

# MOBILIDADE URBANA E HUMANA, EXPANSÃO DO VLT CARIOCA ATÉ SÃO CRISTÓVÃO

## *URBAN AND HUMAN MOBILITY, EXPANSION OF VLT CARIOCA TO SÃO CRISTÓVÃO*

SOUZA, Maurício Mauro Barbosa de<sup>1</sup>

BALDUINO, Tomaz Lino Pereira<sup>2</sup>

QUIRINO, Jonatas Motta<sup>3</sup>

**Resumo:** O presente artigo busca apresentar uma proposta de expansão da malha ferroviária do VLT até o bairro de São Cristóvão expondo seu trajeto e modificações em seu entorno afim de melhorar a mobilidade urbana na cidade do Rio de Janeiro, bem como o estudo das propriedades mecânicas do aço patinável expondo suas vantagens e justificando sua escolha para construção do elevador que será utilizado como via de transporte pelo trem do VLT até o bairro designado.

**Palavras-chave:** Mobilidade urbana; Aço Patinável; VLT.

**Abstract:** The exposed article aims to present an expansion proposal of the railway line of VLT to São Cristóvão neighborhood exposing its trajectory and related changes around it in order to improve the urban mobility from the city of Rio de Janeiro, as well show the mechanic proprieties of weathering steel exposing the advantages and justifies it is choice for construction of lift bridge that will be used as a route transportation of VLT train until the chosen neighborhood

**Keywords:** Urban mobility; weathering steel; VLT

---

<sup>1</sup>Curso de Engenharia Mecânica – Universidade Santa Úrsula - mawrhycyomawrho@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Curso de Engenharia Mecânica – Universidade Santa Úrsula - tomaz.lino@hotmail.com

<sup>3</sup> Doutorando Engenharia Mecânica – Universidade Santa Úrsula - jonatas.quirino@usu.edu.br

## 1. INTRODUÇÃO

O VLT (Veículo Leve sobre Trilhos) é um sistema de transporte que utiliza o mesmo material rodante que o bonde, mas que opera numa plataforma segregada do resto do tráfego viário dentro das cidades com vias próprias, com passagem prioritária nos pontos de interseção e em certos casos com o uso túneis e viadutos no centro da cidade.

Tendo uma capacidade de transporte de passageiro, superior ao bonde, ônibus, BRS (*Bus Rapid System* - Serviço Rápido por Ônibus) e BRT (*Bus Rapid Transit* - Ônibus de trânsito rápido) e inferior ao trem urbano, o metrô e barca, permiti a conexão entre área urbana com outra área mais afastada desse entorno, criando assim, novo potencial de desenvolvimento urbano.

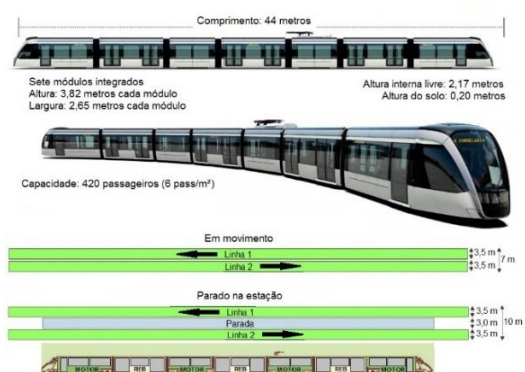
A sua definição evoluiu nas últimas décadas seguindo a evolução de desenvolvimento desse modal no mundo, em especial na Europa e nos Estados Unidos, a União Internacional de Transporte Público, o conceito de VLT engloba um amplo aspecto de serviços ferroviários:

VLT versão de bonde moderno → sistema bonde moderno que circula em grande parte do seu percurso por uma plataforma parcial ou totalmente segregada do tráfego rodoviário e em alguns casos tem prioridade semafórica.

VLT versão metrô de superfície → sistema de bonde moderno que circula em via exclusivo, maior capacidade e frequência com as portas ao nível das plataformas, é mais barato de construir que o sistema de metrô convencional.

O VLT Carioca percorre a Região do Centro e a Região Portuária da Cidade do Rio de Janeiro, sua construção veio de um antigo projeto de revitalização da região central e foi impulsionada pela escolha da cidade como sede das Olimpíadas de 2016, o sistema é composto de três linhas e 29 paradas, conforme Quadro 1, sua frota é composta por 32 trens *Alstom Citadis*, conforme Figura 1, com 44 m de comprimento com capacidade para 420 passageiros.

