pilares de cais.



Mas como evitar os problemas nesse tipo de construção?

Muitos cuidados devem ser tomados na execução das obras submersas. Uma das primeiras precauções é a análise do solo submerso, feita com as sondagens à percussão (solos moles) ou rotativas (solos rochosos).

No caso de concreto lançado por tremonha, é necessário que tenha grande plasticidade e seja auto-adensável, com fator água-cimento (a/c) menor ou igual a 0,45. Essas características são obtidas adicionando-se aditivos plastificantes e retardadores. Os concretos auto-adensáveis não necessitam de processo de vibração mecânica após lançamento em fôrma, pois se comportam como uma pasta bem fluída.

Esses processos de concretagem requerem o acompanhamento de mergulhadores, que verificam a calda subindo dentro da fôrma e evitam os vazamentos. Além desse acompanhamento, também existem cuidados com o controle do tempo de injeção e lançamento do concreto, além do controle da retirada da tremonha. O tubo deve subir dentro da fôrma paulatinamente à medida que o nível do concreto em lançamento também sobe, e nunca se deve deixar que passe acima do nível do concreto. Isso alteraria as qualidades do concreto com a contaminação da água do mar.

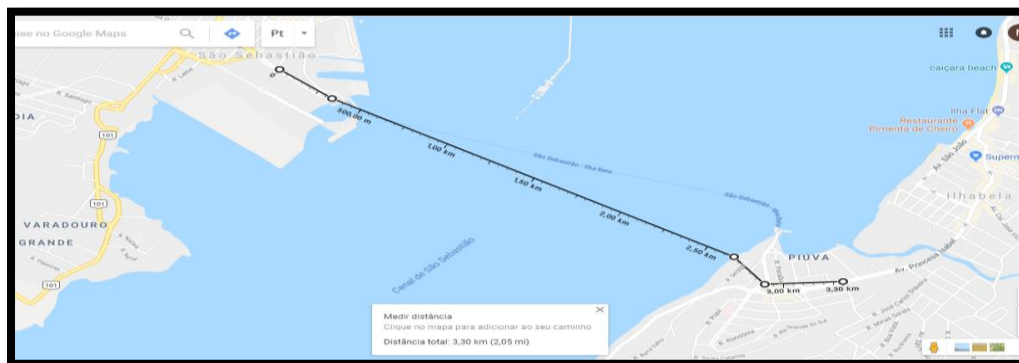
Em algumas obras submersas pode-se usar também o concreto pré-moldado. A vantagem é a redução do trabalho embaixo d'água, já que o tempo de mergulho é limitado e a mão-de-obra e equipamentos necessários são caros.

3.4 TIPOLOGIA DA PONTE

3.4.1 TRAÇADO



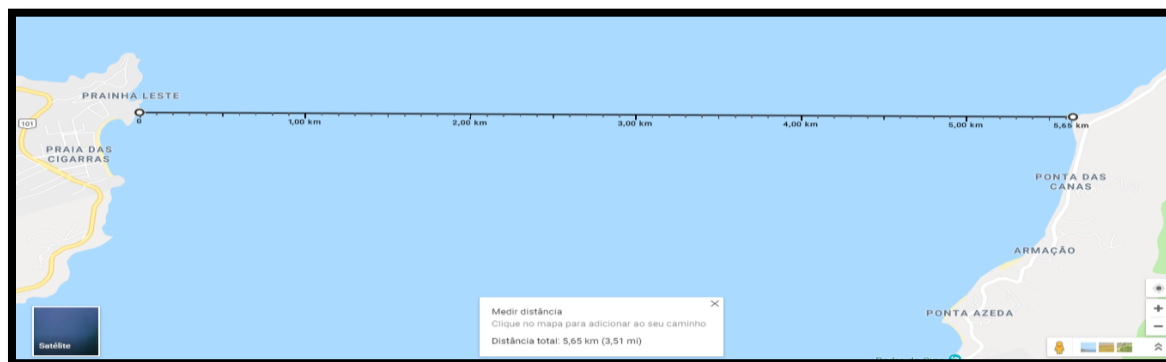
Analisando o melhor traçado da ponte que ligaria a cidade de São Sebastião à Ilhabela, observamos alternativas que possuem vantagens e desvantagens que influenciaram na escolha e levaram à admissão do traçado mais adequado e viável para essa região, a sobreposição a balsa foi descartada por inviabilizar a construção. Porém o trecho que apresenta a menor extensão de ponte, com cerca de 3,30 km de comprimento total e 2,30 km do comprimento que atravessaria apenas a parte do Oceano Atlântico Sul, a segunda vantagem dessa alternativa é que as vias de São Sebastião, com a Avenida Antônio Januário do Nascimento (via com três faixas em cada sentido), e de Ilhabela, com a Avenida Princesa Isabel (via que também possui três faixas em cada sentido), apresentam uma boa infraestrutura para receber os acessos da ponte.



A segunda opção apresentou mais desvantagens do que vantagens, por isso também foi descartada. Pensou-se ligar a BR 101, no trecho que ainda possui quatro faixas (duas em cada sentido), à parte norte da Ilha, pela Rua Perimetral Norte, para a diminuição de congestionamento. O acesso da ponte que sairia do continente localiza-se antes da entrada da cidade de São Sebastião. E com isso, evitaria que a cidade recebesse mais uma fonte de congestionamento.

A ponte terminaria na parte norte de Ilhabela, uma região mais isolada, facilitando também no congestionamento, pois não estaria chegando na parte da ilha que apresenta mais trânsito. Porém precisaria de ampliação da via e melhoria na sua infraestrutura e esse é um ponto desvantajoso.

