



**XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica
SENDI 2012 - 22 a 26 de outubro
Rio de Janeiro - RJ - Brasil**

ISMAR ESAÚ DOS SANTOS
Seccional Brasil S.A
ismar@seccional.com.br

Estruturas monotulares para linhas de transmissão em áreas urbanas, alternativa de baixo impacto ambiental e logística simplificada

Palavras-chave

Construção

Estrutura Metálica

Estrutura Monotubular

Linha de Transmissão

Resumo

O trabalho apresenta uma visão do emprego de Estruturas Metálicas Monotubulares em linhas de transmissão urbanas, uma solução cada vez mais empregada para viabilizar a construção de linhas de transmissão em espaços reduzidos dos núcleos urbanos, com baixo impacto ambiental e logística de instalação simplificada. São abordados aspectos de projeto, montagem, vantagens do emprego desse tipo de estrutura em áreas com grande urbanização, comparativamente às outras alternativas convencionais.

1. Introdução

O crescimento da renda e introdução no mercado de novos produtos elétricos e eletrônicos tem acarretado aumento do consumo de energia elétrica nos centros já urbanizados requerendo com frequência a ampliação dos sistemas de distribuição e a construção de novas subestações e novas linhas para alimentar essas subestações. Com grande frequência, essas áreas não comportam mais a implantação das faixas de passagem como se fazia antigamente, seja pelo alto custo das desapropriações, seja pela restrição das administrações municipais, órgãos ambientais e da própria população que, não raramente, fazem reivindicações para instalação de linhas subterrâneas, sem ter conhecimento do alto custo desse tipo de instalação e o impacto na tarifa paga pelos consumidores.

Como forma de contornar a situação, os projetos de linhas urbanas recentes preterem o uso de torres treliçadas, que exigem grandes áreas e faixas par instalação, optando pelo uso de postes de concreto e utilização de canteiros centrais de avenidas e mesmo calçadas para implantação das linhas de transmissão.

Comumente essas linhas se confundem com as redes de distribuição e causam menor impacto visual, visto que os cidadãos já convivem com esse tipo de instalação desde que nascem.

As estruturas de concreto no entanto tem suas limitações sendo seu uso mais frequente em alturas até 25 m, podendo em alguns casos ultrapassar 30 m de altura, porém requerendo logística um tanto complexa para se levar os postes em grandes carretas até o local de instalação e também guindastes de grande porte para içar esses postes que se tornam pesados para os carregamentos mecânicos requeridos.

As estruturas monotubulares de aço servem como alternativa para esses casos, por serem fabricadas em módulos de pequeno comprimento (6m ou menos), podendo ser levadas até os locais de instalação em veículos de médio porte, tais como caminhões guindauto, sendo fáceis de montar, havendo a possibilidade de encaixar os módulos na vertical com auxílio de um guindaste ou mesmo em montagem manual com mastro auxiliar de montagem (Pau de Carga).

2. Desenvolvimento

Características da Estruturas Metálicas Monotubulares

As estruturas monotubulares são fabricadas a partir de chapas de aço dobradas formando duas calhas que depois são soldadas formando seções em formato de tubo poligonal cônico. Essas seções podem ser unidas através de flanges porém o mais usual é o encaixe das peças por justaposição (“slip joint”), aplicando-se um esforço de compressão até o encaixe final.

As seções podem ser fabricadas com comprimento até 12m porém o usual é limitar seu comprimento a 6m de forma a facilitar o transporte e manuseio bem como o processo de galvanização. No transporte, as seções de menor diâmetro são colocadas no interior das de maior diâmetro, reduzindo o volume total a transportar.

Para redução do peso, um dos fabricantes utiliza somente aços patináveis de resistência ao escoamento superior a 375 Mpa (38,2 kgf/cm²), ou seja, superiores aos aços A36 e A572 utilizados em estruturas treliçadas, requerendo menor espessura e conseqüentemente, menor peso para o mesmo carregamento mecânico. O uso de aço patinável é uma característica que deve ser perseguida pois assegura resistência a corrosão visto que os tubos só podem ser pintados por dentro na fase de fabricação, tornando impraticável essa atividade após montados. Na fabricação são usados aços resistentes à corrosão de diversos fabricantes nacionais, tais como Cosipa, Usiminas e CSN.