Figura 1 – Características Técnicas do VLT



Fonte: Os Autores

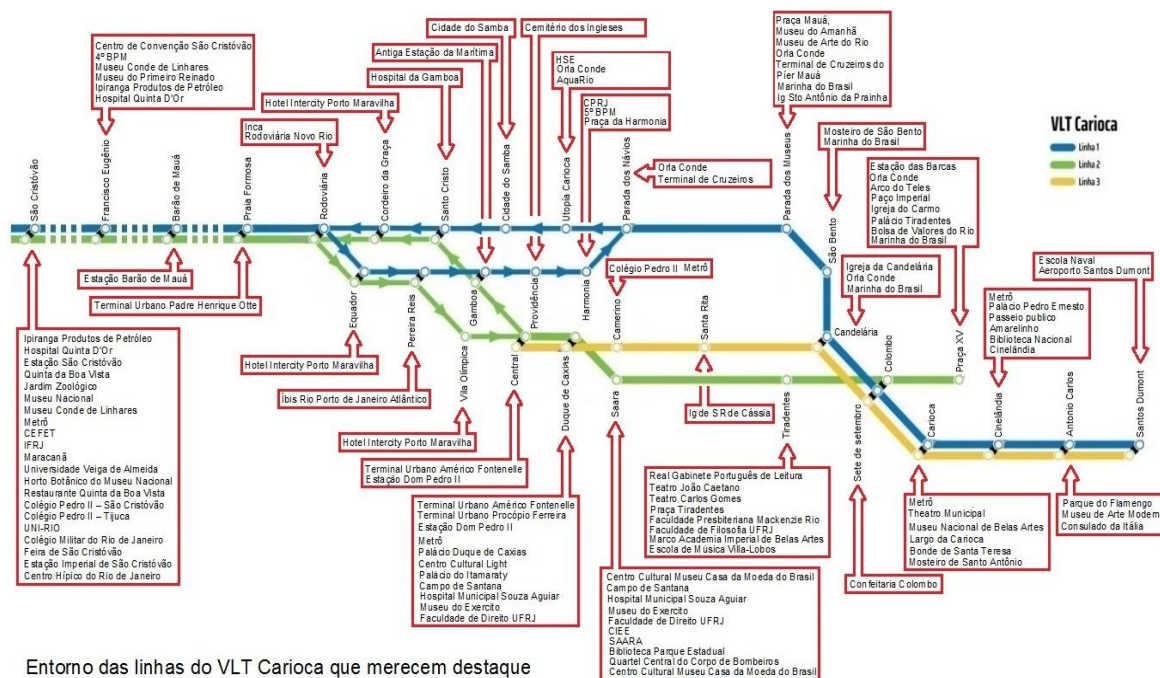
Quadro 1 – Detalhamento das Linhas VLT em operação

Linha	Origem	Destino	Extensão	Paradas
1	Aeroporto Santos Dumont	Praia formosa	6,4 km	20
2	Praça XV	Praia Formosa	5,2 km	12
3	Aeroporto Santos Dumont	Central do Brasil	4,0 km	10

Fonte: Adaptado de VLT RIO (2020)

Algumas localidades no Centro percorridas pelo VLT Carioca que merecem destaque, conforme visto na Figura 2.

Figura 2 – Destaque Histórico Turístico do Entorno do VLT



Fonte: Os Autores

## 2. PROPOSTA

A mobilidade urbana de uma grande cidade é um projeto complexo, onde todos os meios de transportes modais concedidos têm a necessidade de integração entre si e é com esta proposta que a extensão do VLT Carioca até São Cristóvão, conforme Figura 3, é apresentada neste artigo, que também propõe uma reestruturação de paradas, construções de outras paradas.

Figura 3 – Mapa da Rede do VLT com Extensão



Fonte: Os Autores

A expansão para o bairro de São Cristóvão começa na Parada Praia Formosa onde tem início a construção do elevador de 1880m em aço patinável tendo como referência histórica a antiga avenida perimetral até chegar à altura 4,40m, em catálogo do DNIT (2016) a elevação da rampa tem o ângulo máximo de 3° ou 5% em relação a extensão determinada por norma de técnicas de engenharia do órgão, a rampa de elevação tem 460 m de extensão, sobre a avenida Francisco Bicalho tem a sua primeira Parada Barão de Mauá Leopoldina, que é construída em via elevada sobre esta avenida com acesso pelas pistas laterais e central dela e levando o fator de segurança em grau crítico devido ao grande fluxo de pedestres e de veículos nesta região e consideração a engenharia de segurança com a proposta para inibir o trânsito de pedestres na via, a colocação de grades se faz necessária no entorno e seus arredores.

Essa parada tem uma atenção especial, pois está ao lado da antiga Sede da Estrada de Ferro Leopoldina a Estação Ferroviária Barão de Mauá com sua construção em Estilo Vitoriano e é a oportunidade de revitalizar a estação, conforme figura 4, e todo seu entorno como no Porto Maravilha.

Figura 4 – Revitalização da Estação Barão de Mauá



Fonte: VEJA (2017)

Deste ponto até a parada Rua Francisco Eugênio a via segue em via elevada pelo canteiro central da avenida Francisco Eugênio, com exceção do rápido mergulho sob a linha vermelha, esta parada está localizada no cruzamento desta com a rua São Cristóvão em frente

ao 4º BPM e o Centro de Convenções São Cristóvão , que foi construído na época do Porto Maravilha e chegando a estação São Cristóvão por vias elevadas agora sobre o rio Maracanã em direção ao antigo mezanino da antiga estação ferroviária da Flumitrens, neste trecho final é de grande relevância preservar o domínio ferroviário para a estação Barão de Mauá da Leopoldina na construção, pois a possibilidade de um trem Inter cidade a partir desta estação é real , outro ponto importante a citar é o entorno da estação multimodal de São Cristóvão, que sofrerá uma reestruturação com obras e seu entorno, principalmente no sistema viário, uma segunda alternativa ao percurso é levar o leitor do VLT Carioca da Praia Formosa até São Cristóvão utilizando o domínio ferroviário da Estrada de Ferro Leopoldina entre Barão de Mauá e São Cristóvão e mantendo as paradas elevadas.