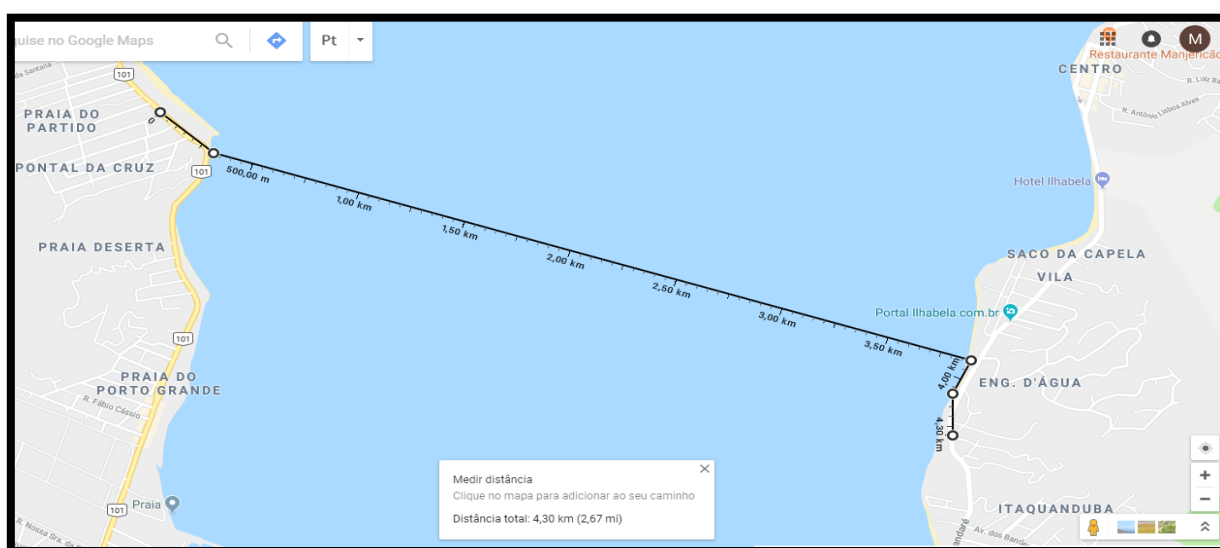
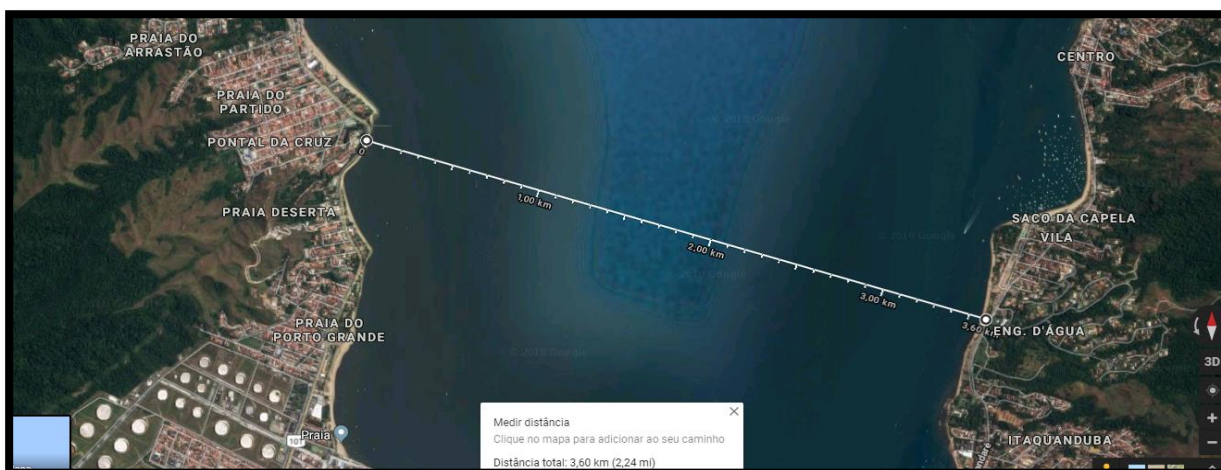
Outro ponto e que foi decisivo para se pensar em outra hipótese de traçado, foi a distância entre o continente e a ilha ser muito grande, de aproximadamente 5,65 km. A ponte teria 8,70 km de extensão. Essa distância de vão complica por conta das embarcações que passam nessa região do canal de São Sebastião e também a quantidade de pilares no mar precisará ser maior, aumentando consideravelmente o custo da obra.

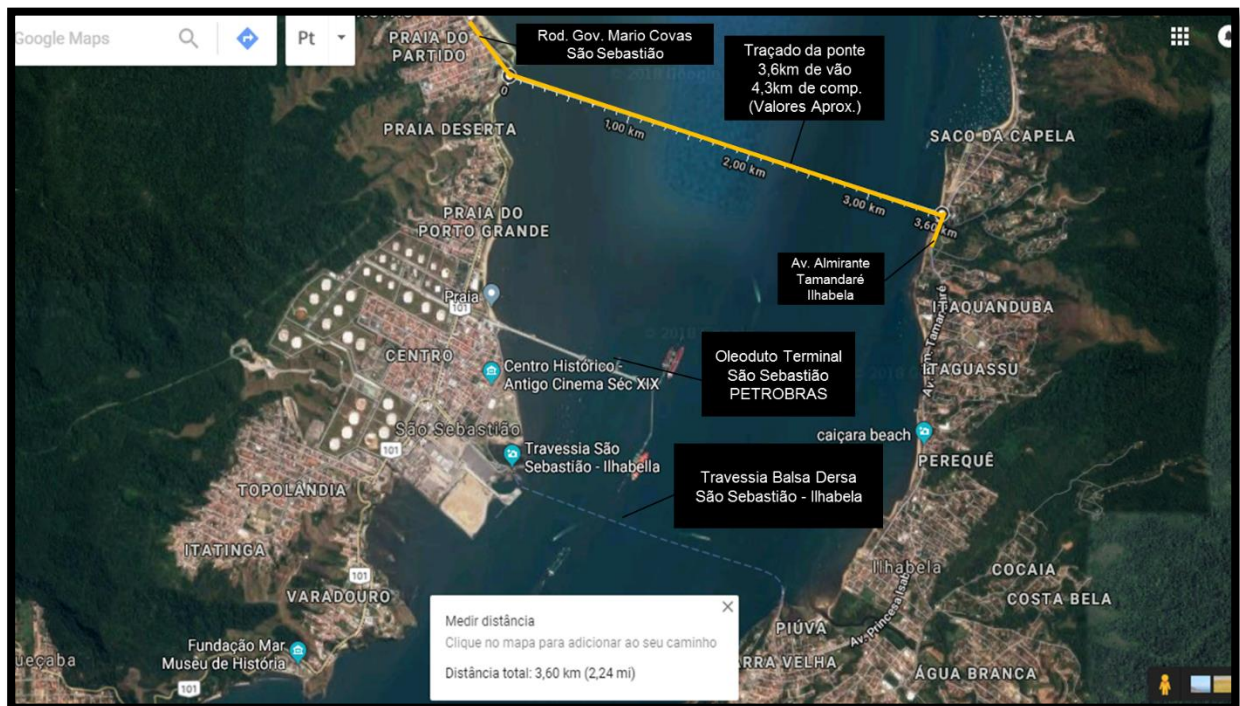


O traçado escolhido foi pelo acesso do continente sai da Rodovia Governador Mário Covas, São Sebastião, mão dupla. E chega na charmosa Avenida Almirante Tamandaré, Ilhabela,

também é via de mão dupla. A distância entre a cidade de São Sebastião e Ilhabela por essa opção é de cerca 3,60 km e o comprimento total da ponte é de 4,30 km, representadas nas duas figuras a seguir.

Todas as características desse traçado favoreceram para ser a localização da ponte de Ilhabela. A distância do vão, do comprimento total da ponte, o local que passa por cima do canal de São Sebastião, os acessos da ponte, tanto de São Sebastião quanto de Ilhabela, satisfizeram as condições estudadas e não apresentaram problemas que inviabilizassem o projeto. O terceiro traçado também respeitou a distância segura do Porto de São Sebastião. Essa era a condição mais crítica a ser considerada, pois a construção da ponte não pode atrapalhar o funcionamento do porto e nem diminuir a segurança do tráfego das embarcações.