O topo e as extremidades dos braços (mísulas) são fechados para não se tornarem ambientes propícios para pássaros, abelhas e outros insetos, que poderiam se constituir em problemas futuros tanto para a operação quanto para a manutenção das instalações.

Aço Especial Patinável

Os aços patináveis, ou aclimáveis, apresentam como principal característica a resistência à corrosão atmosférica, muito superior à do aço carbono convencional, obtida pela adição de elementos de liga como: níquel, cobre, cromo, fósforo, silício, titânio, nióbio, etc. Quando exposto ao clima (daí o nome aclimáveis), desenvolvem em sua superfície uma camada de óxido compacta e aderente denominada pátina (daí o nome patináveis) que funciona como uma barreira de proteção contra o prosseguimento do processo corrosivo, possibilitando, assim, a utilização desses aços mesmo sem qualquer revestimento.

Entretanto, por questões estéticas e para manter o mesmo potencial galvânico em todas as peças metálicas, no Brasil as estruturas de aço patinável são 100% galvanizadas.

Quando a galvanização é utilizada sobre o aço patinável, este sistema é conhecido como “Duplex”. O efeito

sinérgico da deposição da camada de zinco sobre o aço patinável oferece uma expectativa de vida útil ainda maior que a soma das expectativas dos dois sistemas, propiciando a maior garantido mercado!

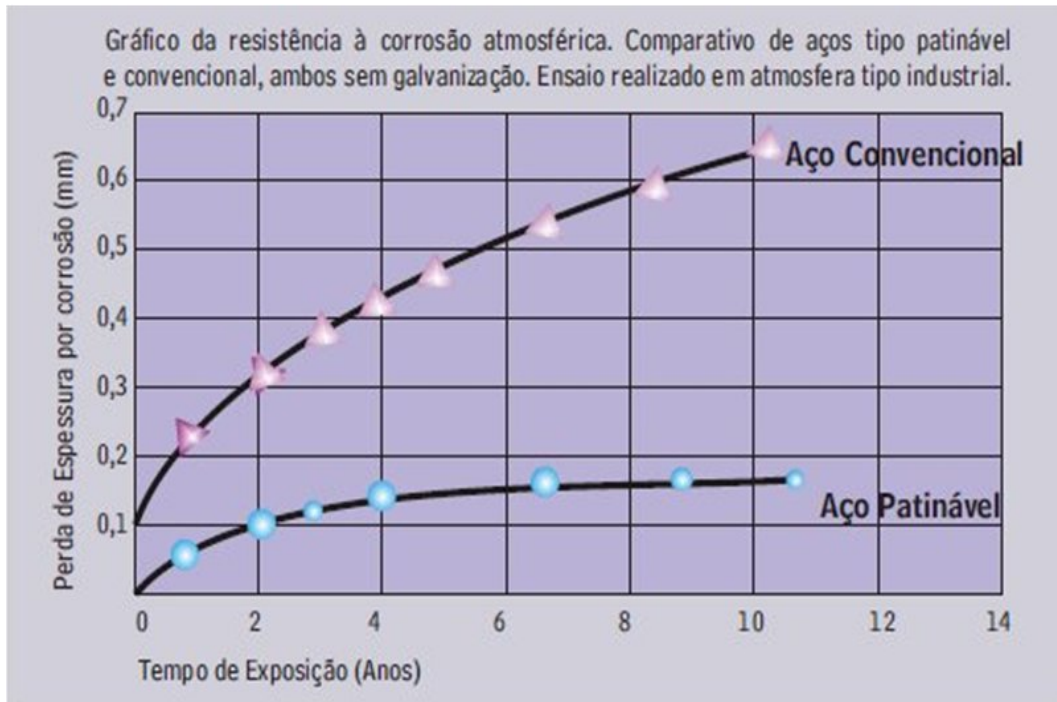


Fig 1 – Resistência a corrosão atmosférica, aço patinavel x aço comum

Vantagens do emprego de Estruturas Metálicas Monotubulares em Linhas de Transmissão.