A estação São Cristóvão do metrô, Flumitrens e seu antigo mezanino e a futura parada do VLT Carioca sofrerão processo de unificação como um todo, conforme Figura 5, e suas laterais direita e esquerda serão aproveitadas para a construção de dois pequenos terminais de ônibus onde o alvo é a Zona Sul da cidade com a releitura do projeto do arquiteto, urbanista e ex prefeito de Curitiba Jaime Lerner que é o responsável pela implantação do sistema de ônibus articulados com paradas seletivas e cobrança antecipada em Curitiba, e que hoje é conhecido como BRT e BRS.

Figura 5 – Entorno Estação Multimodal de São Cristóvão



Fonte: Os Autores

No Rio de Janeiro, o primeiro governo de Leonel Brizola foi o responsável pelo projeto e implantação das linhas 460, 461, 462 e 463 Zona Sul, 600, 601 e 701 Jacarepaguá, mas seu projeto parou no lobby de empresários de ônibus e nas mudanças de governo, a linha 301 e o terminal de Deodoro e as linhas S-13, S-14 e S-15 que foram implantadas nos governos dos prefeitos Marcelo Alencar e Cesar Maia são herança desse projeto.

Levar o VLT Carioca até São Cristóvão tem um objetivo bem maior, que a mobilidade urbana no Centro e sim melhorar o sistema como um todo , dando opção do usuário ter outros

meu de mobilidade urbana para o Centro e zona sul além deste e o metrô , com linhas expressas via túnel Santa Barbara e túnel Rebouças e para a Rodoviária Novo Rio que carece de integração para zona norte , oeste e baixada fluminense .Com esse objetivo é proposto que a Radial Oeste seja transformada em uma via expressa de fato, com fim de todos os cruzamentos com três focos principal, a subida do Alto da Boa Vista pela avenida Maracanã, a subida para Jacarepaguá pela Menezes Cortes e sentido Grande Meier pela 24 de maio e Marechal Rondon, com construções de viadutos e o fim de cruzamentos em toda a sua extensão, a proposta prever a construção de dois viadutos entorno da estação São Cristóvão em aço patinável.

## 2.1. Aço Patinável

O aço patinável, conhecido pelas marcas Corten®, CorTen® ou Niocor®, é um aço que possui elementos anticorrosivos em sua composição química, apresentando uma resistência média três vezes maior que o aço comum. Ele forma uma camada de óxido de cor avermelhada quando exposto ao meio ambiente, e foi desenvolvido originalmente para a indústria ferroviária em virtude de ser mais leve na fabricação de vagões. Outro fator que ele possuía, é a sua resistência à corrosão, que era desconhecida até então, mesmo já sendo do conhecimento dos benefícios do cobre e do fósforo desde o final do século XIX em relação à corrosão atmosférica.

Uma de suas principais características do aço patinável, é que sob certas condições ambientais de exposição aos agentes corrosivos, este desenvolver uma película de óxido que é aderente e protetora, chamada de pátina, que atua reduzindo a velocidade do ataque dos agentes corrosivos presentes no meio ambiente.

Em seus primeiros anos de exposição à atmosfera, a perda de massa metálica por unidade de superfície cresce, devido a uma função potência do tipo  $\Delta m = kt^{1-n}$ , onde  $\Delta m$  é a perda de massa por unidade de superfície ( $mg/cm^2$ ), k e n são constantes e t é o tempo de exposição em meses.

A vantagem de dispensar a pintura em certos ambientes é melhor observada em ambientes extremamente agressivos, como regiões de orla marítima e também regiões que apresentam grande poluição de dióxido de enxofre superior a  $250\mu g/m^3$  e independente do aço empregado, o cálculo estrutural deve seguir as normas NBR 8800 (2008) e a NBR 14762 (2010), o Brasil não possui uma norma que trate especificamente de projeto que use aços patináveis e as normas de referência de qualidade e composição química são a norte-americana ASTM A242 (2018), ASTM A588 (2018) e as brasileiras NBR 5920 (2015) e NBR 5921 (2015).



A solda do aço patinável pode ser tanto manualmente quanto automaticamente e o padrão a ser seguido é o da norma ISO 630-5 (2014) e caso seja necessária a realização de tratamento térmico de alívio de tensões, o mesmo é realizado na faixa de temperaturas de cerca de 530 °C a 580 °C.

## 2.2. Aço Patinável Composição Química

O aço patinável é um aço carbono liga que em sua composição química tem Cu, P, Cr, Ni e Si e no máximo de 3% destes elementos de liga, por esse motivo a sua exposição à atmosfera, mesmo atmosfera agressiva por efeito de maresia ou poluição, ele desenvolver uma camada de óxidos que adere e protege a estrutura, assim retardando a sua corrosão.