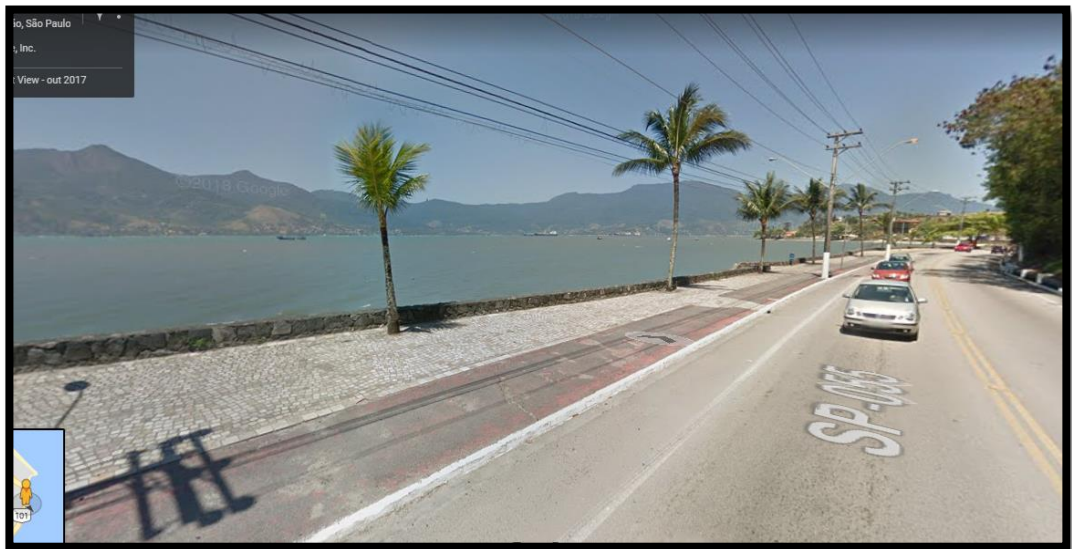




Vista Av. Almirante Tamandaré – Ilhabela



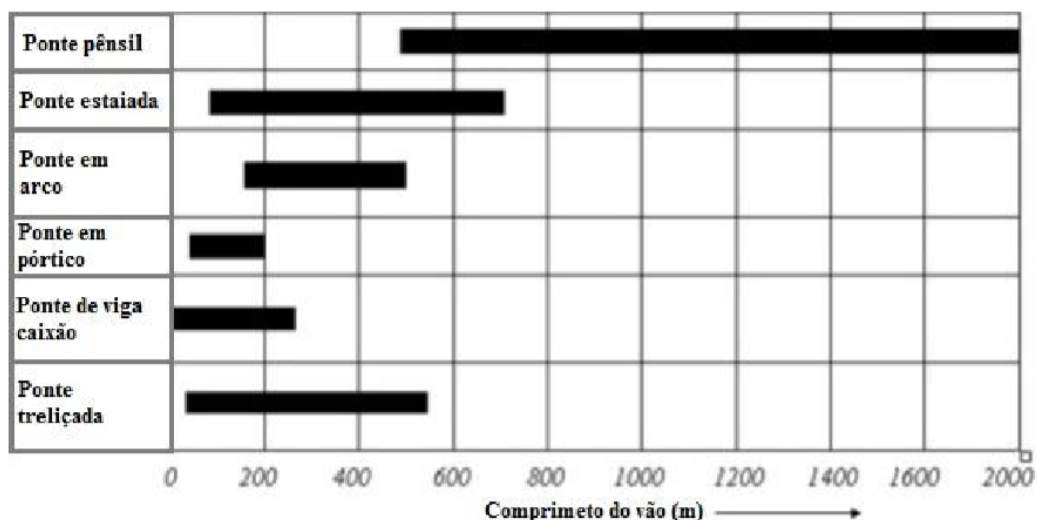
Vista Rod. Gov. Mario Covas – São Sebastião



Após a conclusão dos estudos e da escolha do traçado da ponte de Ilhabela, é a determinação do projeto e alternativas tecnológicas, ou seja, o tipo de ponte a ser adotada à fim de ligar a cidade de São Sebastião e Ilhabela.

A escolha da alternativa tecnológica dependente inteiramente das características que já foram estabelecidas pelo projeto, como o comprimento total do tabuleiro e suas dimensões transversais e longitudinais, o tamanho do vão (distância entre o continente e a ilha). A altura da ponte em relação ao nível do mar, as distâncias máximas e mínimas dos pilares, a quantidade de faixas de tráfego, são dados que foram também foram pré-fixados no projeto, porém baseados em outras pontes já existentes. Tendo-se concluído os dados referidos acima, foi possível então, estudar tipos de pontes que se adequassem as condições determinadas. Para o caso da ponte de São Sebastião-Ilhabela, as pontes mais viáveis, por serem capazes de vencer maiores vãos, são:

Ponte estaiada, Ponte pênsil, Ponte em arco.



FONTE: The Constructor Civil Engineering Home, 2016

A ponte pênsil, ou também, ponte suspensa. Sua técnica construtiva é mais antiga do que a ponte estaiada. O seu tabuleiro é sustentado por sistema de cabos ou tirantes de suspensão metálicos atirantados, e mastros. Na ponte pênsil, assim como na estaiada, as torres principais são comprimidas pelos cabos que partem delas e as mesmas transferem esses esforços de compressão para as fundações, que geralmente são bem robustas e possuindo uma quantidade significativa de estacas. A característica principal da ponte pênsil é o que a diferencia da ponte estaiada. Tanto na estrutura quanto no formato dos dois cabos principais, que partem de um mastro a outro formando uma parábola com a concavidade para cima. E desses cabos principais partem os cabos verticais e igualmente espaçados para a sustentação da plataforma. Diferente dos estais da estaiada, os cabos da pênsil, por estarem na posição vertical, apresentam 100% da sua eficiência de tração. Por essa razão a ponte pênsil dentre todos os tipos de ponte é a que consegue vencer maiores vãos. Por mais que haja distinções entre a ponte pênsil e a ponte estaiada, as duas possuem um sistema estrutural parecido, por terem seus tabuleiros sustentados por cabos e mastros. Por tal razão, as vantagens e desvantagens da ponte pênsil são similares as da ponte estaiada. Quando solicitada a grandes cargas de vento, a ponte pênsil também, traz desconforto no seu tráfego e dependendo da sua intensidade podendo até ser perigoso. Por essa razão é exigido que o tabuleiro seja projetado com grande rigidez à torção a fim de minimizar esses efeitos.

Uma grande referência desse tipo de ponte é a ponte Golden Gate, uma das Sete Maravilhas do Mundo Moderno segundo a Sociedade Americana de Engenheiros Civis. A ponte pênsil Golden Gate localiza-se no estado da Califórnia, nos Estados Unidos. Com 2.737 metros de comprimento total, sendo 1.966 metros de comprimento suspenso, 1.280 metros a distância entre as duas torres e o seu gabarito de 227 metros. Essas medidas tornaram a Golden Gate a 9ª maior ponte pênsil do mundo.



É possível notar, com essas dimensões dos vãos centrais, que a ponte pênsil é a mais indicada e viável em situações que precisam-se vencer grandes distâncias.

O próximo passo foi decidir a ponte mais adequada, viável e funcional para ligar a cidade de São Sebastião à Ilhabela e para isso foi necessário lembrar de algumas considerações, tais como:

O comprimento entre o continente e a ilha de 3,60 km. É uma região portuária e deve-se considerar uma distância mínima entre os pilares que as embarcações navegarão. Considerou-se que essa distância seria cinco vezes a largura da maior embarcação que passa por esse canal.