As estruturas metálicas monotubulares apresentam uma série de vantagens de ordem técnicas e impacto ambiental, quando utilizadas em linhas aéreas de transmissão em áreas urbanas, comparando com o uso de estruturas metálicas convencionais treliçadas ou com estruturas de concreto, como segue:

- Requerem pouco terreno para sua instalação, de forma análoga aos postes de concreto, podendo ser montadas inclusive em calçadas, o que não ocorre para as estruturas treliçadas.
- O aspecto esbelto causa baixo impacto visual, de forma análoga aos postes de concreto, facilitando a sua assimilação pela comunidade, o que não ocorre para as estruturas treliçadas.
- Por serem fornecidas em módulos requerem veículos pequenos para transporte, mesmo para torres de grande porte e altura, contrastando com os postes de concreto que exigem veículos pesados, batedores e licenças especiais para trafegar.
- A logística para montagem é simplificada, exigindo poucos equipamentos, podendo ser montada no solo e içada de uma só vez ou montada módulo a módulo na posição vertical, com uso de andaime ou pau de carga.

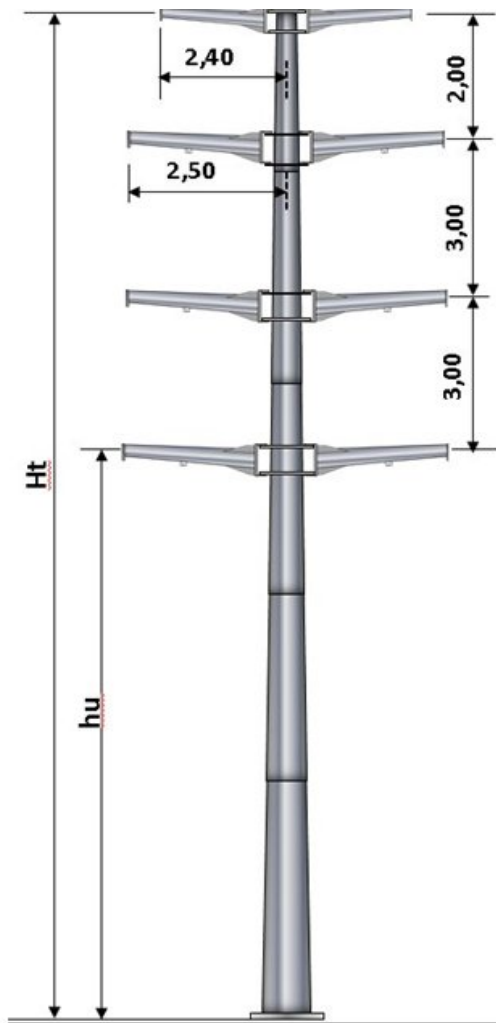
- Por serem muito mais leves que as estruturas de concreto exigem guindastes mais leves quando se faz o içamento total mecanizado.
- Os Postes tubulares podem ser reforçados posteriormente com a adição de concreto no seu interior ou ainda com a adição de calhas externas aparafusadas podendo aumentar sua resistência em até 50% nos casos em que haja folga de dimensionamento das fundações.
- Os pontos de conexão de cadeias são fornecidos com olhais em chapas soldadas, dispensando o uso de parafusos e ferragens especiais normalmente utilizados em postes de concreto.
- Por serem inteiramente metálicas, as estruturas monotubulares dispensam cabos de descida para aterramento, sendo previsto um olhal na seção inferior logo acima do afloramento para conexão cabo de aterramento.
- Por permitirem engate do cabo para-raios no topo as estruturas monotubulares proporcionam melhor aproveitamento da altura em relação às de concreto
- Os suportes para isoladores poliméricos tipo “Line Post” são fornecidos soldados ao poste dispensando a aquisição de suportes especiais e parafusos dos fabricantes de isoladores.
- Admitem uma maior variedade de fundações, podendo ser engastadas no solo ou em caixas de concreto, como as estruturas de concreto, ou fixadas através de chumbadores em tubulões ou blocos de concreto sobre estacas.