A composição química de alguns destes aços patináveis, possibilitou a sua utilização para a construção do elevador, viadutos e mobiliário urbanos só é utilizado a família do ASTM a A242 (2018) e a A588 (2018), conforme Figura 6.

Figura 6 – Aço Patinável do Projeto do Elevado do VLT

Aço	C,%	Si,%	Mn,%	P,%	S,%	Cu,%	Cr,%	N,%	Obs.
ASTM A242	≤ 0,15	-	≤ 1,00	≤ 0,15	≤ 0,05	> 0,20	-	-	-
ASTM A588 A	≤ 0,19	0,30-0,85	0,80-1,25	≤ 0,04	≤ 0,05	0,25-0,40	0,40-0,85	≤ 0,4	V 0,02-0,10
ASTM A588 B	≤ 0,20	0,15-0,50	0,75-1,35	≤ 0,04	≤ 0,05	0,20-0,40	0,40-0,70	≤ 0,5	V 0,01-0,10
ASTM A588 C	≤ 0,15	0,15-0,40	0,80-1,35	≤ 0,04	≤ 0,05	0,25-0,40	0,20-0,50	0,25-0,50	V 0,01-0,10

Fonte: Gerdau (2019)

A adição de Cu, Cr, Ni, P em ensaio demonstrou os efeitos desses elementos de liga no aço e que estes aumentavam em três vezes a resistência a corrosão atmosférica do aço com 0,3% Cu, 0,9% P, 0,5% Cr, em ensaio posterior com Cu, Cr, Ni, P, Al e Mo mostrou maior resistência à corrosão atmosférica, este ensaio realizado nos Estados Unidos da América, no Reino Unido e na Alemanha, ele é baseado pela medida da redução da espessura da chapa de aço em ambos os lados que ocorre num determinado intervalo de tempo específico de exposição à atmosfera.

A composição química dos primeiros aços patináveis eram Fe-Cu-Cr-P e a composição atual dos aços patináveis são Fe-Cu-Cr-Ni-P.

Um exemplo é o aço patinável B com  $P \leq 0,04\%$ , quando comparado com  $0,07\%$  a  $0,15\%$  de P em relação ao aço patinável A, esta composição química evitar o surgimento de trincas no processo de soldagem de chapas com espessura superior a 37 mm.

O Ni é para diminuir fragilização a quente e melhorar a resistência à corrosão em ambientes sujeitos à deposição de cloretos.

O aço patinável não necessita de pintura, quando feita é por estética da obra, em 1963 o edifício sede da *John Deere and Co.*, em Moline, Illinois, o aço patinável se tornou comum em obras civil, o *Chicago Civic Center*, em torre de transmissão de energia e ponte ferroviárias e não só ferroviárias, monumentos, em obras artísticas e entre outros usos.

Elementos de liga do aço patinável é dividido em três:

- Formação de uma camada de pátina protetora
- Aprimoramento das propriedades e qualidades mecânicas e tenacidade do aço
- Aprimoramento das propriedades e qualidades de soldabilidade do aço.

A qualidade e quantidade da camada de pátina formada sobre o aço depende do crescimento contínuo de uma camada interna, densa, aderente e de baixa porosidade de óxidos complexos, que analisado estatisticamente os dados de ensaios de longa exposição de aços em diferentes atmosferas demonstra que a cinética de corrosão obedece à equação,  $C = A \cdot t \cdot B$ , onde C é a perda causada pela corrosão, t é o tempo, e A e B, são constantes, esta equação é apresentada como  $\log C = \log A + B \cdot \log t$ .

### 2.3. Dormente de madeira

Segundo DNIT (2016):

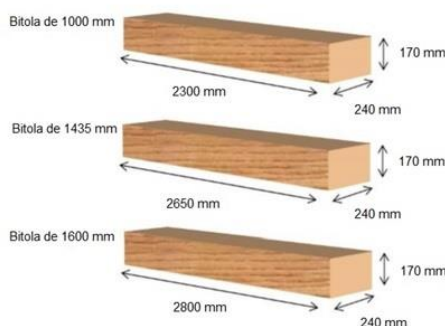
Os dormentes são componentes transversais à via e perpendiculares aos trilhos cuja a principais funções são:

- Garantir suporte adequado e seguro dos trilhos
- Manter a bitola e a estabilidade vertical, lateral e longitudinal da via
- Transmitir as cargas provenientes dos trilhos o mais uniforme possível ao lastro
- Amortecer as vibrações

O material utilizado para esse projeto é a madeira, pois resistem as solicitações mecânicas e condições ambientais da via, conforme Figura 7.