NAVIOS PROGRAMADOS

Resumo

NOME	DATA DE CHEGADA ESTIMADA	AGENCIA	OPERADOR	BANDEIRA	DWT	CARGA	QUANTIDADE	MOVIMENTADO	LOCAL DE ARMAZENAGEM	I/E
OSPREY ARROW	FINALIZADO	WILSON SONS	PRONAVE	BAHAMAS	62.841	BARRILHA	8.100 T		CNAGA	IMP
FM SPIRIDON	FINALIZADO	WILSON SONS	PRONAVE	REPTOGOLESA	4.054	ANIMAIS VIVOS	5.000 UN		DIRETO	EXP
ALDELTA	FUNDEADO	WILSON SONS	TSS	PANAMA	4.734	ANIMAIS VIVOS	5.000 UN		DIRETO	EXP
BRAHMAN EXPRESS	FUNDEADO	RELIANCE	PRONAVE	FILIPINA	5.612	ANIMAIS VIVOS	5.000 UN		DIRETO	EXP
POPLAR ARROW	ATRACADO	WILSON SONS	PRONAVE	BAHAMAS	47.852	BARRILHA	22.004 T		CNAGA	IMP
KING RICE	10/06/2018	WILSON SONS	PRONAVE	PANAMA	28.250	CEVADA	22.500 T		MALTERIA	IMP
TRANSPORTER	10/06/2018	WILSON SONS	PRONAVE	PANAMA	3.725	ANIMAIS VIVOS	5.000 UN		DIRETO	EXP
JAPIN ARROW	12/06/2018	WILSON SONS	PRONAVE	BAHAMAS	73.296	BARRILHA	6.000 T		CNAGA	IMP
POLARIS 2	13/06/2018	WILSON SONS	PRONAVE	PANAMA	8.443	ANIMAIS VIVOS	5.000 UN		DIRETO	EXP
DOROTHEA OLDENDORF	30/06/2018	WILSON SONS	PRONAVE	LIBRIA	32.929	BARRILHA	10.020 T		CNAGA	IMP

NAVIOS PREVISTOS

Resumo

NOME	DATA DE CHEGADA ESTIMADA	AGENCIA	OPERADOR	BANDEIRA	DWT	CARGA	QUANTIDADE	LOCAL DE ARMAZENAGEM	I/E
CANADIAN HIGHWAY	18/06/2018	DEEPSEA	PROPORTO	PANAMA	18.581	VEÍCULOS	1.150 UN	CDSS	EXP
EUROPEAN HIGHWAY	09/06/2018	DEEPSEA	PROPORTO	PANAMA	15.075	VEÍCULOS	1.000 UN	CDSS	EXP

FONTE: Porto de São Sebastião Autoridade Portuária, 2018.

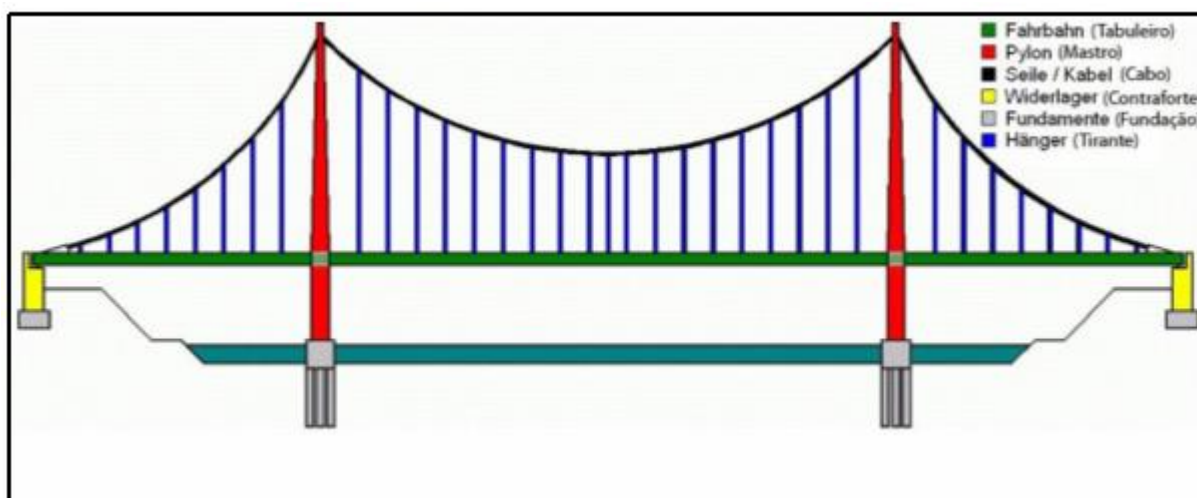
Pesquisa realizada foi possível identificar as larguras extremas de cada navio:

NAVIO	LARGURA (m)
CANADIAN HIGHWAY	32,26
EUROPEAN HIGHWAY	32,2
OSPREY ARROW	32,26
FM SPIRIDON	16,24
ALDELTA	21
BRAHMAN EXPRESS	15,85
POPLAR ARROW	31
KING RICE	27,2
TRANSPORTER	19,04
JAPIN ARROW	36,01
POLARIS 2	22,08
DOROTHEA OLDENDORF	28,02

Com essas informações é possível se ter uma noção sobre os tipos de embarcações que navegam por essa região de São Sebastião-Ilhabela. A maior largura extrema por essa programação é de 36,01 metros. Porém essa programação é de Junho de 2018, e não pode-se afirmar todas as embarcações que navegam por esse canal. Por essa razão e a favor da segurança, considerou-se uma largura de 65 metros e assim a distância mínima entre os pilares, onde as embarcações navegarão, é de 325 metros. Determinou-se o gabarito da ponte com 80 metros. Ao pesquisar sobre as embarcações que passam pelo canal de São Sebastião nenhuma altura foi encontrada, apenas a altura do calado. A única informação encontrada foi a altura do maior Transatlântico do mundo, com 65 metros, distância acima da linha d'água. Mesmo não sabendo se a rota do mesmo inclui a região de Ilhabela. A primeira opção a ser descartada foi a ponte em arco, por conta do seu método construtivo ser muito complexo, precisando na maioria das vezes de uma outra estrutura de cimbramento. Esse fator foi decisivo para inviabilizar o estudo do projeto da obra ponte de Ilhabela. Então ficou-se em dúvida entre a ponte estaiada e a ponte pênsil. As vantagens dos dois tipos de ponte satisfizeram as condições necessárias para a região, questão do gabarito da ponte, seu método construtivo facilitaria bastante por aquele local ser uma região portuária e a distância necessária do vão principal poderia ser vencida por tais pontes.

Através dos dados fornecidos e da ideia inicial que se tinha da ponte de Ilhabela concluiu-se que a ponte pênsil é a opção mais próxima às concepções iniciais. O mastro principal

da ponte estaiada é erguido no meio do vão central diminuindo o conforto e segurança das manobras das embarcações. E sua distância do vão principal é menor comparado a ponte estaiada. Outro fator que influenciou na decisão, foi a questão do formato das duas. Preferiu-se a estética apresentada pela ponte suspensa por cabos em formato de parábolas. Levando em consideração todos esses fatores apresentados e estudados, a ponte pênsil foi a escolhida para o estudo do projeto da ponte de Ilhabela.

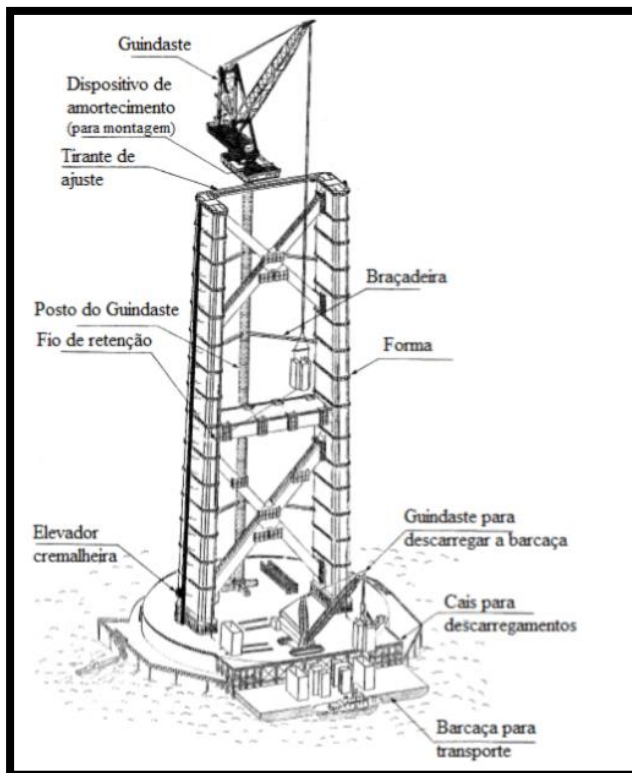


3.5 MÉTODO CONSTRUTIVO

3.5.1 MASTROS PRINCIPAIS: Os pilares principais, também conhecidos como mastros suportam o cabo principal e a estrutura suspensa, o tabuleiro e seus elementos estruturais. As forças que chegam aos mastros devem equilibrá-los a fim de mantê-los apurados e o mais ereto possível. Esse controle é importante para garantir que os eixos da torre sejam perpendiculares ao eixo da estrutura suspensa. Por serem estruturas esbeltas, quando expostas a força do vento elas vibram. E há casos de pontes que implantaram estruturas de amortecedores (geralmente em formato de pêndulos) dentro desses mastros diminuindo essas vibrações e aumentando a sua segurança.

Mastro de Aço: As torres de aço são, geralmente, compostas de células ou seções de caixa com placas de reforço de nervuras. Para a construção dessas torres de aço, os principais equipamentos são as barcaças para transportar as estruturas, elevador cremalheira para os funcionários subirem na torre e um sistema de guindastes para transportar peças grandes e pesadas.

A placa de base e a primeira seção podem ser erguidas através de guindaste flutuante. O restante é erguido por um guindaste firmado no cais do mastro. Para controlar oscilações induzidas pelo vento prejudiciais, TMD que do inglês Tuned Mass Damper ou o AMD, Active Mass Damper são amortecedores de massa, tendo um efeito de contrapeso são instalados nos eixos do mastro e no guindaste.



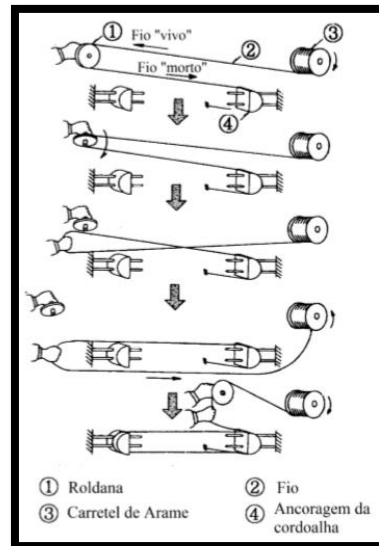
Mastro de Concreto: É comum que os eixos dos mastros principais sejam ocos. Sua construção também depende de guindastes, formas e diversos metros cúbicos de concreto.

3.5.2 CABOS

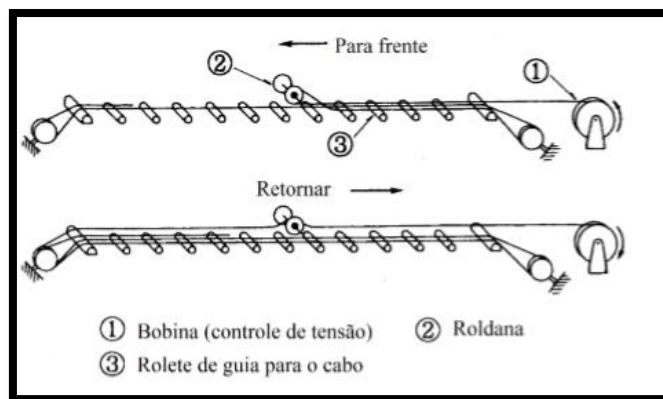
Método de fiação aérea: conhecido como “AS method” em inglês, de cabos paralelos foi inventado por John A. Roebling. O método de fiação aérea usou-se cabos paralelos. No método convencional dos cabos aéreos, cada cabo, um de cada vez, é disperso em condição de suspensão livre através de roldanas, em que cada fio precisa ser ajustado individualmente, para garantir que todos fossem de comprimento igual. Nesse controle a qualidade dos cabos e o tempo de montagem podem ser afetados pelas condições de trabalho no local, como por exemplo, condições climáticas, a força do vento e até o

comprimento do vão a ser alcançado. É necessário que haja uma grande quantidade de trabalhadores para ajustar a colocação dos cabos.

O esquema ilustrado na figura abaixo mostra o as etapas dos fios pelo método de fiação aérea. O fio, que está envolto em um carretel é lançado por uma roldana até a ancoragem de cordoalha.



Um método foi desenvolvido no Japão, chamado método do controle de tensões. Essa ideia se concentra em manter constante a tensão durante a fiação do cabo para obter comprimentos uniformes. Esse método está ilustrado na imagem abaixo.



Método de cabo de fio paralelo pré-fabricado: Por volta de 1965, um método de cabo de fio paralelo pré-fabricado foi desenvolvido a fim de diminuir a dificuldade de construção, que o método de fiação aérea proporcionava por realizar a colocação dos cabos no próprio local. O novo método foi utilizado pela primeira vez na ponte New Port, nos EUA. Esse foi

o primeiro passo em direção ao progresso alcançado no Japão na ampliação de seções, no desenvolvimento fios de alta resistência e no alongando das cordas.

3.5.3 TABULEIRO

Existem vários métodos de erguer estruturas suspensas. Normalmente, eles evoluíram fora do tipo estrutural e locais naturais e sociais.

Métodos de conexão do bloco da viga: As ligações entre a seção das vigas de reforço podem ser classificadas em dois métodos.

- Método de todas as conexões rotuladas

Nesse método, na maioria dos casos, as juntas são ligadas vagarosamente até que todas as seções da viga estejam no lugar correto. Este método permite a análise simples e fácil do comportamento das vigas durante a construção. Qualquer reforço temporário é geralmente desnecessário. No entanto, é não é difícil obter estabilidade aerodinâmica suficiente.

- Método de Conexão Rígida

Neste método, as juntas de emenda completa são imediatamente concluídas à medida que cada bloco de viga é erguido no lugar. Isso mantém a viga reta e rígida, proporcionando boa estabilidade aerodinâmica e alta precisão de construção. No entanto, às vezes são necessários reforços temporários das vigas e cabos de suspensão para resistir às tensões transitórias excessivas ou precisa-se operações para controlar e evitar excesso de tensão.

Métodos de içamento da viga: As vigas de reforço são tipicamente colocadas no lugar usando o método da secção da viga ou dos apoios dos mastros ou das ancoragens.