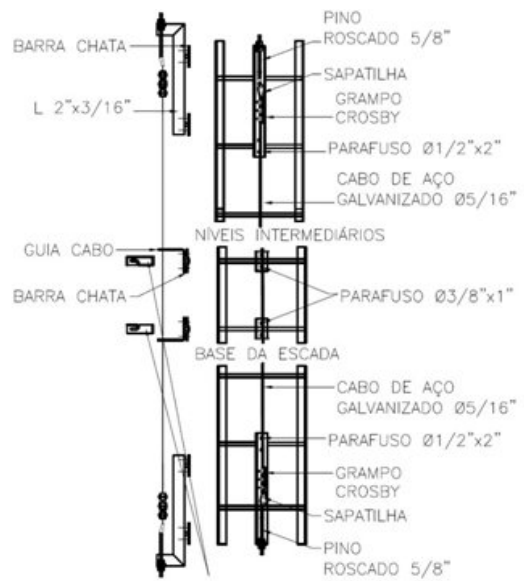
Fig. 2 - Torre Monotubular em Linha de 138 kV instalada em espaço estreito ao lado da Avenida Marginal Tietê, em São Paulo



Fig. 3- Torre Monotubular em Linha de 230 kV instalada em canteiro central de Avenida - Goiânia - GO

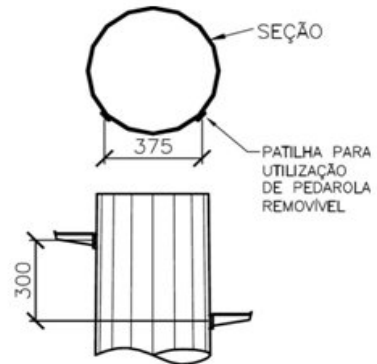


**Silhueta típica – Estrutura Monotubular
Circuito Duplo - 138 kV**



OBS.: A INSTALAÇÃO DAS GUIAS DE CABO DEVEM SER INSTALADAS INVERTIDAS (CONFORME DESENHO)

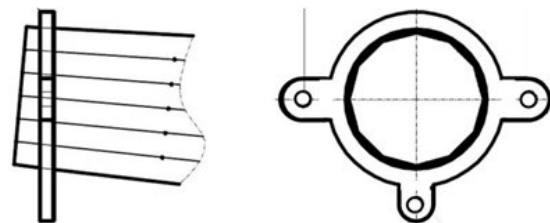
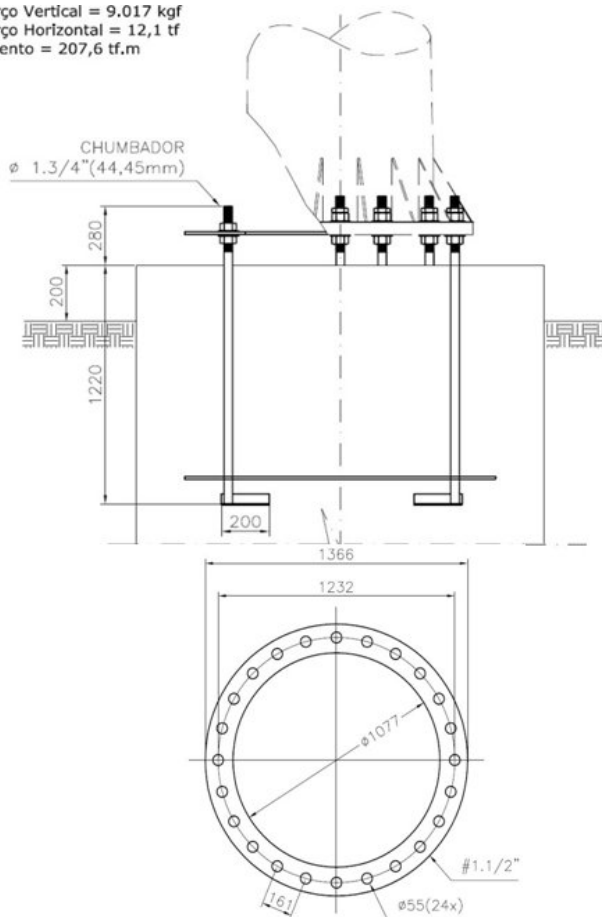
Detalhe da escada e cabo de segurança