Figura 7 – Dormentes e Padronização



Fonte: Os Autores

- A relação custo benefício é bem maior que o oferecido pelos dormentes produzidos com outros materiais, é a opção mais econômica e rentável do mercado.
- A vida útil do dormente de madeira produzido de acordo com a NBR 7511, é em média 15 anos e ainda possui uma vida útil prolongada com manutenções preventivas.
- O dormente de madeira é mais prático manuseio, mais leves e por isso permite mais agilidade na execução em serviço de manutenção na via ferria.
- A madeira tem melhor resistência específica e permite maior absorção de impactos. Isso garante maior durabilidade e segurança em sua ferrovia.
- O dormente de madeira requer menor cuidado na conservação ao longo da vida útil, repercutindo em menor custo na manutenção.

## 2.4. Viga I

A viga I é o elemento estrutural sujeito a cargas transversais, conforme Figura 8, e é usada no sistema do leito ferroviário para transferir os esforços verticais recebidos para os pilares ou para transmitir a carga estrutural concentrada, quando o pilar é o apoio, no projeto ela é constituída de aço carbono patinável e esta está sujeita a esforço de flexão, esforço transversal e torção, simultaneamente ou isoladamente.

Figura 8 – Modelo de Viga I do Viaduto do VLT

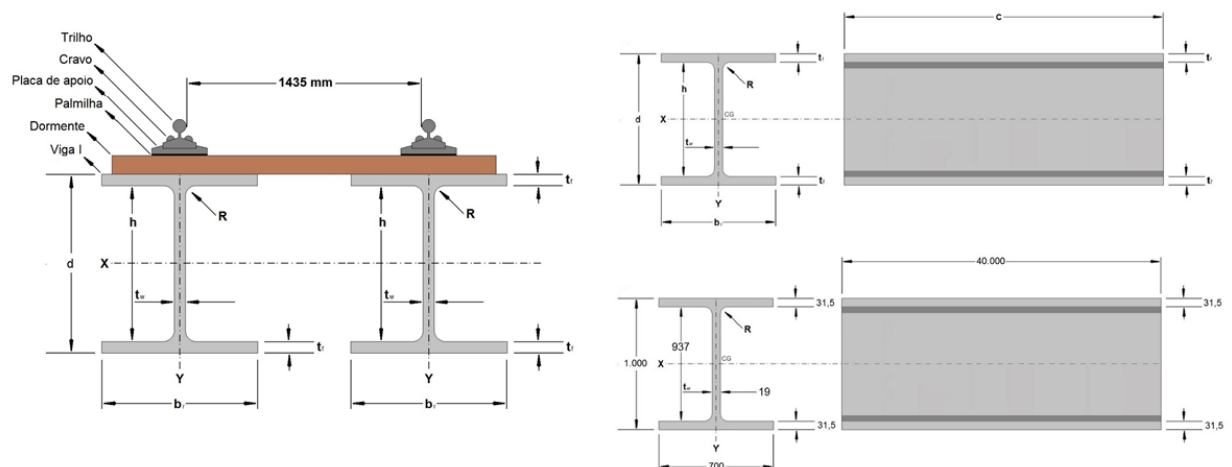


Fonte: FAM (2019)

Estruturalmente a viga I, tabela 1, faz parte de um conjunto de elementos que recebe esforços ativos e reativos, formando um sistema em equilíbrio, fisicamente a estrutura recebe os esforços que agem e os transmitem para os vínculos da estrutura do elevador, pois recebe carregamentos do próprio peso, do VLT e etc. e os transmite aos apoios.

O leito do VLT é construído em pórticos metálicos e por duas vigas I, cujas especificações podem ser vistas no Anexo A, onde a fixação anterior não permite nenhum grau de liberdade e a posterior só permite um grau de liberdade por deslocamento axial no eixo X, a via é montada com dormente de madeira e segue todas as especificações e normas técnicas da via de superfície, conforme Figura 9, a estação multimodal de São Cristóvão e o terminal urbano tem sua reforma também em aço patinável, mas esse com pintura e motivo de estética e a sua escolha se deu ao fato de a construção ser mais rápida e o custo da obra ser menor por, conforme foi citado anteriormente essa obra tem o lado da mobilidade urbana e outro da mobilidade humana, como na visão atual da Engenharia.

Figura 9 – Leito VLT



Fonte: Os Autores

## 2.5. Projeto e Maquete

A maquete do projeto foi montada em compensado de 6 mm e 10 mm e tendo acrílico alveolar como comprimento representado os vidros do projeto, a escala é de redução 1: 20, sendo que as vigas estão truncadas a metade na extremidade do mezanino da estação e na extremidade da plataforma em um quarto, pois caso fosse seguir a escala de redução os dois vãos teriam juntos quatro metros.

Foi utilizado um código de cores no projeto definindo o aço patinável sem pintura com a cor vermelha, o aço patinável com pintura com a cor branca, o concreto com a cor cinza e o vidro com o acrílico alveolar transparente.

- A estrutura em aço patinável sem pintura que ficou com a cor vermelha, conforme Figura 10, representa a estrutura do viaduto com os pórticos e suas vigas do projeto do elevado do leito ferroviário do VLT.

Figura 10 – Pórtico e Viga da Maquete



Fonte: Os Autores

- A estrutura em aço patinável com pintura que ficou com a cor branca, conforme Figura 11, representa a estrutura da estação do VLT do projeto e a pintura é pelo fator estético do projeto da estação do VLT.
- A estrutura em concreto armado que ficou com a cor cinza, conforme Figura 11, representa a estrutura de concreto do projeto da estação do VLT.
- A estrutura em vidro que ficou com em acrílico alveolar transparente, conforme Figura 11, representa a estrutura de vidro do projeto da estação do VLT.

Figura 11 – Estação em Aço Patinável Pintado e Concreto



Fonte: Os Autores

Cada uma das vias férreas do VLT corre sobre duas vigas, sendo que estas estão apoiadas em dois pórticos, o anterior não tem deslocamento no eixo X e Y e nem momento torço, mas o pórtico posterior permitido o movimento no eixo X, pois o leito do VLT é montado sobre as duas vigas e não é preso a estas, tendo balizadores laterais de tempo em tempo na via para mante a sua linearidade e permiti o deslocamento somente no eixo X.

O conjunto estação e leito ferroviário são independente, não existe ligação física entre os dois, pois a construção da estação e do elevador ferroviário formam um conjunto único vista como um todo seguindo o princípio das estações elevadas da linha dois do metrô do rio de Janeiro, conforme Figura 12.

Figura 12 – Maquete do Projeto

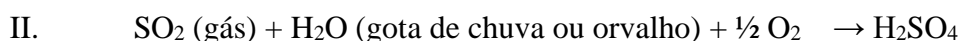
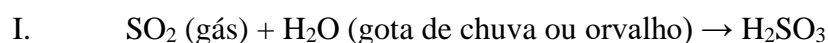


Fonte: Os Autores

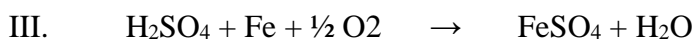
## 2.6. Índice Meteorológico de Pluviosidade e temperatura

O índice de pluviosidade e concentração de poluentes no ar tem uma grande influência na perda de massa e corrosão do aço patinável, em uma atmosfera rica em dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), sais marinhos e a poeira, estes quando depositado sobre a superfície do aço patinável é um ponto problemático ao sistema.

A corrosão causada pelos cloretos, presentes nas regiões marítimas e pelo SO<sub>2</sub>, proveniente de combustíveis fósseis, o SO<sub>2</sub> é o responsável pelas chuvas ácidas, que reagindo com a água, formam o ácido sulfuroso (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) e ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), em contato com a água, o oxigênio como os íons ferrosos dão as seguintes reações:



A reação do ácido sulfúrico com o aço carbono resulta em sulfato ferroso, promovendo a dissolução do ferro:

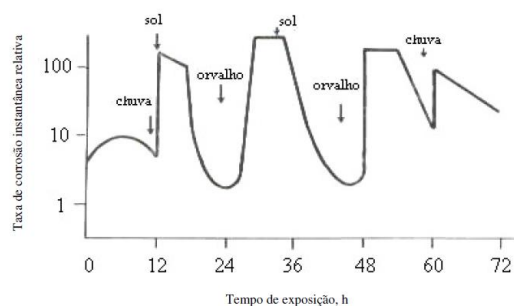


É importante ressaltar também a importância da precipitação pluviométrica, que pode tanto reduzir a taxa de corrosão ao remover poluentes da superfície metálica como pode contribuir para elevar a taxa de corrosão formando um filme de líquido sobre a superfície que transportando assim íons com o SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e H<sup>+</sup>

A umidade relativa do ar, juntamente com a frequência de chuvas, o orvalho e a temperatura do ar e da superfície do metal, formam o parâmetro tempo de molhamento, que é utilizado em modelos para relacionar a taxa de corrosão com o ambiente, este parâmetro tem a duração de tempo na qual a superfície do metal é coberta por um filme de água que possibilita a corrosão atmosférica, baseando em parâmetros de meteorológicos de temperatura e umidade relativa, temos a umidade relativa superior a 80% e a temperatura superior a 0°C como referência usados neste cálculo.

O aumento no tempo de molhamento proporciona o aumento da taxa de corrosão, conforme o gráfico abaixo, onde a taxa de corrosão instantânea é plotada em função do tempo de exposição sujeito às condições climáticas variadas. Observa-se que as taxas de corrosão mais elevadas ocorrem para períodos em que a superfície do aço é molhada seja por chuva ou por orvalho, enquanto os valores mais reduzidos ocorrem para períodos os quais a incidência solar é predominante maior, conforme Figura 13.

Figura 13 – Índice de Corrosão do Aço Patinável



Fonte: Adaptado de Kucera & Mattson (1987)

Quando o aço fica exposto a períodos curtos de molhamento seguidos de longos períodos em que sua superfície permanece seca, normalmente proporcionam a formação de camadas de óxidos mais protetoras.

Este trabalho não visa se aprofundar na questão de taxa de corrosão, pluviosidade e outros fatores que irão influir na perda de massa do aço, indicando apenas de modo superficial alguns de seus aspectos.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta apresentada demonstra uma rota que foi pensada e estudada afim de proporcionar uma considerável melhora na mobilidade urbana e nos arredores da via exposta, fazendo-a ser uma opção viável, transformando a estação de São Cristóvão em uma estação multimodal uma vez que a mesma poderá ser feita a integração de diversas modalidades de transporte como os trens da Flumitrens, Metrô e com os ônibus que circulam pela região.

O aço patinável por sua vez mostra uma grande versatilidade por possuir propriedades mecânicas melhores em relação aos aços mais comumente utilizados na construção de viadutos e por dispensar a necessidade de uma proteção como a pintura contra a corrosão atmosférica devido suas características que criam uma camada protetora que como exposto resiste facilmente a concentração de dióxido de enxofre que se encontra na região metropolitana do Rio de Janeiro, fazendo com que custos de manutenção sejam reduzidos em relação aos demais aços quando utilizamos o aço patinável, justificando-o assim como melhor escolha para construção da via elevada proposta.

## REFERÊNCIAS

—. ASTM A242 / A242M-13(2018), Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018.

—. ASTM A588: *weathering steel. in: Atmospheric Corrosion. West Conshohocken, PA 2018*

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. PIM - Procedimento de inspeção de material dormente de madeira para via férrea, disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/download/consultas-publicas/ferroviario/pim/14-pim-dormente-de-madeira.pdf>> Acesso em: 22 nov. 2019

FAM – CONSTRUÇÕES METÁLICAS PESADAS. Ponte Metálica do Viaduto M. Dias Branco- Fortaleza/CE, disponível em: <<https://www.famsteel.com.br/obra/ponte-metalica-do-viaduto-m-dias-branco-fortalezace/>> Acesso em: 22 nov. 2019

GERDAU. Artigo Aços Patináveis, disponível em: <<https://www.gerdau.com/br/pt/productservices/products/Document%20Gallery/artigo-acos-patinaveis.pdf>> Acesso em: 22 nov. 2019

INEA – Instituto Estadual do Ambiente. Relatório da qualidade do ar do Estado do Rio de Janeiro – Ano Base 2015, disponível em: < [http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/RQAr\\_2015.pdf](http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/RQAr_2015.pdf)> Acesso em: 22 nov. 2019

—. ISO 630-5:2014: *Structural steels — Part 5: Technical delivery conditions for structural steels with improved atmospheric corrosion resistance*. Ed.1, p.18. 2014

KUCERA, V.; MATTSON, E. Atmospheric corrosion, Corrosion mechanics. F. Mansfeld, Ed., Marcel Dekker. Inc., New York, NY, 1987.

—. NBR 5920: Bobinas e chapas finas laminadas a frio, de aços de baixa liga e alta resistência, resistentes à corrosão atmosférica, para uso estrutural — Requisitos e ensaios. Rio de Janeiro 2015

—. NBR 5921 Bobinas e chapas finas a laminadas a quente de aço de baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica, para uso estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro 2015



—. NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro 2008

—. NBR 14762: Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio. Rio de Janeiro 2010

NEVES, Ernesto. Veja como vai ficar a Leopoldina após a reforma, disponível em: <<https://vejario.abril.com.br/cidades/reforma-estacao-leopoldina/>> Acesso em: 22 nov. 2019

PRADO TRENDS. O Trem Ligeiro – *Light Rail*, disponível em: <<https://www.pradotrens.com.br/o-trem-ligeiro-light-rail/>> Acesso em: 29 nov. 2019

TRINDADE, Fabio. Concessionária do vlt pede suspensão do contrato de operação, disponível em: <<http://www.parceirosdotransporte.com.br/concessionaria-do-vlt-pede-suspensao-do-contrato-de-operacao/>> Acesso em: 28 nov.2019

VEJA. Veja como vai ficar a Leopoldina após a reforma. Disponível em: <<https://vejario.abril.com.br/cidade/reforma-estacao-leopoldina>>. Acesso em: 16 mai. 2020.

VLT RIO. Mapa de Rede. Disponível em: <<https://www.vltrio.com.br/#/mapa-rede>> Acesso em: 20 mai. 2020.

CUNHA, Carlos Elson. Tabela Viga I. Disponível em: <<https://www.slideshare.net/mackenzista2/tabela-perfis>> Acesso em: 16 mai. 2020

# ANEXO A – Tabela de Viga I

DESIGNAÇÃO Altura x massa [mm x kg/m]	Massa Linear [Kg/m]	Área A [cm <sup>2</sup> ]	DIMENSÕES					EIXO X - X				EIXO Y - Y				Propried. torção		Esbeltez local			f <sub>y</sub> =25kN/cm <sup>2</sup>	f <sub>y</sub> =30kN/cm <sup>2</sup>
			d [mm]	t <sub>w</sub> [mm]	h [mm]	t <sub>f</sub> [mm]	b <sub>r</sub> mm	I <sub>x</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>x</sub> [cm <sup>3</sup> ]	r <sub>x</sub> [cm]	Z <sub>x</sub> [cm <sup>3</sup> ]	I <sub>y</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	r <sub>y</sub> [cm]	Z <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	I <sub>t</sub> [cm <sup>4</sup> ]	C <sub>w</sub> [cm <sup>6</sup> ]	h/t <sub>w</sub> [-]	b/2t <sub>f</sub> [-]	r <sub>t</sub> [cm]		
700 x 327	327,3	416,9	700	16	637	31,5	500	386651	11047	30,45	12152	65647	2626	12,55	3978	1133,1	73318260	40	7,9	13,71	164	137
700 x 342	342,3	436	700	19	637	31,5	500	393113	11232	30,03	12456	65661	2626	12,27	3995	1194,7	73318260	34	7,9	13,59	168	140
750 x 284	284,2	362	750	16	700	25	500	374379	9983	32,16	11023	52107	2084	12	3170	619,8	68440755	44	10	13,46	147	122
750 x 301	300,7	383	750	19	700	25	500	382954	10212	31,62	11390	52123	2085	11,67	3188	686,6	68440755	37	10	13,3	151	126
750 x 334	333,5	424,9	750	16	687	31,5	500	450034	12001	32,54	13204	65648	2626	12,43	3981	1140	84695994	43	7,9	13,66	158	132
750 x 350	349,7	445,5	750	19	687	31,5	500	458140	12217	32,07	13558	65664	2627	12,14	4000	1206,1	84695994	36	7,9	13,53	162	135
800 x 288	288,3	367,2	800	16	755	22,4	550	431525	10788	34,28	11860	62139	2260	13,01	3436	518,3	93893894	47	12,3	14,72	140	117
800 x 310	310,1	395	800	16	750	25	550	469323	11733	34,47	12906	69349	2522	13,25	3829	678,7	104092692	47	11	14,84	143	119
800 x 328	327,7	417,5	800	19	750	25	550	479870	11997	33,9	13328	69366	2522	12,89	3849	750,1	104092692	39	11	14,66	147	122
800 x 365	364,6	464,4	800	16	737	31,5	550	565262	14132	34,89	15487	87372	3177	13,72	4812	1251	128965969	46	8,7	15,05	152	127
800 x 382	381,9	486,5	800	19	737	31,5	550	575270	14382	34,39	15894	87389	3178	13,4	4831	1321,8	128965969	39	8,7	14,91	156	130
850 x 336	336	428	850	16	800	25	600	578892	13621	36,78	14935	90027	3001	14,5	4551	737,6	153140625	50	12	16,21	140	116
850 x 355	354,8	452	850	19	800	25	600	591692	13922	36,18	15415	90046	3002	14,11	4572	813,6	153140625	42	12	16,02	144	120
850 x 396	395,6	503,9	850	16	787	31,5	600	698400	16433	37,23	17947	113427	3781	15	5720	1362	189928628	49	9,5	16,43	148	123
850 x 414	414,1	527,5	850	19	787	31,5	600	710587	16720	36,7	18412	113445	3782	14,66	5741	1437,4	189928628	41	9,5	16,28	151	126
900 x 342	342,3	436	900	16	850	25	600	656258	14584	38,8	16015	90029	3001	14,37	4554	744,5	172265625	53	12	16,14	138	118
900 x 362	362,3	461,5	900	19	850	25	600	671611	14925	38,15	16557	90049	3002	13,97	4577	825,1	172265625	45	12	15,95	142	120
900 x 402	401,8	511,9	900	16	837	31,5	600	791302	17584	39,32	19217	113429	3781	14,89	5724	1368,8	213841853	52	9,5	16,38	145	121
900 x 422	421,5	537	900	19	837	31,5	600	805962	17910	38,74	19742	113448	3782	14,53	5746	1448,8	213841853	44	9,5	16,22	148	124
950 x 368	368,2	469	950	16	900	25	650	792565	16686	41,11	18271	114458	3522	15,62	5339	803,4	244766683	56	13	17,52	136	113
950 x 389	389,4	496	950	19	900	25	650	810790	17069	40,43	18879	114479	3522	15,19	5362	888,6	244766683	47	13	17,31	139	116
950 x 433	432,8	551,4	950	16	887	31,5	650	957066	20149	41,66	21953	144208	4437	16,17	6711	1479,8	304086894	55	10,3	17,77	142	118
950 x 454	453,7	578	950	19	887	31,5	650	974513	20516	41,06	22543	144229	4438	15,8	6734	1564,4	304086894	47	10,3	17,6	145	121
1000 x 394	394,1	502	1000	16	950	25	700	946296	18926	43,42	20673	142949	4084	16,87	6186	862,3	339650391	59	14	18,89	134	112
1000 x 416	416,4	530,5	1000	19	950	25	700	967730	19355	42,71	21349	142971	4085	16,42	6211	952,1	339650391	50	14	18,67	137	114
1000 x 464	463,9	590,9	1000	16	937	31,5	700	1E+06	22884	44	24867	180107	5146	17,46	7777	1590,8	422272386	59	11,1	19,15	139	116
1000 x 486	485,9	619	1000	19	937	31,5	700	1E+06	23295	43,38	25526	180129	5147	17,06	7802	1680	422272386	49	11,1	18,97	142	118

Fonte: Slideshare,16/05/2020