- Método da seção da viga

Com ligações articuladas. No canteiro da obra da ponte Kurushima Kaikyo, a correnteza era muito forte chegando a uma velocidade de até 5 m/s, tornando difícil para as barcas e rebocadores manter sua posição desejada por um longo tempo. Por isso, foi necessária a utilização de uma barcaça capaz de manter sua posição usando monitoramento por computador, e um sistema de juntas rápido, que pode encurtar o tempo de elevação da estrutura. Esse deve ser o método utilizado quando há correnteza.



- “Cantilevering Method”



Utilizado na ponte Akashi Kaikyo. Os painéis pré-montados da viga de reforço foram erguidos estendendo as vigas de reforço como um balanço entre as torres e ancoragens. Isto evitou perturbar o tráfego marítimo, o que teria sido necessário para o método de seção da viga.

3.5.4 MÉTODO ESCOLHIDO PARA A PONTE DE SÃO SEBASTIÃO - ILHABELA

Como mostrado acima, usualmente, as pontes pênséis são construídas a partir dos cabos principais que servem de transporte de peças e equipamentos como um “Teleférico”. O Tabuleiro, construído em segmentos pré-moldados, é pendurado, segmento por segmento, nos cabos. A continuidade do Tabuleiro só é promovida após o lançamento de todos os segmentos. Para a ponte de Ilhabela pensou-se nas seguintes etapas para a sua construção:

1ª etapa – Realiza-se a construção dos mastros principais, pilares e blocos de ancoragem.

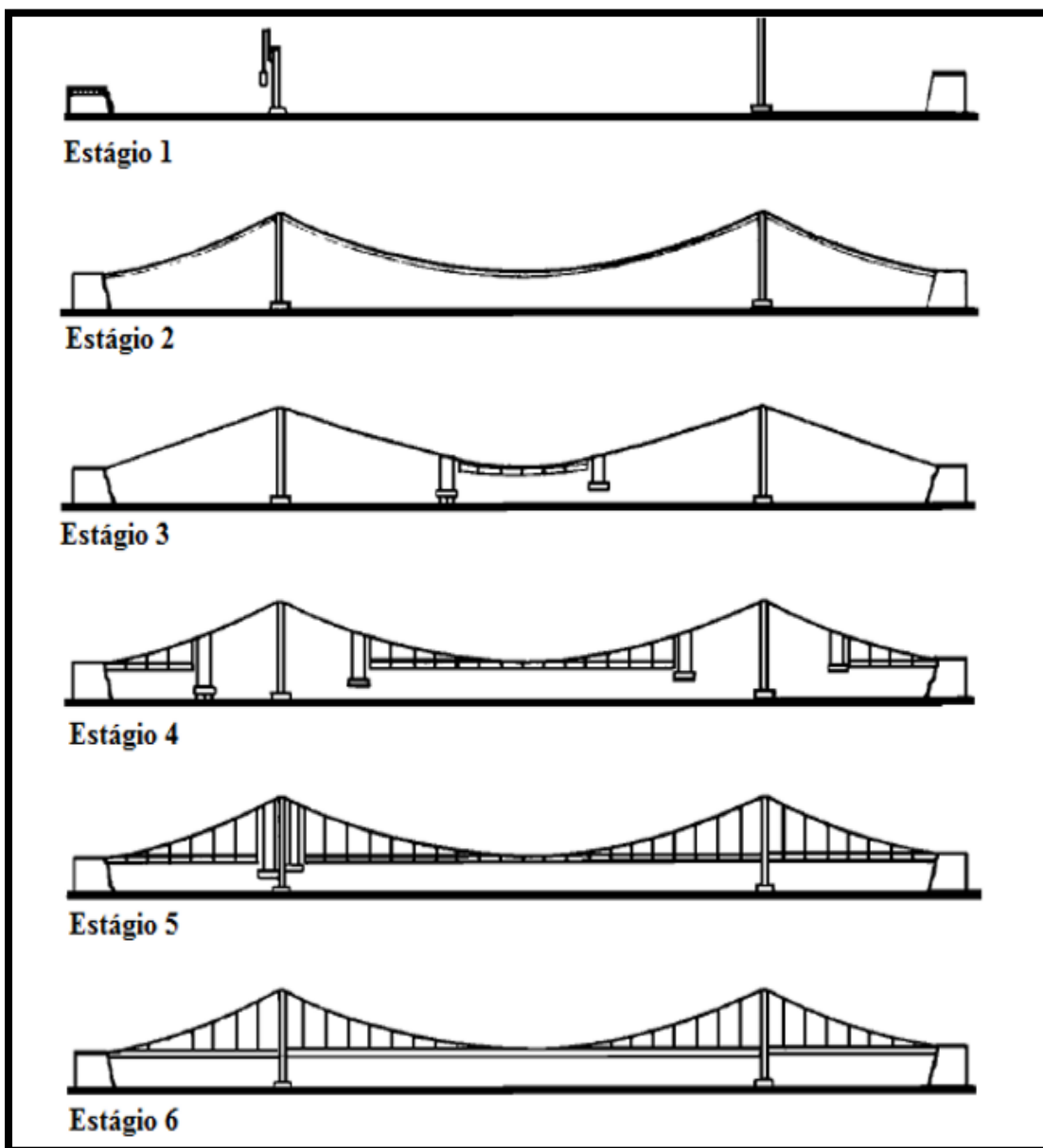
2ª etapa – Instalação dos cabos principais, pelo método do controle de tensões, descrito acima.

3ª etapa – Inicia-se a instalação do centro para o meio do vão das vigas enrijecedoras com a ajuda dos cabos auxiliares, que permanecem na vertical. Nesse estágio o peso da viga é transportado para os cabos auxiliares, passando para os cabos principais, que por sua vez geram grandes deslocamentos. Por essa razão é que as juntas entre as seções da viga são abertas, a fim de evitar momentos excessivos nas seções e trazer mais segurança na fase construtiva.

4ª etapa – Para reduzir os deslocamentos horizontais gerados pela ação descrita no estágio anterior, é realizada a instalação das vigas enrijecedoras nos vãos laterais no topo dos mastros.

5ª etapa – Colocam-se as peças de fechamento das vigas como os mastros.

6ª etapa – Por fim é feito o fechamento de todas as juntas nas vigas enrijecedoras. Hoje em dia, é mais comum que o fechamento dessas juntas normalmente comece na 4ª ou 5ª etapa, quando são ligadas as seções e colocadas na sua posição correta.



Uma vez determinada a tipologia na ponte, ou seja, determinando que a estrutura será uma ponte pênsil, encontra-se nos posteriores passos dificuldades como determinação do gabarito da ponte, distância entre os pilares, mastros e cabos. Como o trabalho aqui desenvolvido se trata de uma concepção de ponte, desde seu traçado até sua análise estrutural e detalhamento, estes valores acima citados são determinados de forma prévia e com base em outras construções do mesmo tipo, tais como a Golden Gate e Great Bridge. Tais obras de arte serviram como uma base para noções de dimensionamento nesta fase do trabalho. Nesta etapa então a ponte será modelada de acordo com as características citadas acima de tal forma que estes valores são variáveis em relação ao decorrer do

trabalho, principalmente com o decorrer da análise estrutural da ponte, fase esta então que determinara, de acordo com os resultados, a melhor condição do modelo em relação às dimensões definitivas e viáveis ao projeto. Então, definiu-se que a ponte contaria com dois mastros no meio do seu trajeto, sendo que a distância entre eles é de 1000 metros, e ainda contará com um trecho de aproximadamente 260 metros também pênsil, do lado de cada mastro, resultando então em um trecho pênsil de aproximadamente 1520 metros. Deste modo, modelou-se a ponte pênsil, adotando então as seguintes medidas:

- Distância entre os mastros: 1000 metros;
- Distância entre os pilares do trecho não pênsil: 40 metros;
- Distância entre os cabos verticais: 25 metros;
- Comprimento não deformado do cabo vertical do meio do vão: 10 metros;
- Gabarito da ponte (distância entre o nível máximo do mar com a face debaixo do tabuleiro): 80 metros;

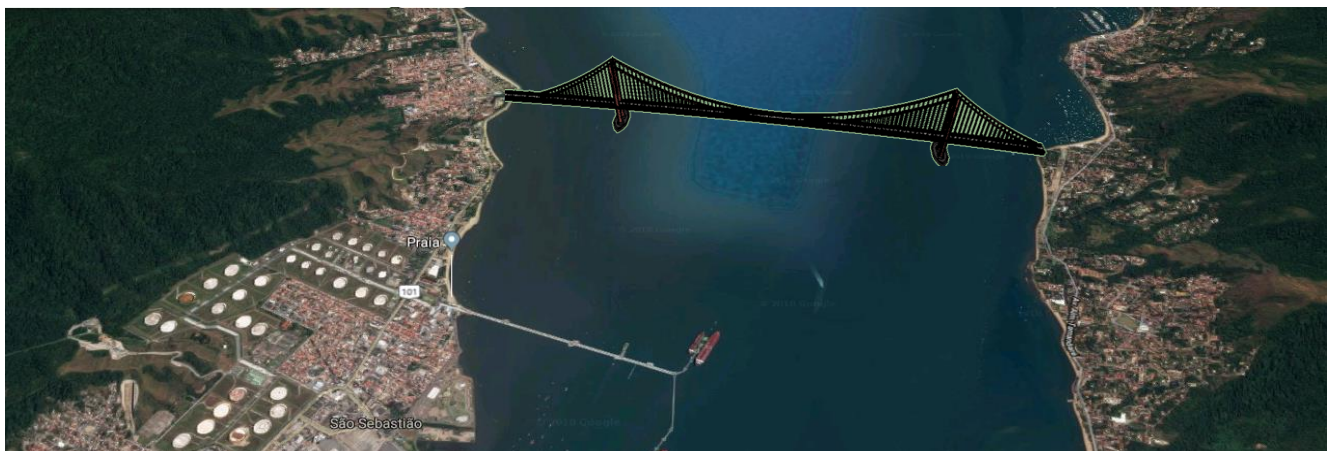
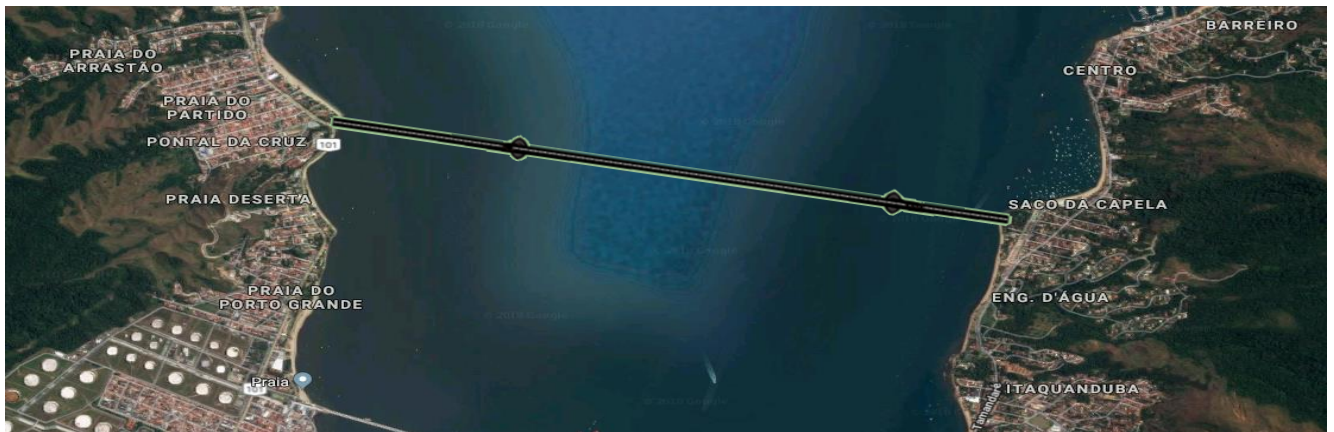
4. VIABILIDADE AMBIENTAL

Para que a obra tenha um comportamento adequado ao longo dos anos é essencial que os estudos hidrológicos sejam feitos de maneira correta e com as informações necessárias. A maioria dos problemas em obras de pontes deram-se por ser determinada uma vazão, do rio ou do canal, inferior à realidade, que podem ser evitados com estudos de natureza hidrológica realizados por profissionais da área. Estes também são necessários para a definição do vão total da ponte. Contendo os seguintes elementos:

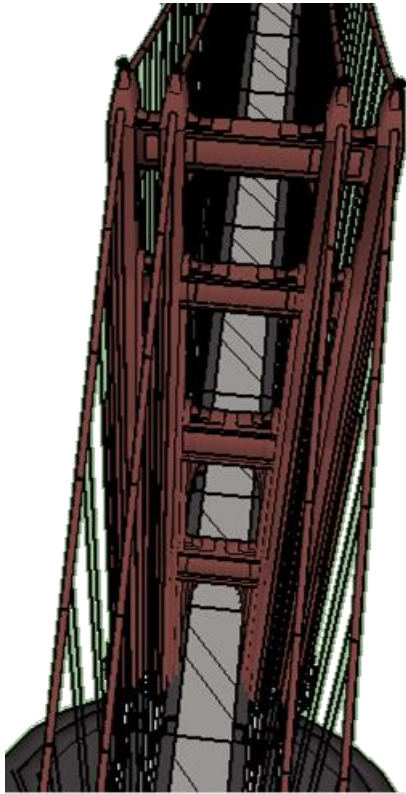
- Os máximos e mínimos níveis de água do rio ou canal que a ponte atravessará;
- Conhecimento sobre a geometria do rio, ou seja, deve-se saber o perfil do canal, suas cotas, suas declividades, se há ou não depressões;
- Cálculo com maior exatidão possível sobre a vazão da água;
- Maior quantidade de informações sobre a existência de vegetação, o solo e sua permeabilidade, sua rugosidade;
- Deve-se ter ciência sobre intervenções já executadas no local (proteção das margens, drenagem, retificação do leito do rio);
- Como auxílio aproveitar os mesmos dados, informações e características de possíveis obras já existentes no curso d'água. E verificar se houve erosões;

- Dados hidrológicos que apontam a precipitação média anual das chuvas naquela região;
- Saber as dimensões e área da bacia hidrográfica que se encontra à montante do rio ou canal.

5. PLANTA / IMPLANTAÇÃO



6. DESENHO - DETALHES CONSTRUTIVOS



VISTA MASTRO



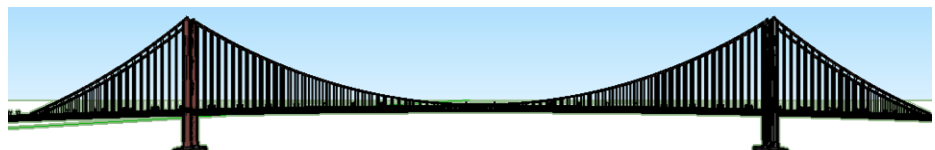
VISTA CABO E TIRANTES



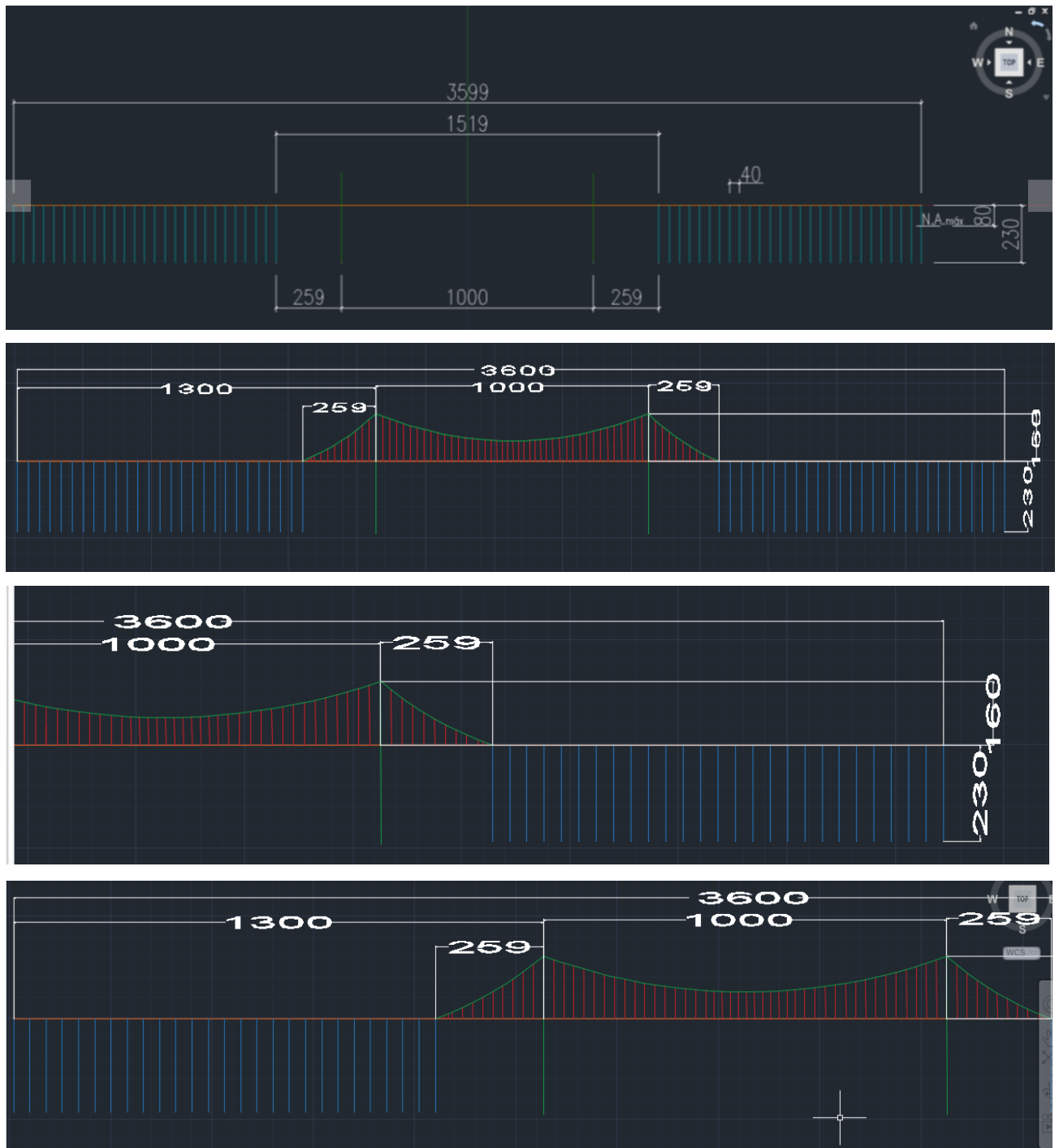
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL ESQUERDA



7. CONCLUSÃO

O processo de busca, pesquisa e instalações da região foram condições de contorno que permitiram a escolha do traçado que correspondesse aos ajustes do nosso trabalho, de forma que os ajustes finos foram dados com o decorrer da descrição e elaboração do mesmo.

Para a determinação do traçado, optou-se por escolher a rota que fornece melhores condições de via, tanto no continente quanto na ilha, assim como que não interferisse no porto da região, de modo que estes fatores foram diretrizes do projeto do traçado e que foram atendidos com sucesso.

A partir do traçado e o vão a ser vencido, definiu-se que a ponte seria pênsil, uma vez que esta alternativa tecnológica atenderia muito bem as premissas de projeto, que eram, principalmente, permitir o tráfego de embarcações da região e oferecer, para a região, um marco arquitetônico.

O tipo de ponte determinou diretamente o tipo de pesquisa e de análise da estrutura devido suas complexidades de análise e modelagem.

A ponte pênsil que alcançara os vãos necessários nas distancias entre as ilhas que é de 3,6km.

O tipo de fundação só pode ser definido diante de diversos estudos específicos e fatores como: estudo geográfico, estudo hidrográfico, recursos financeiros disponíveis.

A ponte beneficiará a população, diminuindo o tempo de espera na travessia.

8. REFERENCIAS

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Projeto executivo de engenharia para a construção de uma segunda ponte sobre o rio guaiúba e acessos. Rio grande do sul, RS, 2013.

CHEN, W. & DUAN L., Bridge Engineering Handbook, Unites States of America, 1999. Editora CRC.

CLÁUDIO, R.G., Tipologia das pontes estaiadas com tabuleiro de concreto. Fortaleza, 2010.

GOLDEN GATE BRIDGE, Photo Video Galery. Disponível em :<
<http://goldengatebridge.org/photos/>>.

PORTO DE SÃO SEBASTIÃO, Programação de navios. Disponível em :<
<http://www.portodesaosebastiao.com.br/pt-br/programacao-navios.asp>>.

RIBEIRO, J. T. A. P., et al, - Ponte Pênsil no Porto. Seminário II, Faculdade de Engenharia do Porto, Porto, Portugal, 1999. p. 2-29

ILHABELA, Geografia e Dados <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ilhabela>>.

SÃO SEBASTIÃO, Geografia
<[https://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o_Sebasti%C3%A3o_\(S%C3%A3o_Paulo\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o_Sebasti%C3%A3o_(S%C3%A3o_Paulo))>.

FUNDAÇÕES SUBMERSAS
<<https://civilizacaoengenharia.wordpress.com/2016/04/27/fundacoes-submersas-um-desafio-da-engenharia-moderna/>>.

FUNDAÇÕES SUBMERSAS, os pilares de pontes construídas sobre o mar.
<<https://mundoestranho.abril.com.br/tecnologia/como-sao-feitos-os-pilares-de-pontes-construidas-sobre-o-mar/>>.

.