**Detalhe das Pedarolas, utilizadas em
postes estreitos, substituindo a escada.**

Fig 4 – Silhueta Típica e detalhes do sistema de escalada

- Esforço Vertical = 9.017 kgf
- Esforço Horizontal = 12,1 tf
- Momento = 207,6 tf.m



Detalhe das extremidades da mísulas das fases



Detalhe da extremidade da mísula do para-raios

**Fundação Típica – Estr Monotubular
Circ Duplo – Ancoragem – 138 kV**

Fig 5 – Detalhes de fundações e mísulas

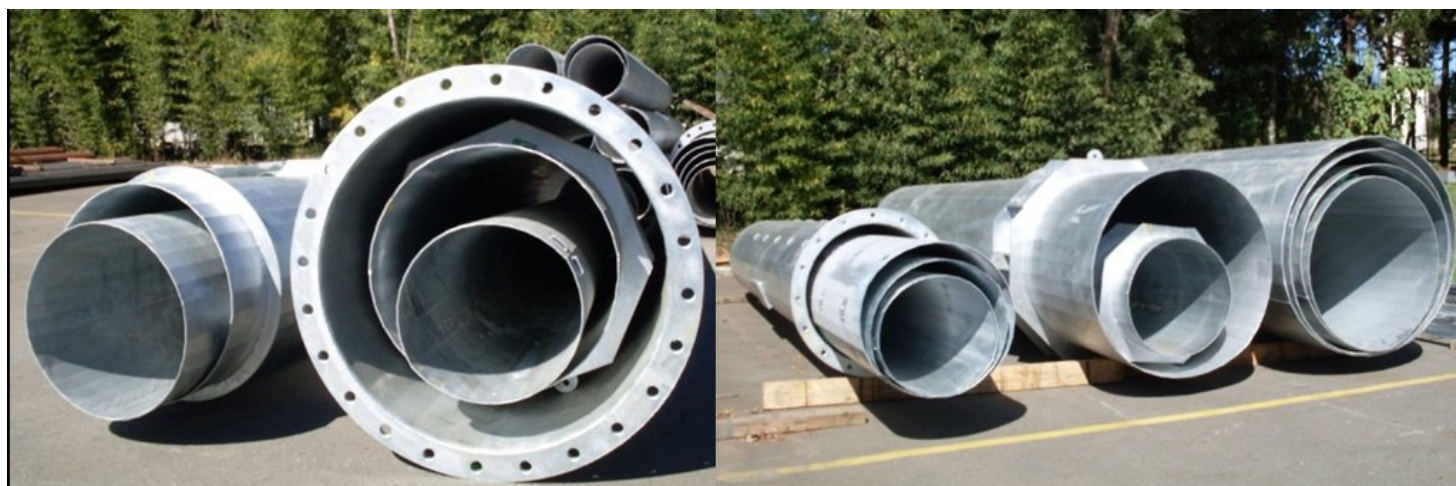


Fig 6. – Posição de embarque - seções menores inseridas nas maiores, reduzindo o volume para transporte

3. Conclusões

O uso de estruturas metálicas tubulares é uma tendência para novas instalações de linhas de transmissão compactas em centros urbanos pela grande vantagem técnica que apresenta em relação as estruturas de concreto e metálicas treliçadas

O uso tímido até o momento deve-se em parte ao desconhecimento do produto e em parte ao custo de aquisição quem em alguns casos é superior aos similares porém o que deve ser analisado é o custo global pois os custos de intalação são menores e a vida útil é bem maior, considerando que são fabricadas em aço especial patinável que dispensa tratamento anticorrosivo.

A questão do impacto visual menos agressivo é uma características que deve ser realçada para aceitação da população. Outra característica é permitir uma maior variedade de silhuetas podendo inclusive servir para compor projetos arquitetônicos e artísticos.

4. Referências bibliográficas

[1] IEC-60826/2003 – Desingn Criteria of Overhead Transmission Lines

[2] NBR-5422/1985 – Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica