

## WAM Soluções

### Programas para Projeto Eletromecânico de Energia Elétrica

### Programa CatlocVBA



#### **Soluções criadas para agilizar tarefas do dia-a-dia!**

Na WAM, acreditamos que softwares para linhas de transmissão de energia são fundamentais para automatizar os processos, não apenas por facilitar a execução dos serviços no dia a dia da empresa, mas porque garante um diferencial de extrema qualidade na execução dos serviços!

Nossas soluções contribuem para a prática de gestão de processos, cada vez mais presente na busca por maior eficiência nas atividades executadas nas empresas.

## PROJETO ELETROMECHANICO – PLOTAÇÃO DO PERFIL E PLANTA (CatlocVBA)

CatLocVBA-PLUS - Plotação do Perfil & Planta M

Plotação | Trações | Cabo | Estrut / Textos / Cores | DesPerfil | Aerodromo

Dados da Catenaria

Tração Horiz. (kgf) sem vento: 999,374 Inicial

Peso Cabo (kg/m): 0,689

Distancia Cabo Solo (m): 7,0

Distancia Cabo Mata (m): 4,34

Traçado da Catenaria

Numero de Vãos: 1

Catenaria na relação de escalas: 10x vertical e 1x horizontal:  VM/VG

Dados do Projeto

Projeto: Padrao Alterar

Cabo: CAA 170,5mm2 - "LINNET" Alterar

Critério: Critério Alterar

Edição

Tramo Ativo

Carregar Edição

NovoTramo AutoTramo

DesCoord Vão

Seleção

Distância

wamsolucoes.com.br

© Washington de Araujo Melo (031) 98468-9167 - 04.07.2022

Registrado para: WAM

### APRESENTAÇÃO

O programa CatlocVBA foi desenvolvido para a locação dos perfis e plantas compactos, usando os cálculos de tensões e flechas dos cabos, entrando-se com as cargas limites admissíveis, onde os valores são digitados de acordo com um percentual em relação a carga de ruptura dos cabos, e pressões de vento máximo e reduzido.

Assim para cada trecho devemos criar um critério de locação, usando as condições regentes para os cálculos mecânicos dos condutores.

Com esses critérios devidamente preenchidos, usamos o programa para fazer a locação, tramo a tramo, onde inserimos graficamente as estruturas no perfil e planta, que representa a topografia do terreno, atravessado pela linha de transmissão.

## Sumário

Sumário.....	3
1. Introdução.....	5
2. Condutores e Para-raios .....	5
2.1 Condutores de Fase .....	5
2.2 Cabos Para-raios .....	6
3. Dados para o Cálculo Mecânico dos Cabos.....	7
3.1 Levantamento Topográfico .....	7
3.2 Equação da Catenária .....	7
3.3 Condições de contorno (Cargas Limites Admissíveis).....	8
3.3.1 Vão Básico .....	8
3.3.2 Carga de ruptura .....	9
3.4 Distancias de Segurança.....	10
3.4.1 Considerações das Estruturas .....	10
3.4.1.1 Vão de Vento e Vão de Peso .....	10
3.5 Plotação do Perfil e Planta .....	12
3.5.1 Condições básicas de carga - Condutor: .....	12
3.6 Pasta do Projeto.....	13
3.7 Critério de Cálculo.....	14
3.8 Plotação do Perfil e Planta .....	19
3.8.1 Perfil e Planta .....	21
3.8.2 Configurações iniciais.....	22
3.8.3 Locação Otimizada de um Tramo inteiro no Perfil e Planta .....	25
3.9 Barra de Edição .....	30
3.9.1 Tabelas e Barra de Progressivas Geradas pelo Programa.....	31
4. Distâncias Verticais de Segurança.....	35
5. Desenho da catenária e cálculo da distancias de segurança na condição de Cabo Rompido .....	37

6.	Gerar a Tabela de Grampeamento deslocado – Clipping Offset. ....	39
7.	Calcular a tração de um Vão ou Tramo onde o Cabo é conhecido. ....	43
8.	Desenho do Perfil usando uma Tabela de Coordenadas. ....	45
9.	Desenho do Perfil usando um arquivo de Pontos XYZ. ....	46
10.	Desenho do PBZPA – Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo. ....	49
	Vídeos de Apresentação .....	50

## 1. Introdução

Atualmente devido à facilidade tecnológica, podemos usar programas computacionais que facilitam e aceleram a execução dos projetos de linhas aéreas de transmissão, para o proposto usamos o programa CatlocVBA (feito para Plotação de linhas de Transmissão de Energia).

As linhas são classificadas quanto ao nível de tensão pelos seguintes grupos:

- **Linhas de distribuição:** tensão de 13,8 kV e 34,5 kV.
- **Linhas de alta tensão (AT):** tensão de 69 kV, 138 kV e 230 kV.
- **Linhas de extra alta tensão (EAT):** tensão de 345 kV, 500 kV e 800 kV.

## 2. Condutores e Para-raios

### 2.1 Condutores de Fase

Considerações sobre os Condutores e Para-raios das Linhas Aéreas de Transmissão

Os cabos condutores formam o guia para o campo eletromagnético da linha de transmissão e sua escolha está ligada a aspectos técnicos, e econômicos. Nas linhas aéreas de transmissão, o cabo condutor é normalmente sem isolamento, os cabos aéreos são submetidos a grandes esforços mecânicos e por este motivo é necessário um cuidado extra com relação a sua carga mecânica de ruptura.

A carga de **ruptura** é o ponto de rompimento um cabo, quando este é submetido a um esforço de tração maior do que sua resistência mecânica.

Os cabos podem ser classificados de diversas maneiras, os mais usados são:

- I. **AAC** (“all aluminum conductor”): Este tipo de cabo é composto por vários fios de alumínio encordoados.
- II. **AAAC** (“all aluminum alloy conductor”): Mesmo princípio dos cabos AAC, porém neste caso são utilizadas ligas de alumínio de alta resistência. É o cabo com menor relação peso/carga de ruptura e menores flechas, mas é o de maior resistência elétrica entre os aqui citados.
- III. **ACSR** (“aluminum conductor steel-reinforced”): É também denominado de cabos CAA. Composto por camadas concêntricas de fios de alumínio encordoados sobre uma alma de aço, que pode ser um único fio ou vários fios encordoados.
- IV. **ACAR** (“aluminum conductor, aluminum alloy-reinforced”): É composto de maneira idêntica aos cabos do tipo ACSR, porém ao invés de se utilizar alma com cabos de aço, utiliza-se alma com fios de alumínio de alta resistência mecânica. Assim, a sua relação peso/carga de ruptura fica ligeiramente maior do que a do cabo ACSR.

Os cabos condutores ACSR possuem alma de aço com o objetivo de dar maior resistência mecânica ao cabo. Devido ao efeito pelicular e a diferença de condutividade, a corrente elétrica circulará apenas pelo condutor de alumínio.

Para escolha adequada do condutor devem ser examinados diversos itens, a saber: custo do condutor e valor de perdas, projeto mecânico e custos, níveis de isolamento e considerações referentes à faixa de segurança.

## 2.2 Cabos Para-raios

Os cabos para-raios utilizados em linhas aéreas de transmissão podem ser divididos em quatro categorias:

- I. **Aço Galvanizado:** podem ser de aço de alta resistência (HS) ou de extra alta resistência (EHS). São compostos de fios de aço galvanizados (revestidos com zinco) encordoados.
- II. **Alumoweld (Aço revestido de alumínio):** são cabos de fios de aço encordoados levando uma capa de alumínio.
- III. **ACSR:** mesmo tipo de construção dos condutores de fase, cabos de alumínio com alma de aço. Normalmente só a formação 12/7 é empregada.
- IV. **OPGW:** Com o grande tráfego de transmissão de dados e o enorme avanço das telecomunicações nos últimos anos, a utilização das fibras ópticas foram primordiais para evolução. Com a redução de custo das telecomunicações e a difusão das fibras ópticas, a procura crescente de banda larga vem sendo cada vez mais cobrada, um dos motivos é a crescente demanda de usuários e a difusão do 3G e 4G. Com o aproveitamento das redes de transmissão de alta tensão, na qual, utilizamos os cabos OPGW (Optical ground Wire) que além de cabos para-raios são também, cabos de fibra ópticas, utilizados nas transmissões de telecomunicação.

As perdas nos cabos para-raios ocorrem devido à indução eletromagnética causada pelas correntes nos cabos de fase. A escolha adequada do arranjo dos cabos para-raios pode ser um fator importante principalmente quando a tensão da linha é elevada.

Os padrões de arranjos mais utilizados para cabos para-raios são:

- **Aterrados:** com este tipo de arranjo os cabos para-raios são aterrados em todas as estruturas, circulando frequentemente corrente pelos cabos.
- **Isolados e transpostos:** neste tipo de arranjo os cabos são aterrados apenas em torres extremas e nas torres intermediárias o cabo sofre transposição. Somente é vantajoso utilizar este tipo de arranjo quando as correntes nos cabos possuem um valor significativo.
- **Isolados e seccionalizados:** com este arranjo os cabos são seccionalizados e o aterramento é feito em apenas um ponto em cada seção. É utilizado quando não há necessidade de transportar sinais nos cabos, assim as perdas ficam reduzidas a zero.

Considerações sobre o Número de Cabos Condutores por Fase;

Para diminuir, para uma mesma potência, o nível de corrente nos cabos condutores e conseqüentemente as perdas por Efeito Joule. Em primeira instância, o aumento da tensão exigirá condutores com um maior diâmetro para evitar problemas de Efeito Corona. Entretanto, aumentar o diâmetro do condutor provocará um acréscimo considerável em seu custo, bem como o impacto nas cargas sobre a estrutura (torre).

Outra solução é então utilizar mais de um condutor por fase, montados em paralelo. Um feixe com vários condutores por fase se comporta como se fosse um único cabo com um diâmetro bem maior, a figura, mostra o campo elétrico ao redor de um feixe com quatro condutores por fase.

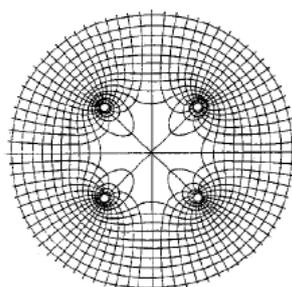


Figura 1: Linhas de campo elétrico para um feixe com quatro condutores por fase.

### 3. Dados para o Cálculo Mecânico dos Cabos

#### 3.1 Levantamento Topográfico

O levantamento topográfico deve ser cuidadosamente estudado para evitar acréscimos de tempo e de custo no projeto. Deverão ser identificados todos os trechos do traçado a fim de evitar, passagens por florestas ou terrenos precários, deflexão desnecessária, travessia em locais que exijam estruturas especiais.

Primeiramente devem ser feitos alguns estudos de traçado, dos pontos onde a linha passará, descobrindo os principais obstáculos e dificuldades do traçado.

Após a análise básica deverão ser feitas inspeções no local para confirmar os obstáculos previstos e verificar a possibilidade de desvios. Somente após um estudo de viabilidade econômica do traçado escolhido começará a implantação definitiva do traçado.

Assim são gerados os desenhos de perfil e planta em escala apropriada, (H= 1 e Vertical = 10x) fornecendo o perfil da linha, dados do proprietário dos terrenos, tipo de solo, tipo de vegetação, localização, entre outros dados.

Para o cálculo mecânico dos cabos e estruturas, é necessário conhecer por onde as torres serão alocadas e o perfil do terreno, como, por exemplo, seu desnível.

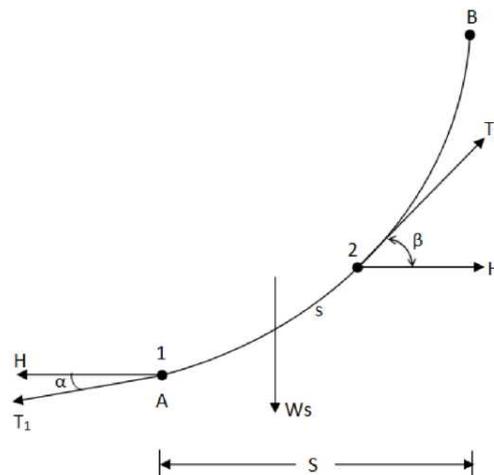
#### 3.2 Equação da Catenária

Considerações sobre a equação da catenária (ABNT / NBR-5422);

Qualquer cabo de densidade uniforme apresenta certa flexibilidade. Ao ser conectado entre dois suportes fixos, devido ao seu peso, tal cabo formará uma curvatura chamada de catenária.

Dependendo das condições ambientais e do comportamento dos cabos a catenária dos cabos da linha de transmissão muda significativamente. Existem quatro hipóteses fundamentais no cálculo mecânico dos condutores:

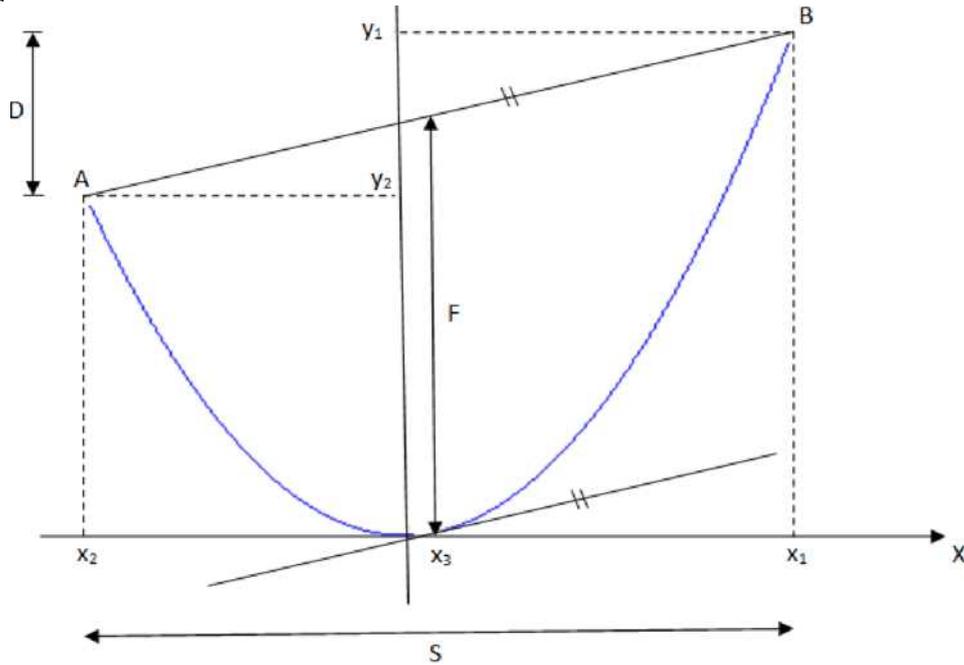
- Condição de temperatura média e sem efeito do vento, conhecida como condição EDS.
- Condição de temperatura máxima, sem vento.
- Condição de temperatura mínima, sem vento.
- Condição de vento máximo, na temperatura coincidente com a ocorrência de vento máximo.



Assim temos a equação da catenária (UFRJ – Santiago, N.H.);

$$\cosh \frac{x}{C} = 1 + \frac{x^2}{2C^2} + \frac{x^4}{4!C^4} + \frac{x^6}{6!C^6} + \dots + \frac{x^n}{n!C^n}$$

Flecha



A distância entre a reta F que liga os pontos A e B até a curva da catenária no ponto X3 é chamada de flecha.

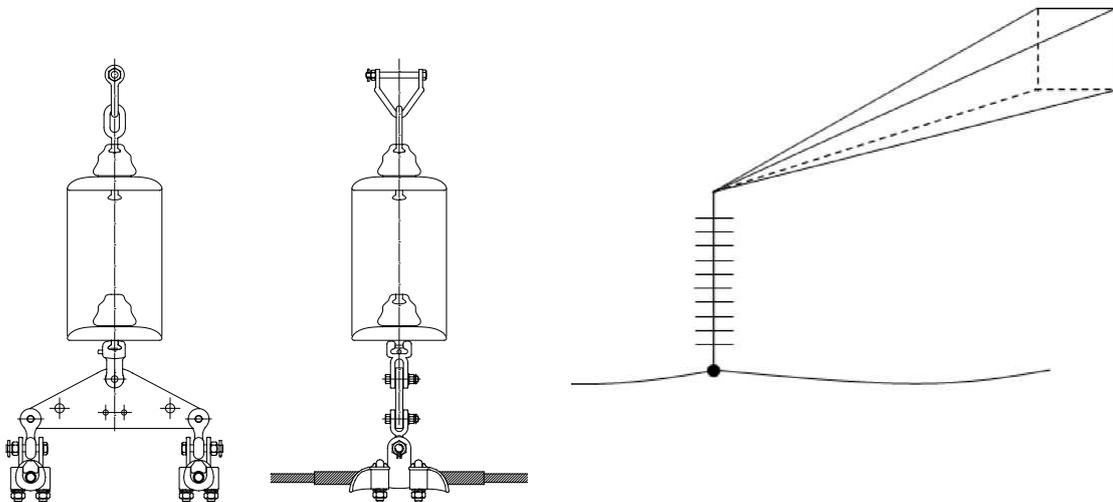
### 3.3 Condições de contorno (Cargas Limites Admissíveis).

#### 3.3.1 Vão Básico

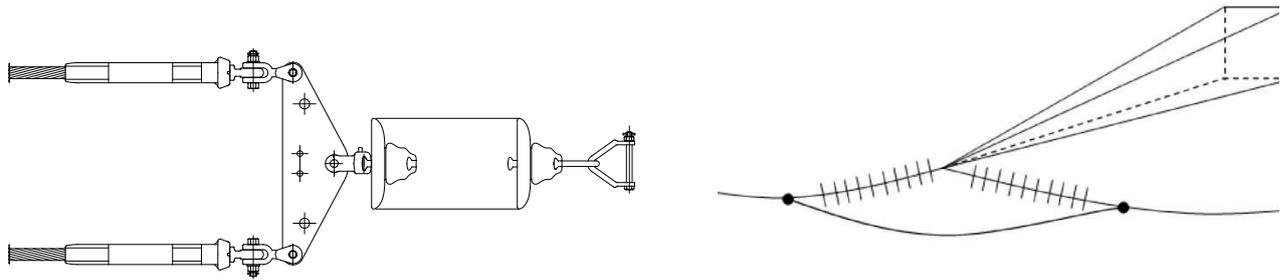
Para o cálculo inicial podemos considerar um vão básico de 400m, (Vão básico ou vão regulador – Admite-se que as tensões dos cabos, se todas iguais em cada vão, seria igual à de um vão teórico que é chamado de Vão Básico ou Vão Ideal de Regulagem do Tramo.

Em uma torre de transmissão os cabos são fixados através de cadeias de isoladores que são divididas em duas configurações básicas: Suspensão e Ancoragem.

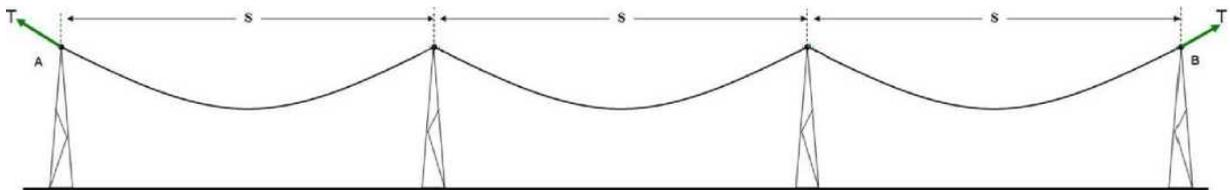
Cadeia de Suspensão



### Cadeia de Ancoragem



Quando o vão está entre duas estruturas de ancoragem podemos denominá-lo de vão isolado. Um conjunto de vãos em cadeia de suspensão e delimitados por estruturas de ancoragem são denominados de vãos contínuos ou tramo, conforme é mostrado na figura abaixo;



Assim é possível calcular o vão básico, que é um comprimento de vão isolado, que apresenta as mesmas variações de tensões.

$$VB = \sqrt{\frac{(V1^3 + V2^3 + V3^3 + \dots + Vn^3)}{(V1 + V2 + V3 + \dots + Vn)}}$$

### 3.3.2 Carga de ruptura

A tensão no cabo Condutor deve ser um percentual da carga de ruptura do cabo.

Assim, temos as seguintes faixas percentuais da carga de ruptura dos cabos (ABNT / NBR-5422).

- Cabos ACSR de 18% a 23%
- Cabos AAC de 25% a 27%
- Cabos ACAR de 19% a 21%
- Cabos AAAC da ordem de 17%

- Variação de temperatura nos Cabos Condutores

Em uma linha de transmissão aérea os cabos estão constantemente sobre efeito da variação de temperatura. Esta variação de temperatura acontece devido à variação da potência transmitida, temperatura ambiente, radiação solar, etc.

- Efeito do Vento nos Cabos Condutores

O vento influencia as linhas aéreas de transmissão exercendo uma pressão sobre os condutores, que é proporcional a velocidade do vento e resulta em uma força perpendicular ao eixo longitudinal dos cabos.

A consideração da força do vento ser perpendicular ao cabo é feita objetivando o cálculo na situação mais desfavorável possível NBR-5422.

Normalmente em uma condição sem vento os vãos curtos são mais sensíveis a variação de temperatura, e para vãos muito longos, a temperatura praticamente não influenciará na tensão do cabo, mesmo se a variação de temperatura for extrema. Com relação ao vento, a tensão tangencial cresce a medida que o vão aumenta, tendendo a um valor constante para vãos muito longos. A norma brasileira NBR-5422/85 estabelece algumas recomendações de segurança com relação ao carregamento nos cabos. Para garantir uma maior proteção nos cabos, a norma recomenda o uso de dispositivos especiais de amortecimento para evitar danos devido à vibração eólica. Esta medida deve ser utilizada principalmente em casos onde o vão é muito grande e está situado em regiões planas, travessias de grandes rios e de lagos.

### 3.4 Distancias de Segurança.

Distância de segurança são afastamentos mínimos recomendados do condutor a quaisquer partes energizadas ou não. A NBR-5422/85 apresenta uma série de recomendações sobre as distâncias de segurança em linhas aéreas de transmissão. Para o cálculo da verificação das distâncias mínimas de segurança, deverão ser utilizadas as flechas dos cabos na configuração mais desfavorável possível. Para locação das estruturas é usada uma distância Cabo Solo, na temperatura de locação.

#### 3.4.1 Considerações das Estruturas

As estruturas sofrem dois tipos de esforços mecânicos:

Os causados pela própria estrutura, tais como o peso próprio e os esforços causados pelo vento; e os esforços transferidos à estrutura pelos cabos condutores e para-raios.

Os esforços transferidos pelos cabos condutores e para-raios são classificados em quatro tipos:

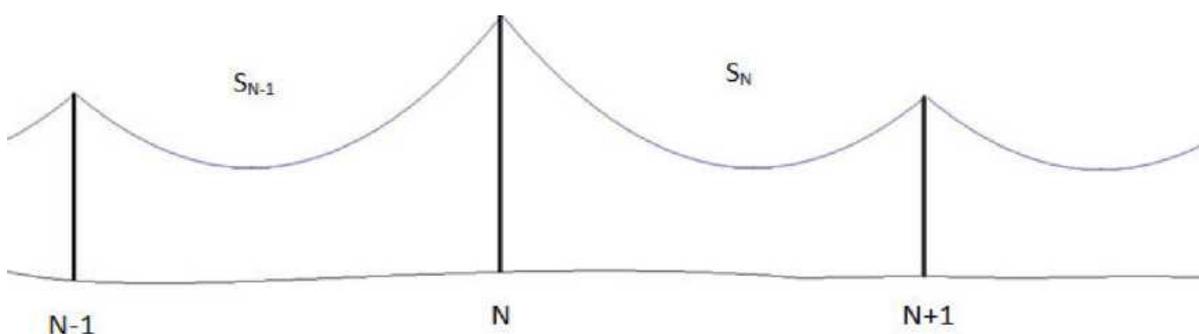
- Esforços Permanentes: esforços aplicados à estrutura devido ao peso e às trações dos cabos condutores e para-raios.
- Esforços Temporários: provenientes do efeito do vento nos condutores e para-raios.
- Esforços Excepcionais: devido a um rompimento de cabos.
- Esforços de Montagem: esforços provisórios que ocorrem na montagem da linha.

##### 3.4.1.1 Vão de Vento e Vão de Peso

Para calcular os esforços aplicados na torre pelos cabos condutores e para-raios, é necessário primeiramente definir duas grandezas fundamentais: o Vão de Vento e o Vão de Peso.

###### - Vão de Vento

A figura abaixo mostra um trecho de uma linha de transmissão onde se deseja obter o esforço total devido aos cabos condutores e para-raios, sujeitos a carga de vento, na N-ésima torre, onde  $V_{N-1}$  e  $V_N$  são os comprimentos dos vãos entre as torres N-1 e N e entre as torres N e N+1, respectivamente.



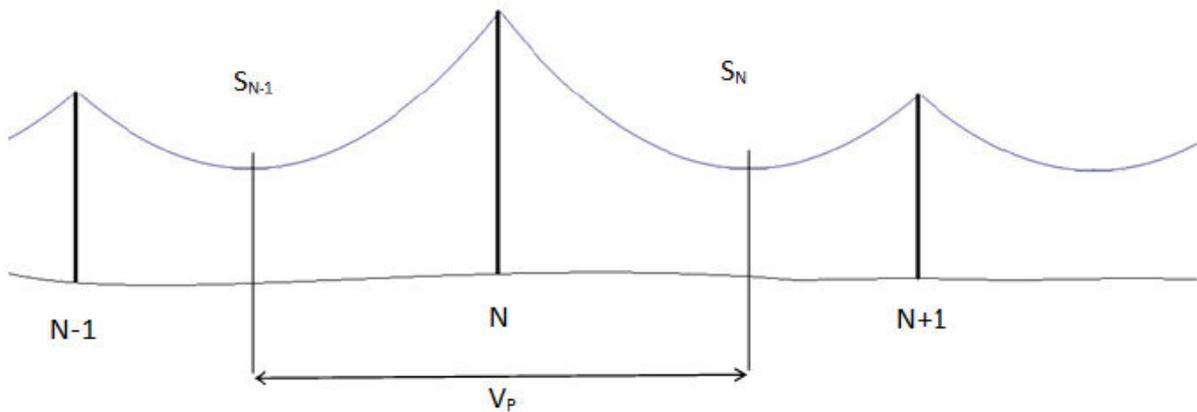
Considerando um vento soprando perpendicularmente ao plano por onde a linha passa, os esforços irão se distribuir igualmente entre as torres. Desta forma, o esforço devido à carga de vento na torre N é a metade do esforço no vão SN-1 e metade do esforço do vão SN.

Assim, a média aritmética dos vãos adjacentes à estrutura em análise é denominada de Vão de Vento (VV).

$$V_V = \frac{S_{N-1} + S_N}{2}$$

**- Vão de Peso**

Para a definição do vão de peso consideramos novamente um trecho de uma linha de transmissão, como mostrado na figura abaixo;

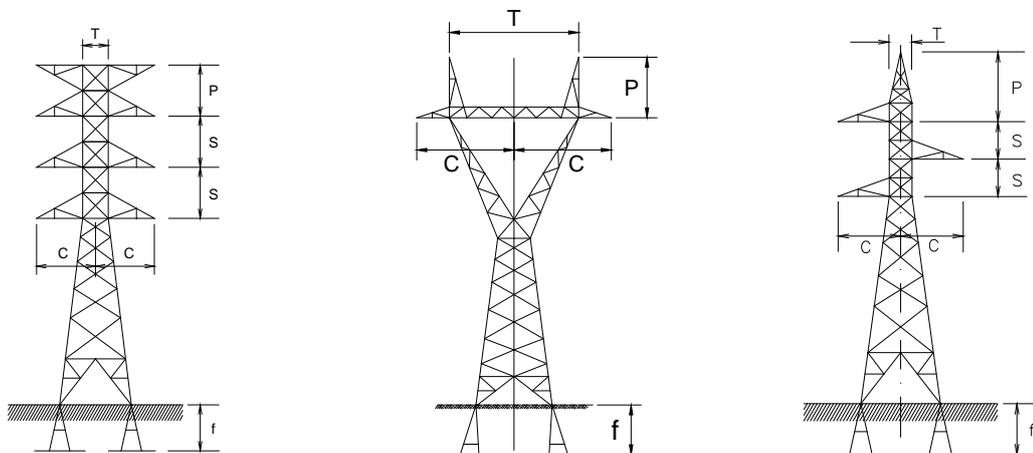


O esforço vertical agindo na estrutura é proporcional ao comprimento do condutor entre o suporte até o ponto mais baixo da curva da catenária de cada vão adjacente à estrutura N, em análise.

A soma do comprimento do cabo, do ponto mais baixo dos vãos adjacentes à estrutura N, em análise, é denominada de Vão de Peso (VP).

**- Tipo de Estruturas**

As estruturas de linhas aéreas de transmissão podem ser: perfil de aço galvanizado em treliças, concreto e madeira. Normalmente para Altas Tensões as torres são de aço construídas em treliças, apresentando circuito trifásico duplo ou simples, conforme figuras abaixo;



### 3.5 Plotação do Perfil e Planta

Plotação do Perfil e Planta (ou posicionamento das estruturas no terreno).

Após conhecimento de todos os parâmetros referentes a LT, apresentados, podemos definir nosso critério de Cálculo. Para simplificação e entendimento do processo de Plotação de uma Linha de Transmissão usaremos os seguintes valores, apresentados abaixo.

- Velocidade de vento; máxima: 44 kgf/m<sup>2</sup>
- Pressão de vento; reduzida: 25 kgf/m<sup>2</sup>
- Cabo condutor; CAA 170,5mm<sup>2</sup> - "LINNET"

#### 3.5.1 Condições básicas de carga - Condutor:

- **Carga Máxima** – temperatura ambiente a 10 graus centígrados, vento máximo (110km/h), condição inicial; ou 0 graus centígrados. Sem vento, Condição Inicial.

40% da carga de ruptura.

- **Carga de Maior Duração (EDS)** – Temperatura ambiente a 20 graus centígrados, sem vento, condição final.

18,5% da carga de ruptura.

- **Carga Limite Inicial** – Temperatura do cabo a 20 graus centígrados, sem vento condição Inicial.

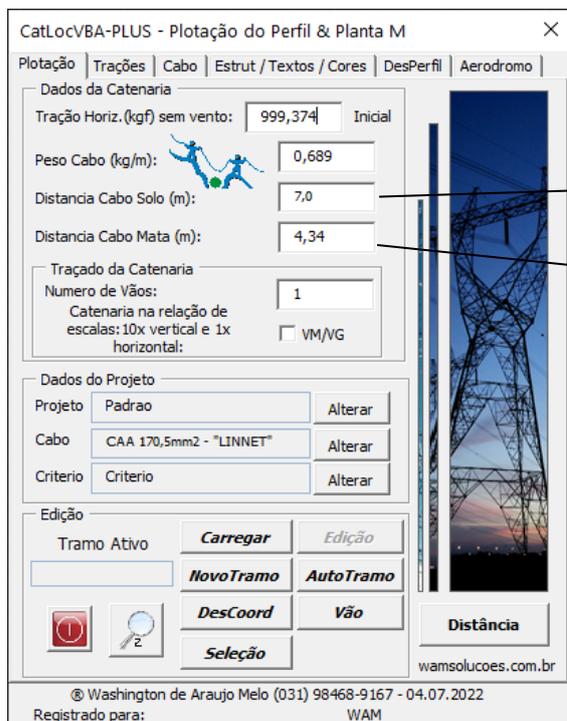
22% da carga de ruptura.

- **Temperatura de Locação ou Flecha Máxima** – temperatura do cabo a 75 graus centígrados, sem vento, condição final.

- Distâncias verticais mínimas de segurança, em relação aos obstáculos para 138 kV.

Cabo Solo: (locais acessíveis apenas a pedestres 6,34m foram adotado para locação 7,0m)

Cabo Mata: matas de preservação 4,24m.



Informações adicionais

- Potência máxima da LT, capacidade de 125 MVA

- Capacidade térmica do cabo 524 Amperes

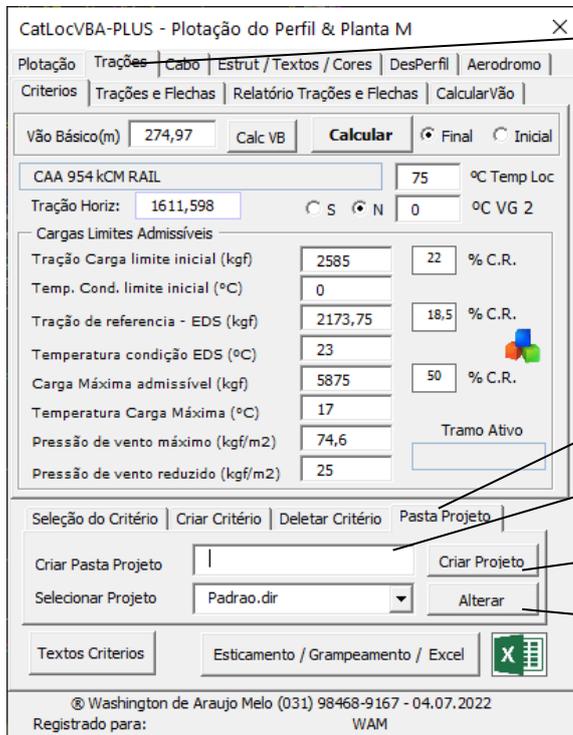
- Cabo Solo

- Cabo Mata

Janela Inicial do programa usado para Plotação do perfil e planta "CatlocVBA".

### 3.6 Pasta do Projeto

Para início do processo e organização dos dados, devemos criar uma pasta para cada projeto, conforme descrito abaixo;



\Guia \Trações\Critérios

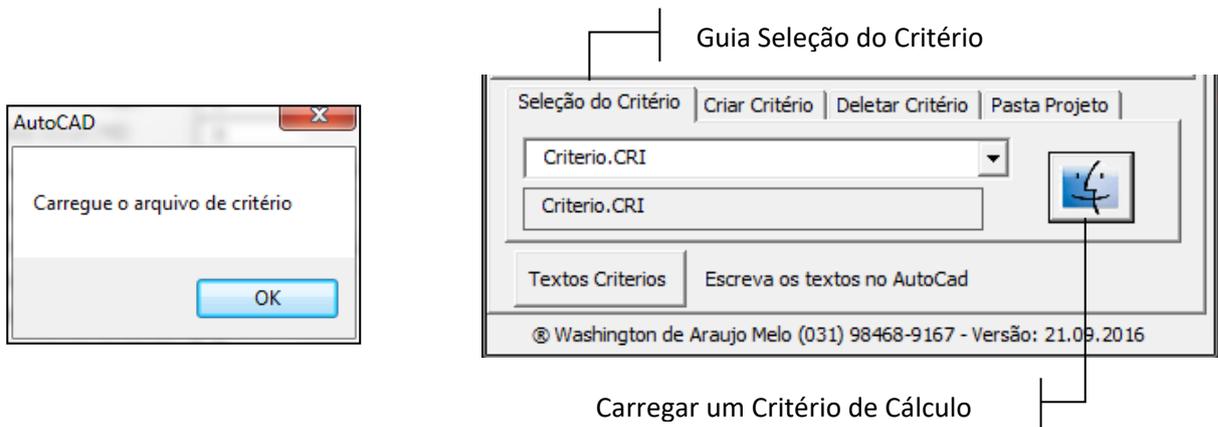
Guia Pasta Projeto

Digite um nome para seu projeto

Pressione o botão "Criar Projeto"

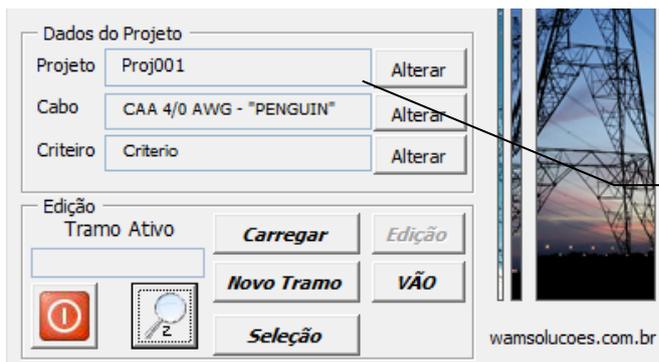
Selecione o projeto criado e clique no botão "Alterar", para confirmar a alteração da nova pasta de projeto.

**Importante** - ao final da operação é solicitado que seja carregado um critério de cálculo. Para o mesmo, use o botão "Carregar Seleção", para carregar o critério existente.



Guia Seleção do Critério

Carregar um Critério de Cálculo

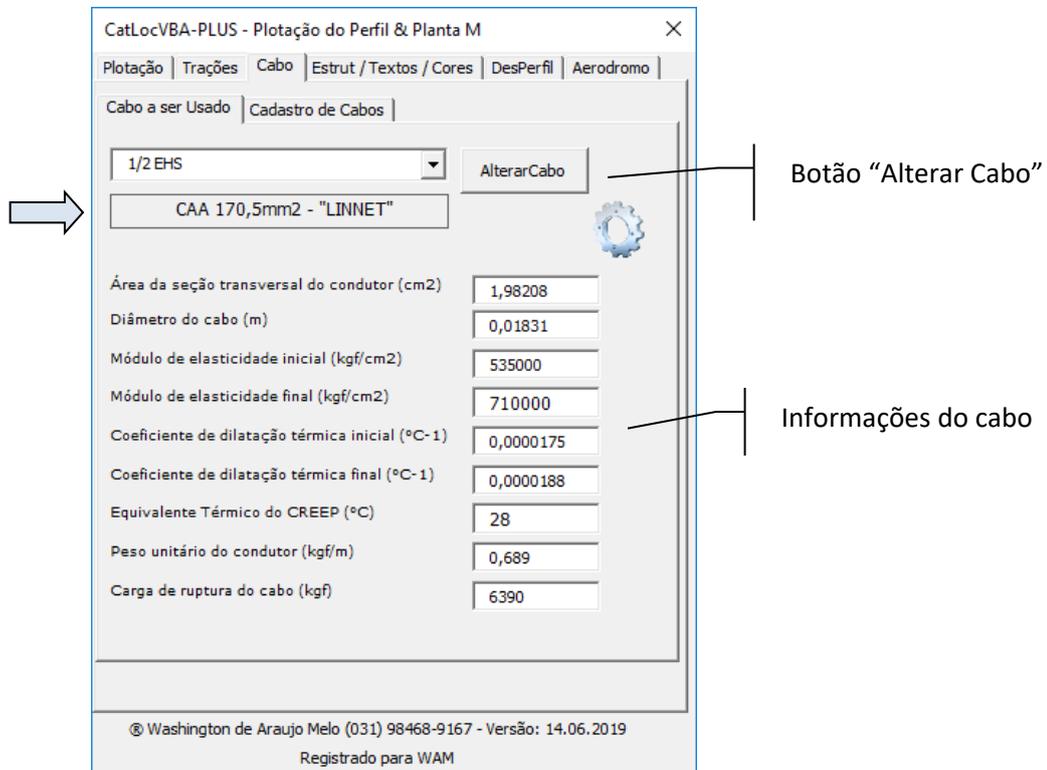


Agora a janela inicial mostra a nova pasta de Projeto.

### 3.7 Critério de Cálculo

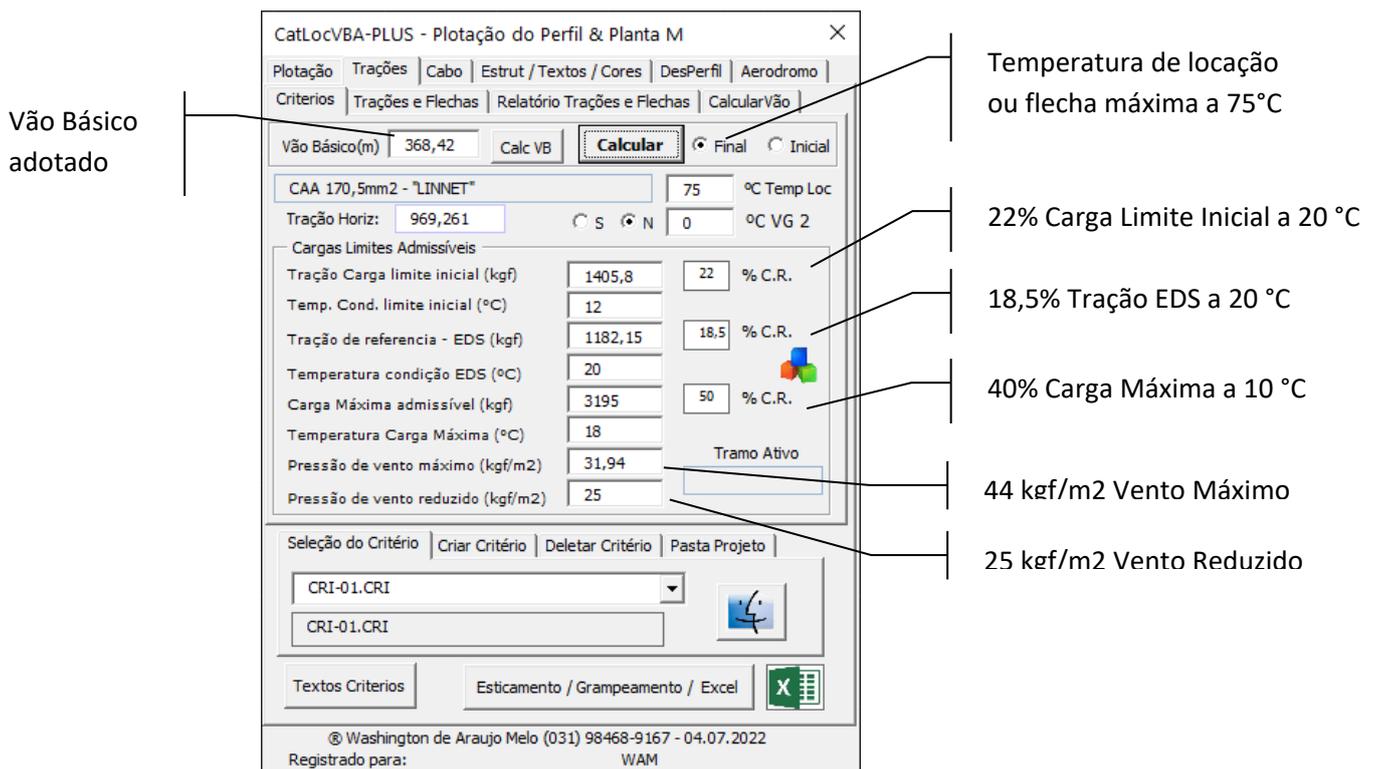
Agora podemos criar nosso Critério de Cálculo, Na janela **\Cabo\Cabo a ser Usado...**

Selecione o cabo condutor a ser usado e clique no botão “Alterar Cabo”. Para o nosso exemplo vamos usar o Cabo Condutor “CAA 170,5mm<sup>2</sup> - LINNET”. Após seleção do cabo o programa busca e preenche as suas informações nas células ao lado, é importante observar se todas as informações do cabo estão preenchidas, para evitar erros de operações.



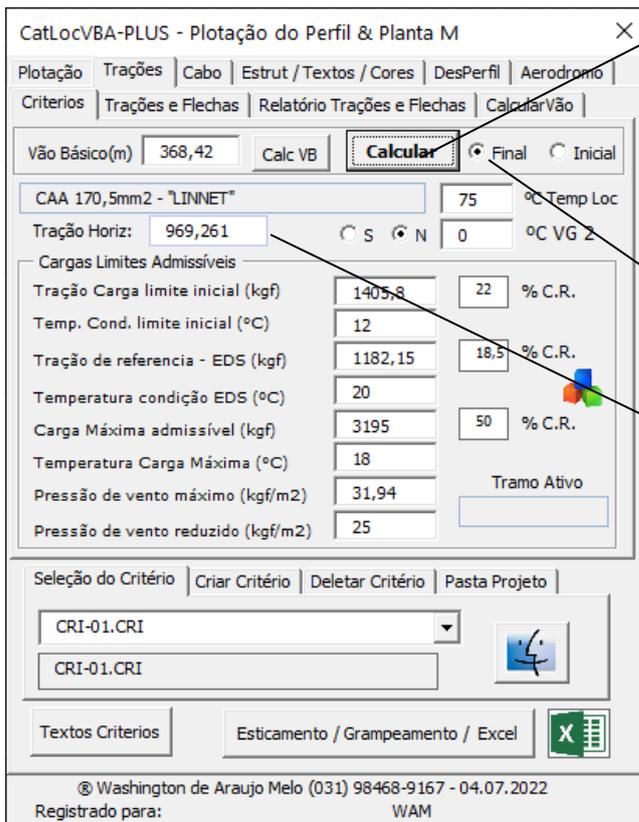
Na janela **\Trações\Critérios...**

Preencha as condições básicas de carga, item 6.0, conforme imagem abaixo;



Projeto Eletromecânico de Linhas de Transmissão - Plotação de um Tramo usando o programa CatlocVBA

Após preenchimento de todos os dados, use o botão Calcular para que o programa calcule a tração de locação horizontal, na condição indicada, conforme abaixo.



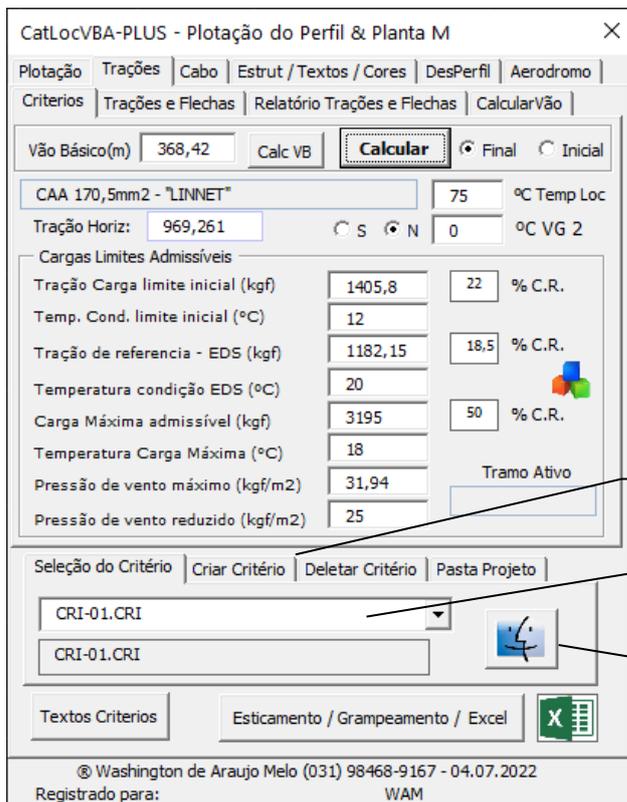
Botão Calcular

Condição final – para locação do Perfil e Planta

Tração horizontal calculada

Internamente o programa dispõe de um modulo de cálculo que usa a equação da catenária e funções que executam diferentes mudanças de estado para chegar às trações horizontais de Plotação.

Na guia **Criar Critério**, Preencha o nome do seu critério de cálculo, e clique no botão **“Criar Arquivo”**.

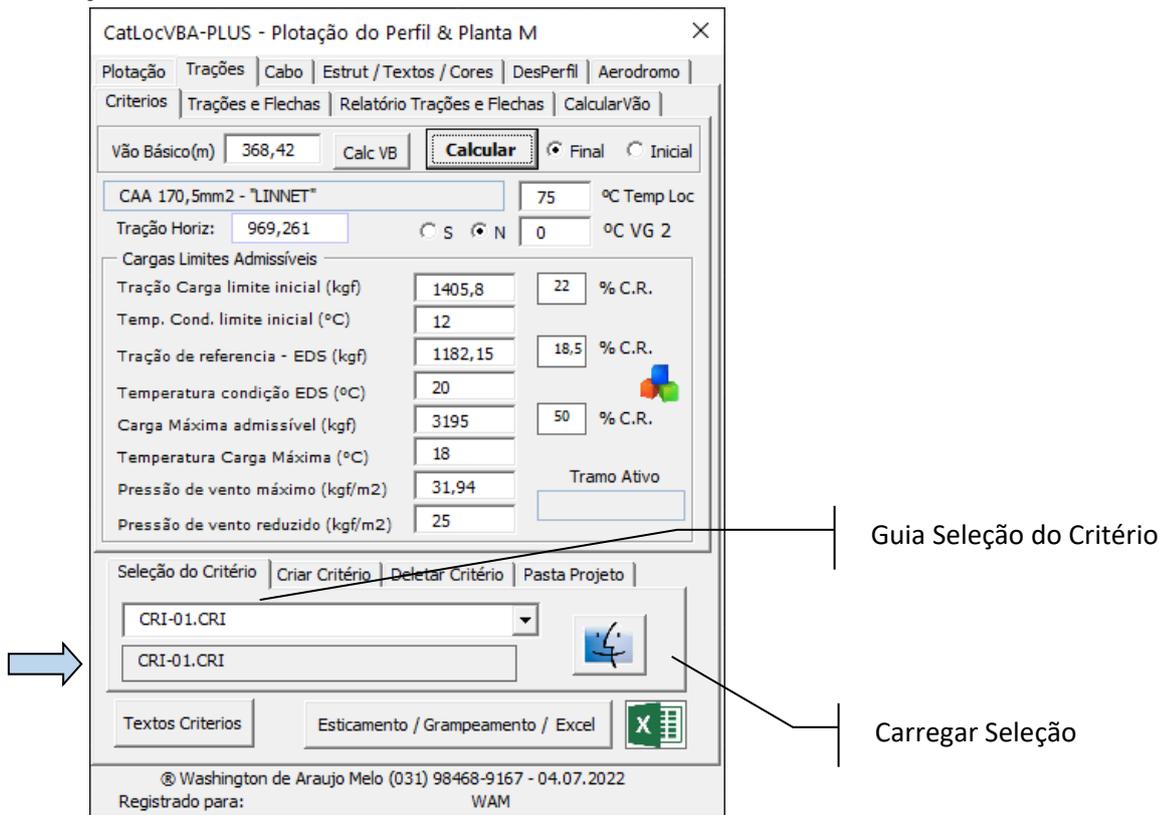


Guia Criar Critério

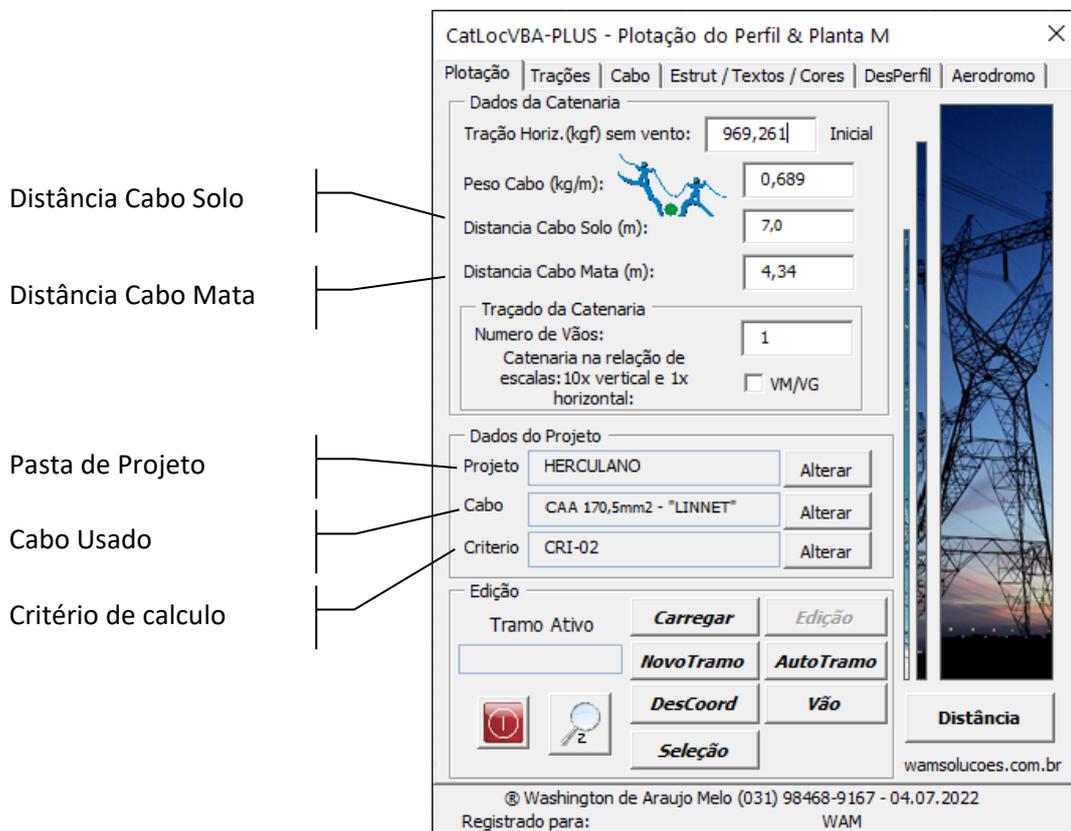
Nome do Critério – Linnet18.5

Botão Criar Arquivo

Após criar seu critério, selecione o mesmo, clicando na guia “**Seleção do Critério**”, e no botão “**Carregar Seleção**”.



Agora a janela inicial mostra as novas configurações de locação conforme definições do critério.



Na Janela \Trações\Trações e Flechas..., são mostradas as trações para as condições Inicial e Final sem vento e 2 condições especiais com vento máximo, inicial e final, para fins da definição da condição regente, simulações e verificação das flechas dos cabos.

Labels for the first screenshot:

- Guia Trações e Flechas
- Guia Relatório de Trações e Flechas
- Condições Especiais com Vento
- Trações e flechas na condição Inicial sem vento
- Trações e flechas na condição Final sem vento

Trações Tang.	1455,699	1381,407	1336,025	1150,314
Trações Horiz.	1450,162	1375,572	1329,992	1143,305
Flechas	8,07	8,5	8,8	10,24

Trações Tang.	1287,375	1221,679	1182,15	1023,936
Trações Horiz.	1281,113	1215,08	1175,33	1016,06
Flechas	9,13	9,63	9,96	11,52

Labels for the second screenshot:

- Guia Relatório Trações e Flechas
- Tração na Condição de EDS
- Temperatura Mínima Sem Vento
- Tração com Vento Máximo
- Temperatura de locação Sem Vento
- Temperatura de Emergência
- Gerar Tabela de Trações e Flechas
- Controle dos Vãos

Para procedermos a uma verificação, desenhamos um vão de mesmo valor que o nosso vão básico, no caso 400m e lançamos nossa catenária, para podermos confirmar o comprimento da flecha do nosso vão básico, na temperatura de locação de 75°C.

**CatLocVBA-PLUS - Plotação do Perfil & Planta M**

Plotação | Trações | Cabo | Estrut / Textos / Cores | DesPerfil | Aerodromo

Criterios | Trações e Flechas | Relatório Trações e Flechas | Calcular

Vão Básico(m) 368,42 Calc VB **Calcular** Final

CAA 170,5mm2 - LINNET 75 °C

Tração Horiz: 969,261 S N 0 °C

**Cargas Limites Admissíveis**

Tração Carga limite inicial (kgf)	1405,8	22 %
Temp. Cond. limite inicial (°C)	12	
Tração de referencia - EDS (kgf)	1182,15	18,5 %
Temperatura condição EDS (°C)	20	
Carga Máxima admissível (kgf)	3195	50 %
Temperatura Carga Máxima (°C)	18	
Pressão de vento máximo (kgf/m2)	31,94	Tramo
Pressão de vento reduzido (kgf/m2)	25	

Seleção do Critério | Criar Critério | Deletar Critério | Pasta Projeto

CRI-01.CRI

Textos Criterios Esticamento / Grampeamento / Excel

© Washington de Araujo Melo (031) 98468-9167 - 04.07.2021 Registrado para: WAM

---

**CatLocVBA-PLUS - Plotação do Perfil & Planta M**

Plotação | Trações | Cabo | Estruturas / Textos / Cores

Criterios | Trações e Flechas | Relatório Trações e Flechas | CalcularVão

**CABO USADO** CAA 170,5mm2 - LINNET

Condições Normais - Sem Vento | Condições Especiais - Com Vento

**TEMP °C** 0 12 20 75

**CONDIÇÃO INICIAL (sem vento)**

Trações Tang.	1416,109	1353,049	1314,293	1104,05
Trações Horiz.	1409,399	1346,026	1307,062	1095,439
Flechas	9,79	10,25	10,55	12,6

**CONDIÇÃO FINAL (sem vento)**

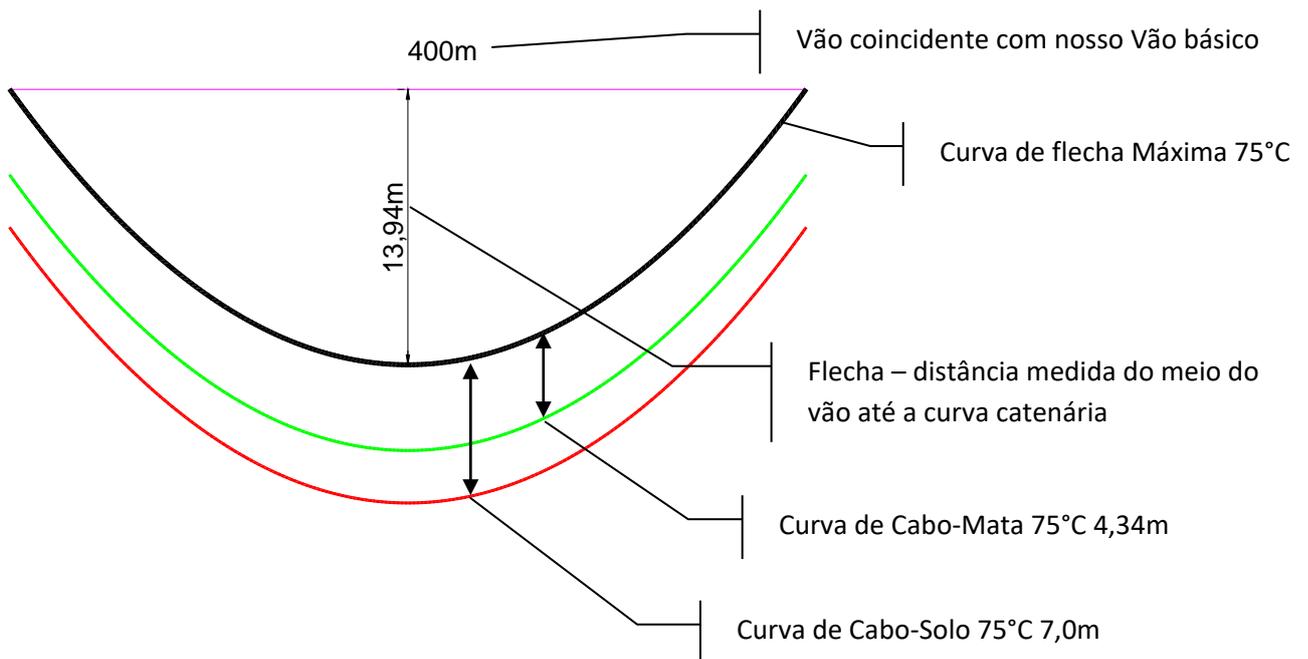
Trações Tang.	1272,93	1216,478	1182,15	999,374
Trações Horiz.	1265,464	1208,665	1174,109	989,859
Flechas	10,9	11,41	11,75	13,94

Seleção do Critério | Criar Critério | Deletar Critério | Pasta Projeto

Criterio.CRI

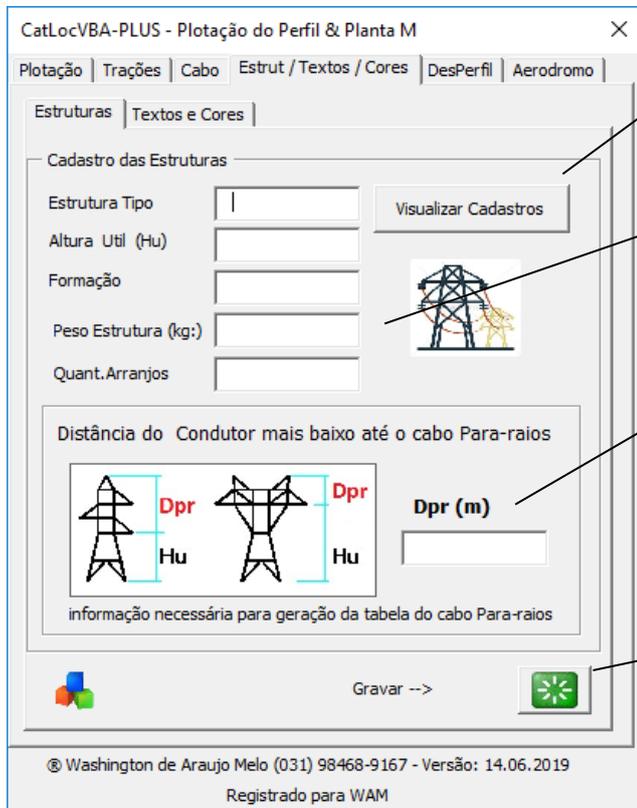
Textos Criterios Escreva os textos no AutoCad

© Washington de Araujo Melo (031) 98468-9167 - Versão: 13.01.2019 Registrado para WAM



### 3.8 Plotação do Perfil e Planta

Na aba Estruturas/Textos/Cores... Podemos fazer o cadastro das estruturas a serem usadas no projeto, inserindo seu tipo, altura útil e formação, para uma melhor identificação da mesma.

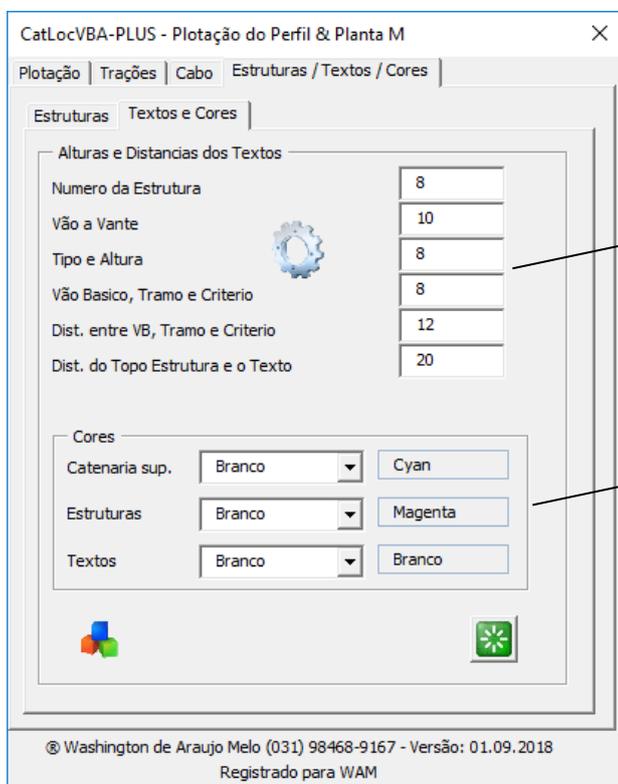


Apresenta Janela com Listagem das estruturas cadastradas.

Digite o peso da sua estrutura e a quantidade de arranjos

Distância do Cabo Condutor Mais baixo até o cabo Para-raios (Usado para criação da tabela de esticamento do para-raios)

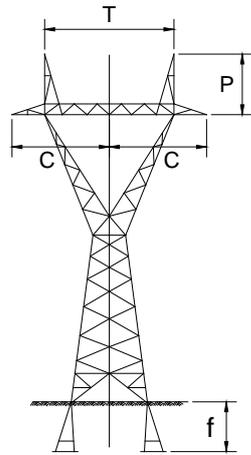
Botão de gravação das opções



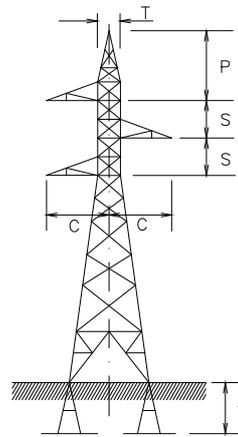
Campos para edição das alturas dos textos

Alteração das cores da Catenária Superior Linha das Estruturas e os demais textos

Agora com nosso critério de cálculo pronto, podemos lançar nosso cabo no Perfil e Planta. Para nosso exemplo, vamos considerar o cadastro de estruturas metálicas, estruturas de ancoragem e suspensão, de circuitos trifásicos, simples, conforme mostrado abaixo;

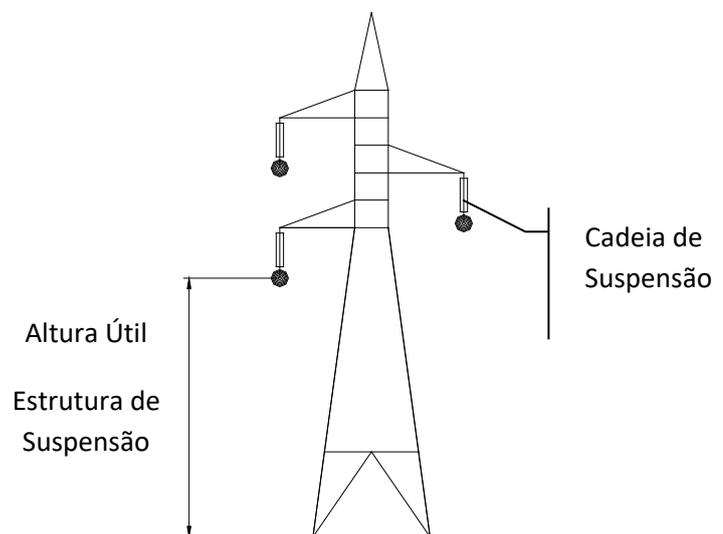
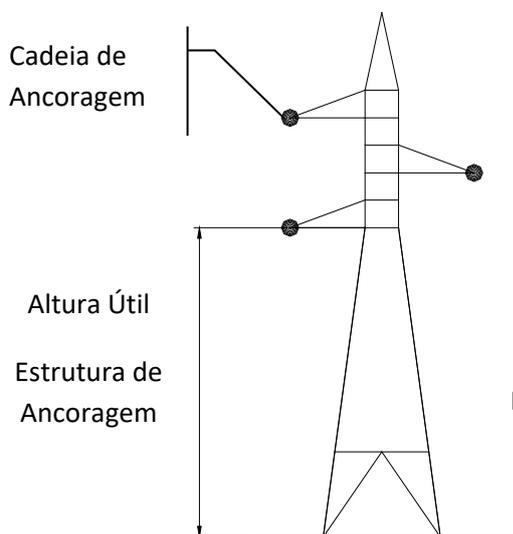


Circuito Simples  
Horizontal



Circuito Simples  
Vertical

Para representação no Perfil e Planta é usado somente a altura útil da estrutura, o circuito inferior, mais próximo ao solo.

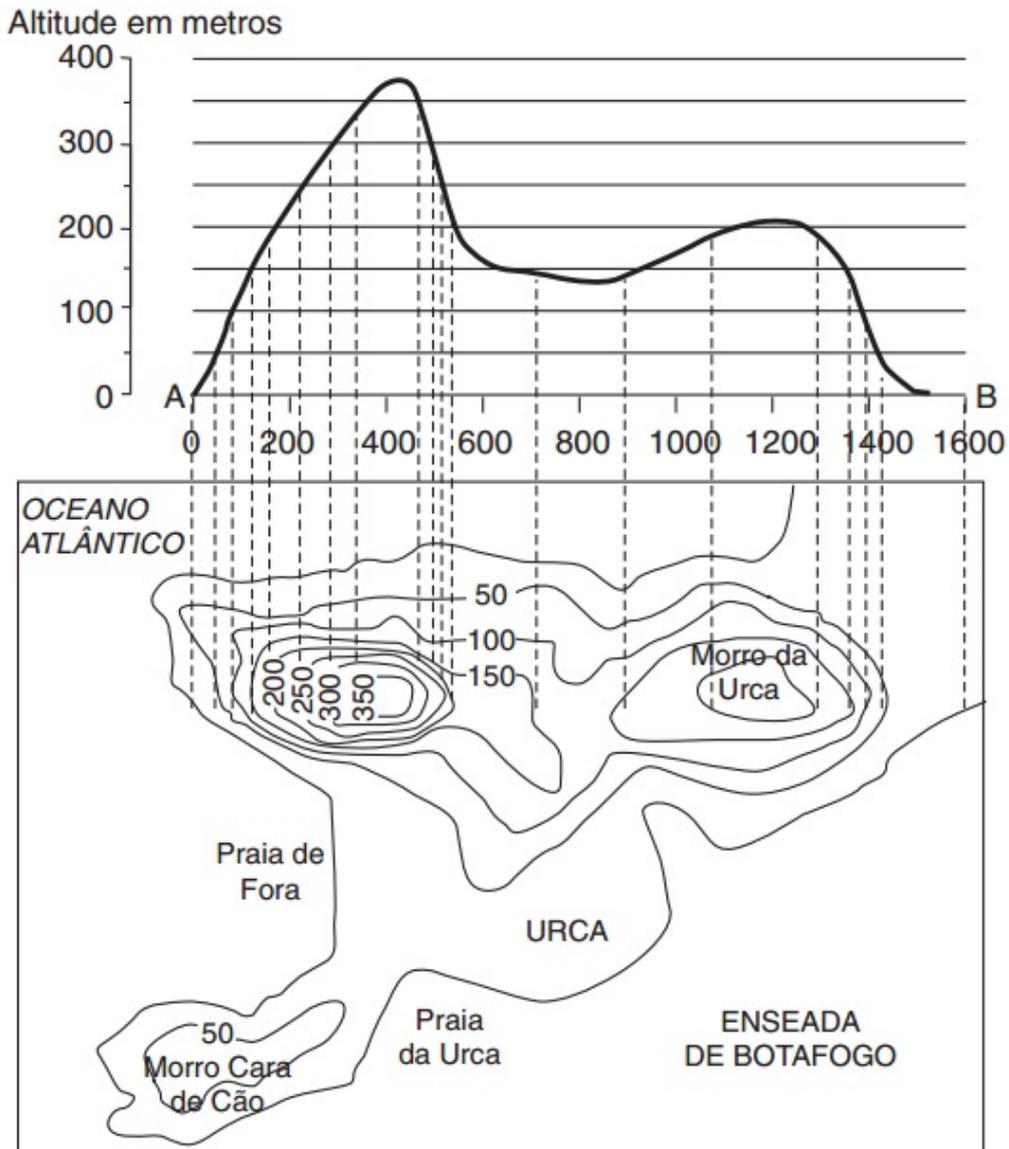


### 3.8.1 Perfil e Planta

Nome dado pelo fato do documento apresentar o perfil do terreno e uma planta baixa.

O perfil do terreno é a representação vertical de todo o caminhamento da linha de transmissão e sua planta detalha os obstáculos presentes na faixa de servidão da LT.

Exemplo Perfil topográfico;



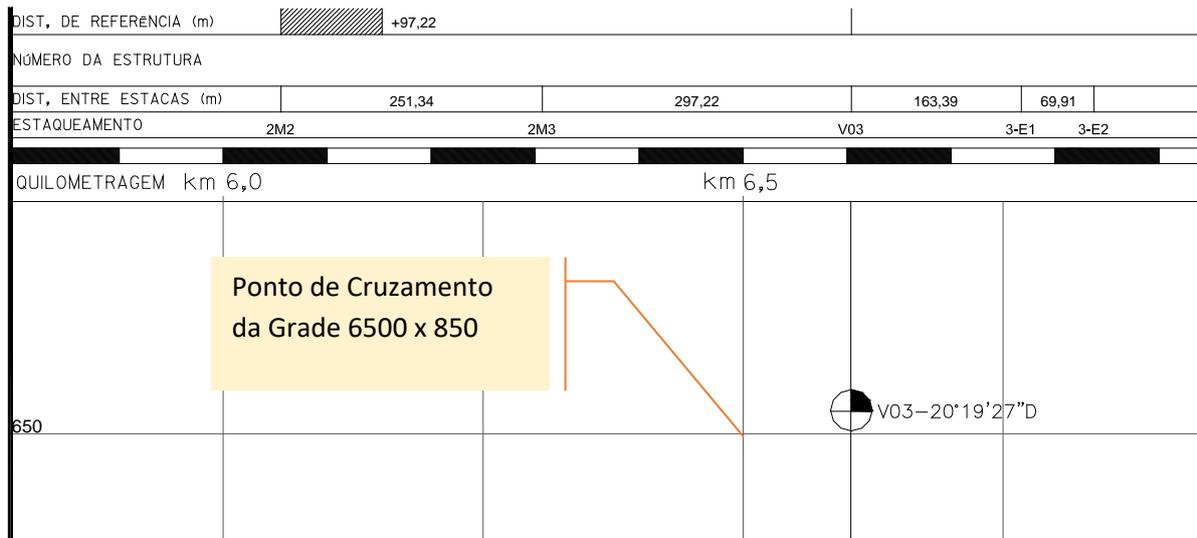
### 3.8.2 Configurações iniciais

Para obtermos informações coerentes com o Projeto, antes de usarmos o Programa CatlocVBA em um Perfil e Planta, o desenho do mesmo deve estar referenciado, no sistema de coordenadas do Autocad, conforme exemplo mostrado a seguir;

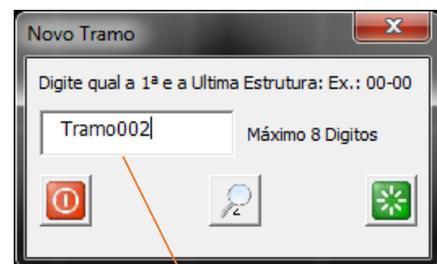
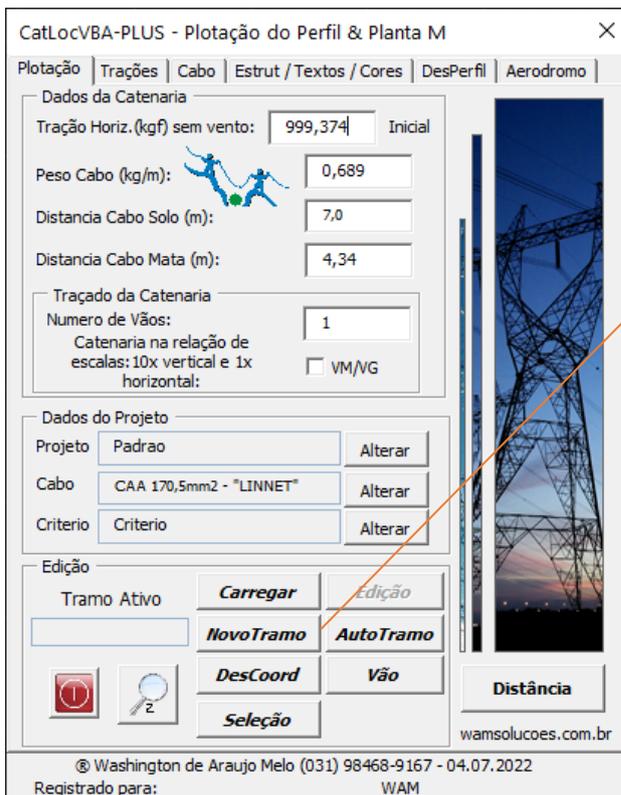
Use a grade do desenho para mover e ajustar o perfil nas coordenadas indicadas;

Km 6,5 igual a X=6500.000 e cota 850 igual a Y=8500.000

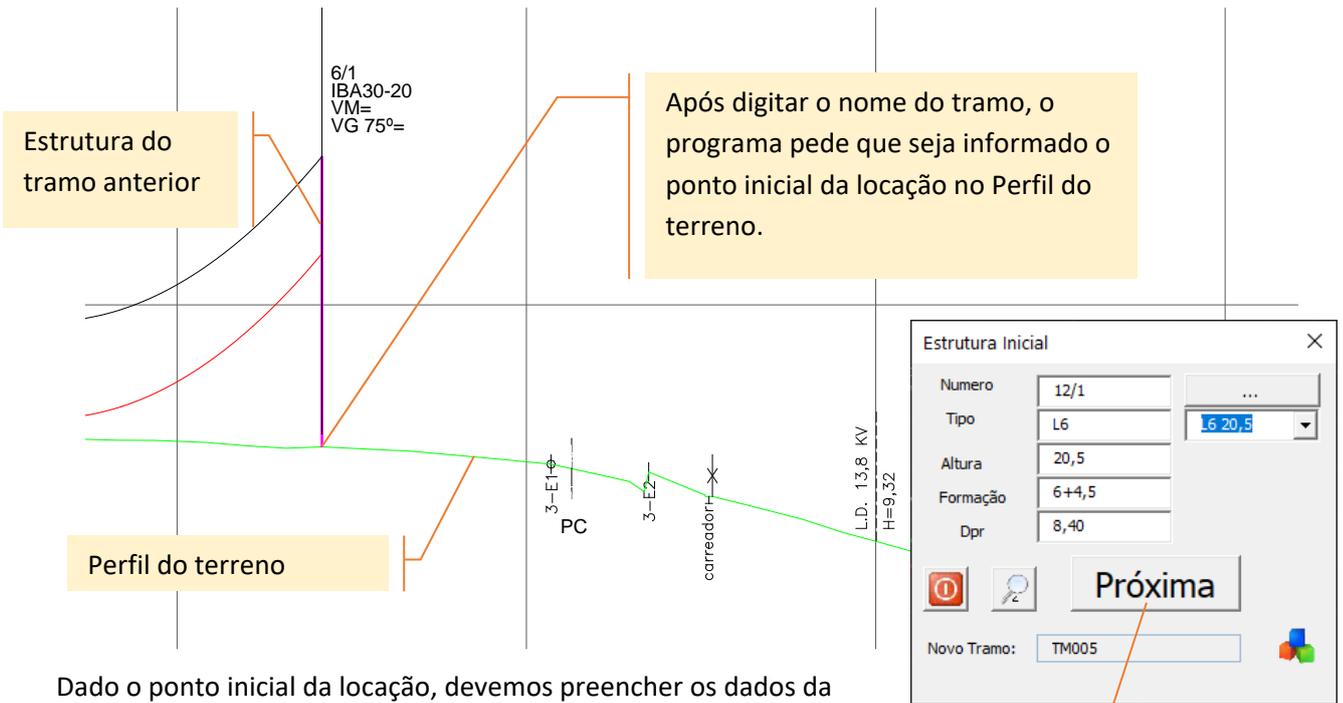
Lembrando que o nosso perfil e planta tem a escala vertical multiplicada por 10x



Com o Perfil e Planta devidamente posicionado, carregue o programa, e na janela principal clique em “Novo Tramo”, conforme mostrado abaixo;

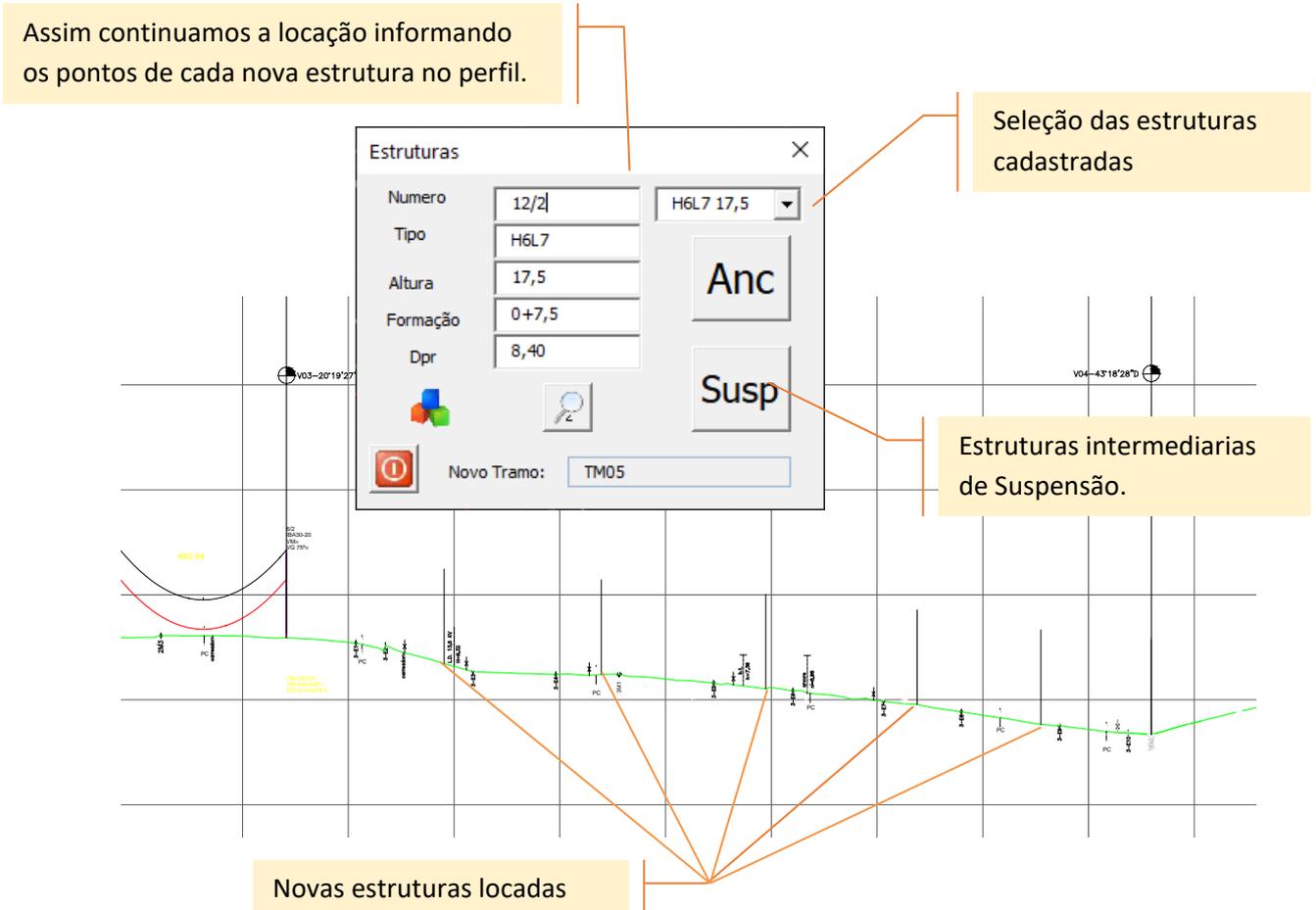


Digite um nome para o novo tramo

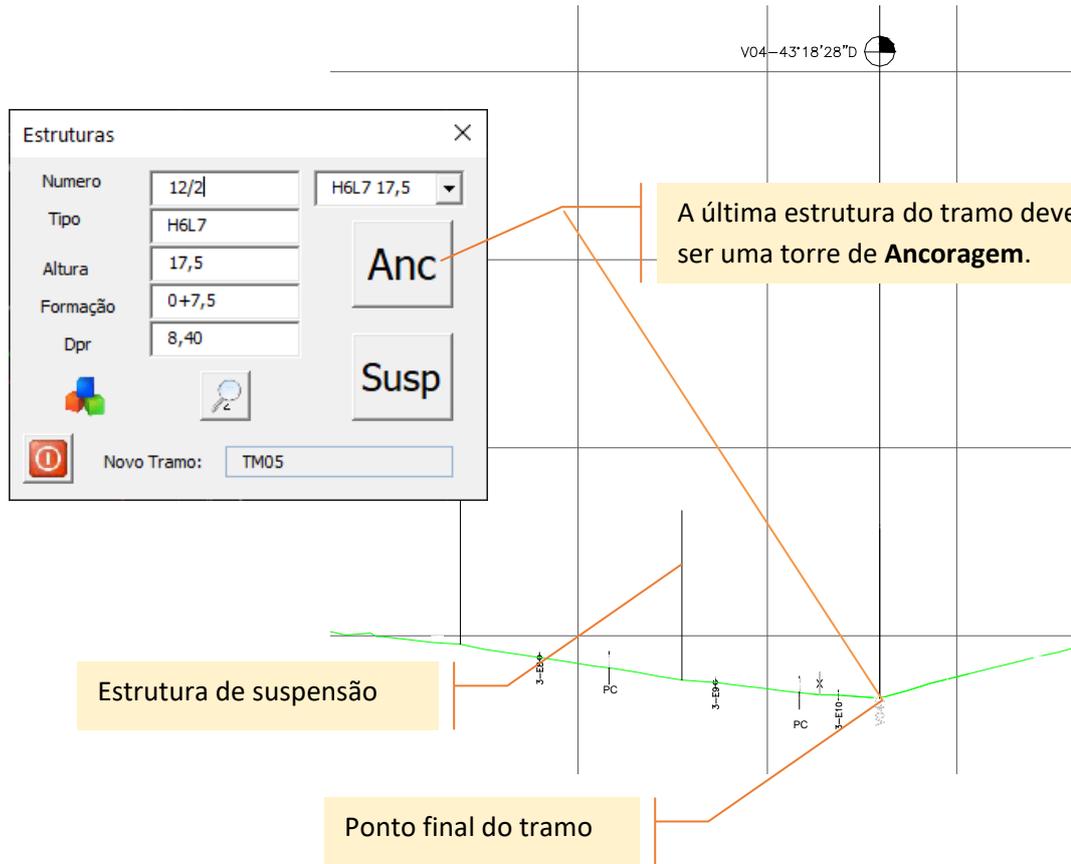


Dado o ponto inicial da locação, devemos preencher os dados da última estrutura locada e clicar no botão **Próxima**, para podermos continuar a locação.

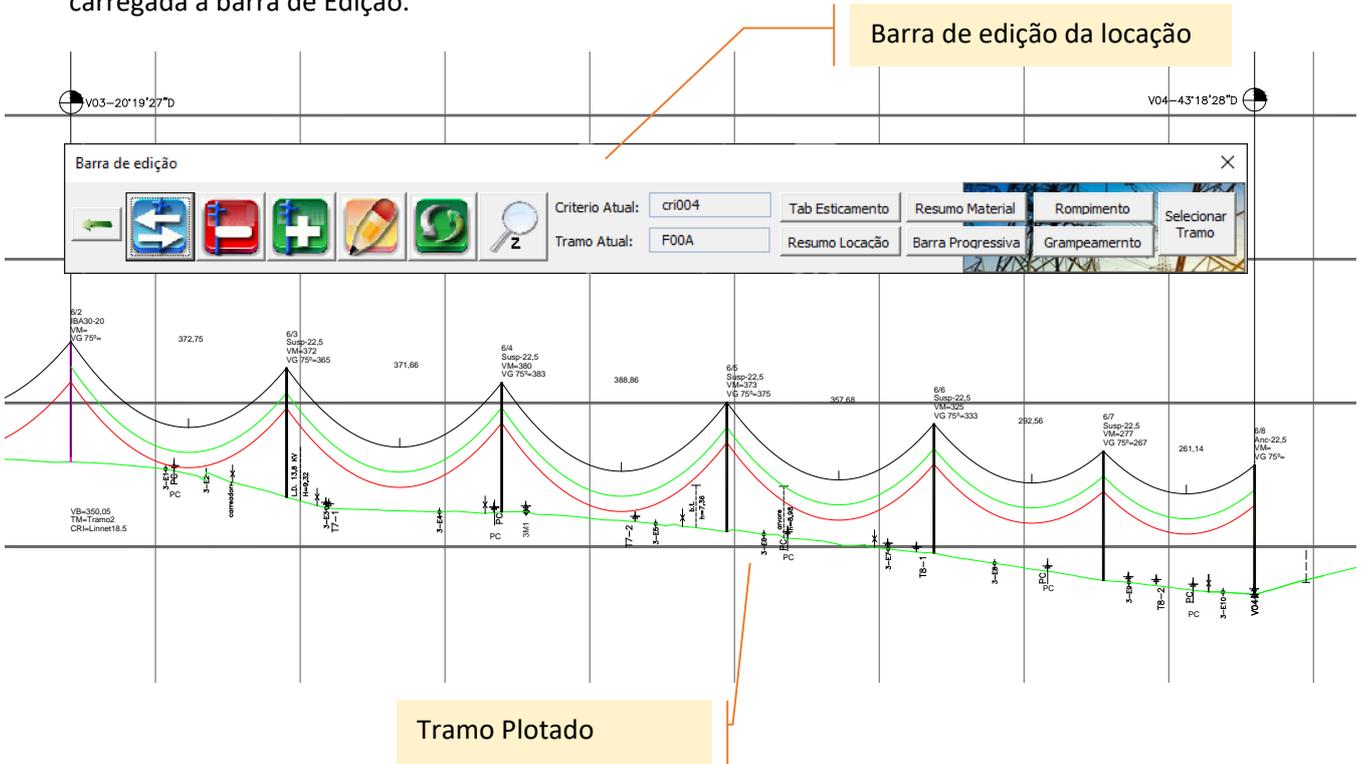
Próxima



Sempre devemos finalizar o tramo de locação com uma estrutura de **Ancoragem**.

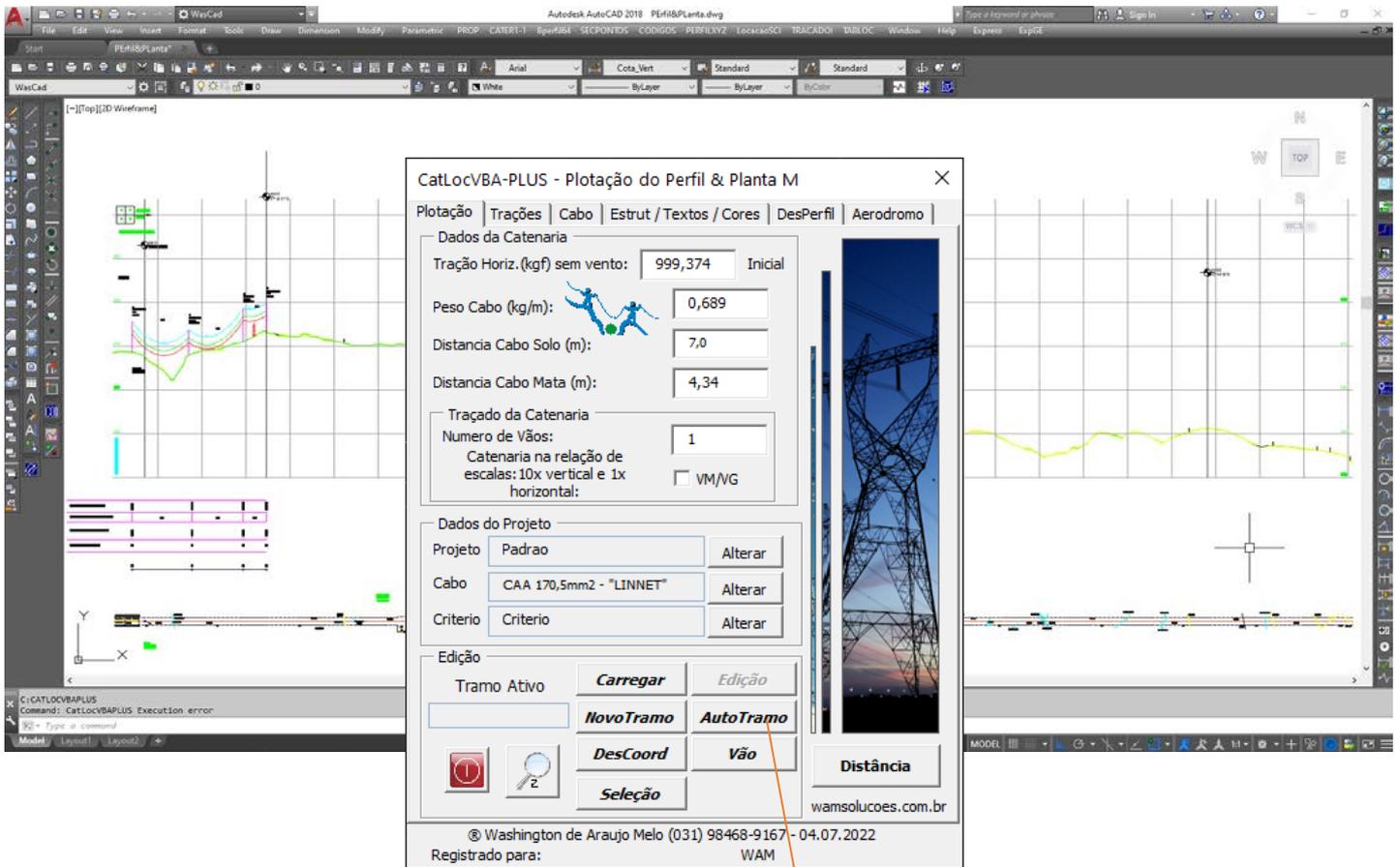


Após finalizada a locação, são desenhadas as catenárias e escritas as informações de cada estrutura e carregada a barra de Edição.

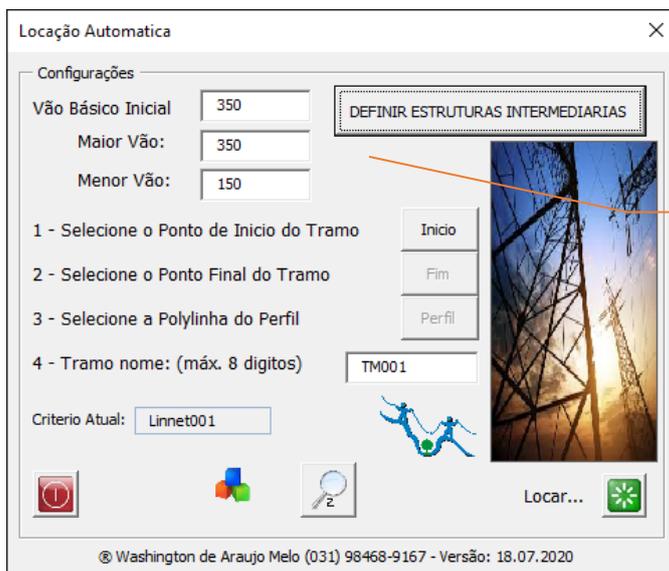


### 3.8.3 *Locação Otimizada de um Tramo inteiro no Perfil e Planta*

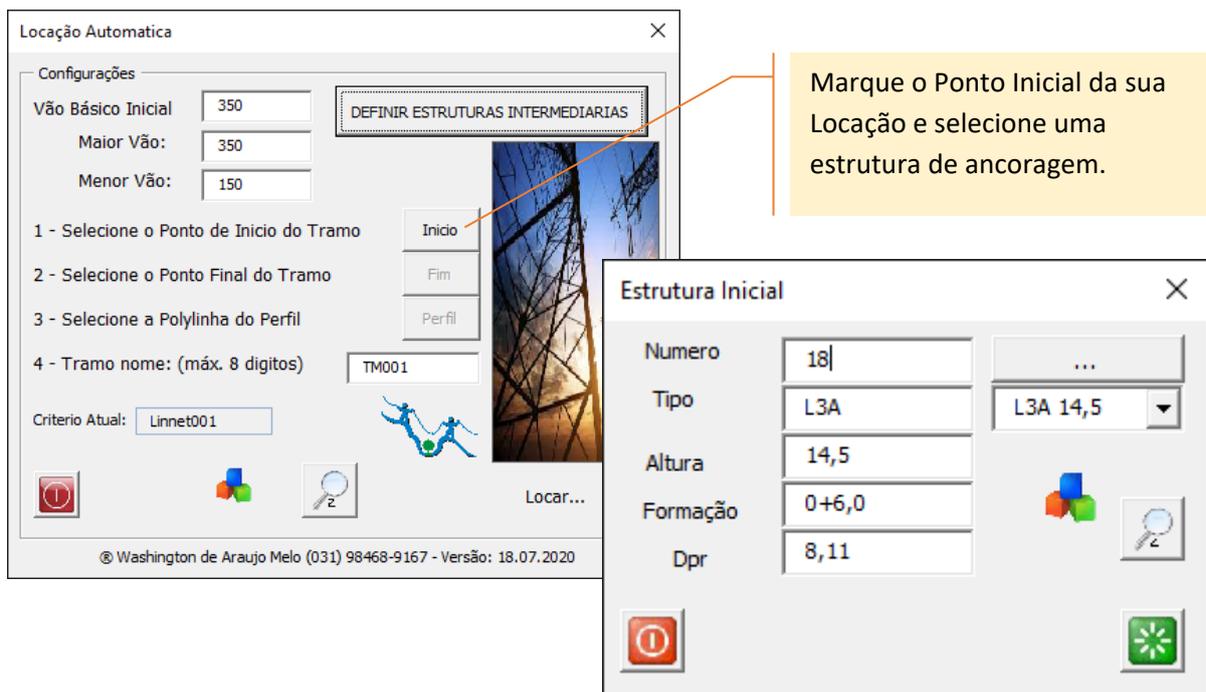
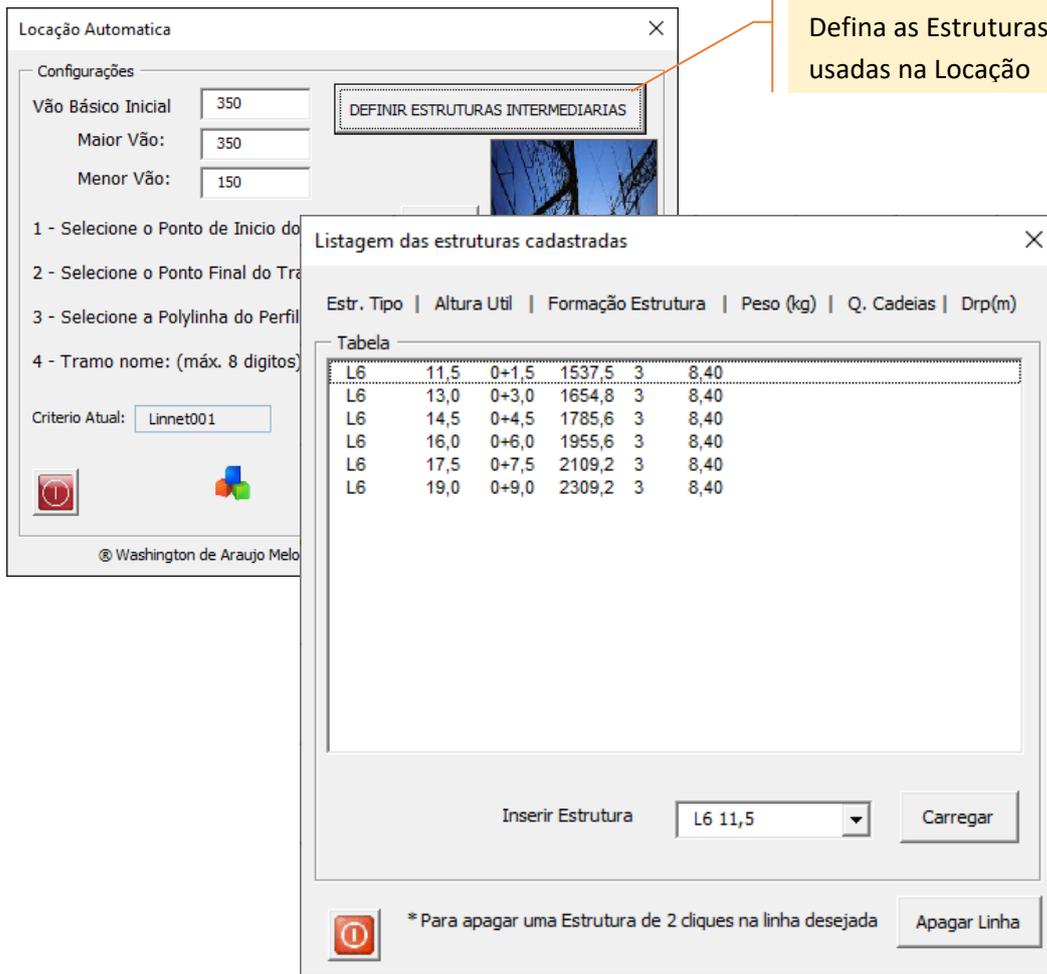
Prepare conforme já informado acima o seu Perfil no AutoCad, configure seus critérios e clique no botão **Auto Tramo**, conforme imagem, abaixo.

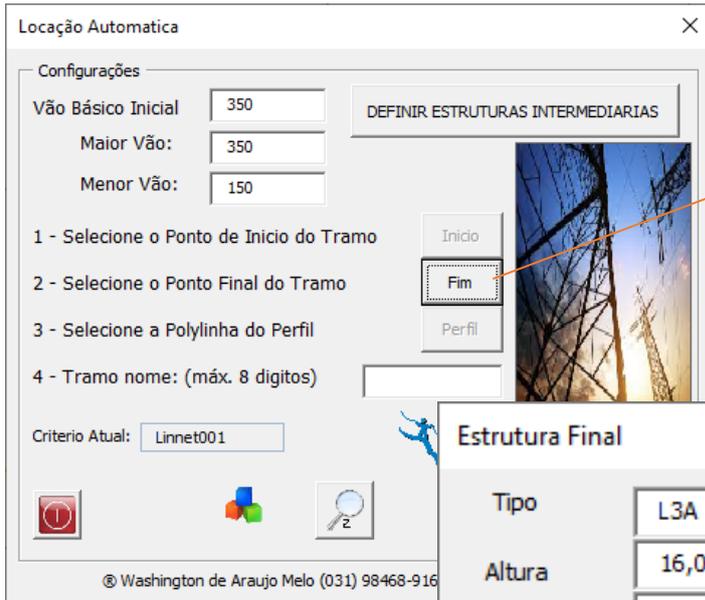


Botão AutoTramo

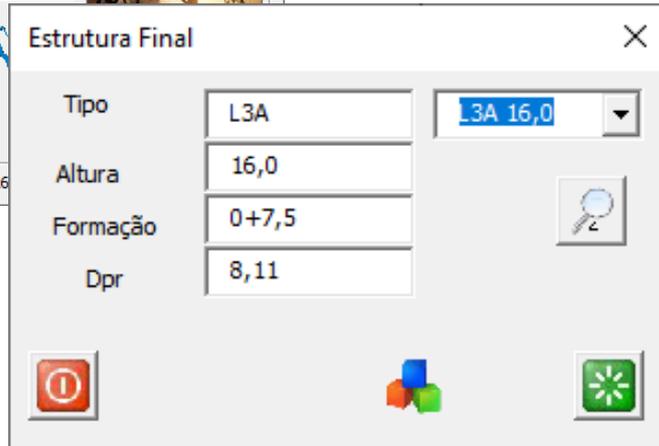


Preencha os Dados Solicitados





Marque o Ponto Final da sua Localização e selecione uma estrutura de ancoragem.



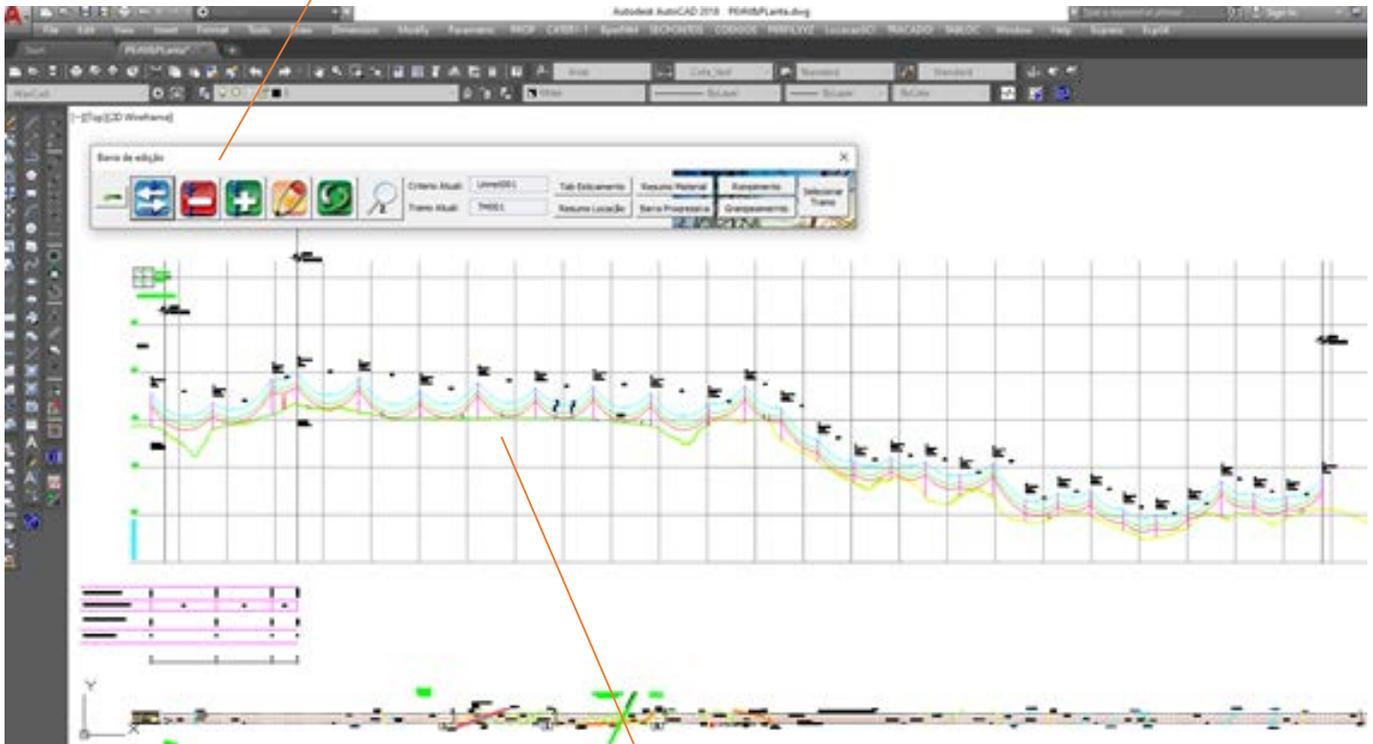
Selecione a linha do seu Perfil, (Obs. A linha deve ser uma polylinha inteira de todo o Tramo).



Digite um nome para o seu novo Tramo

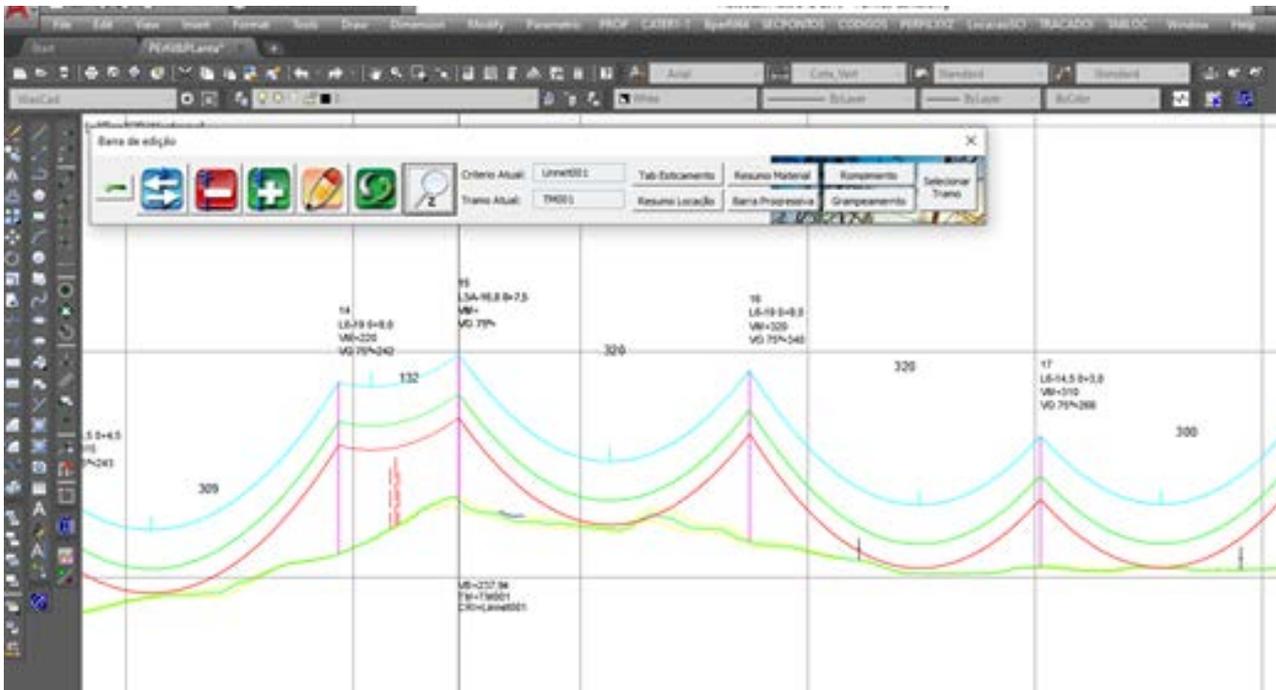
Clique em locar

Barra de Edição acionada



Localção de Todo o Tramo Finalizada

Após o final da Locação Otimizada o vão básico do tramo é recalculado automaticamente conforme a locação atual, assim agora é possível para o projetista fazer a verificação das estruturas e outros obstáculos usando a barra de edição do Tramo.

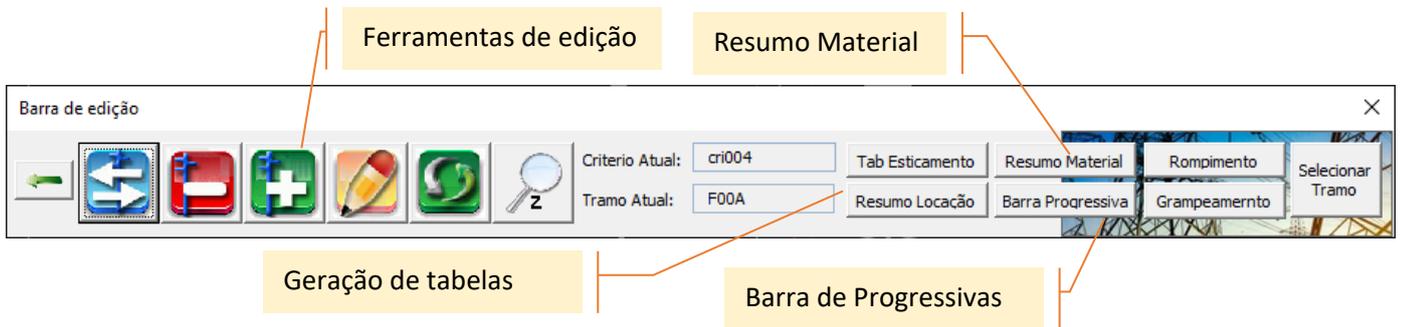


Assista ao vídeo de apresentação do recurso da Locação Otimizada pela altura das Estruturas.

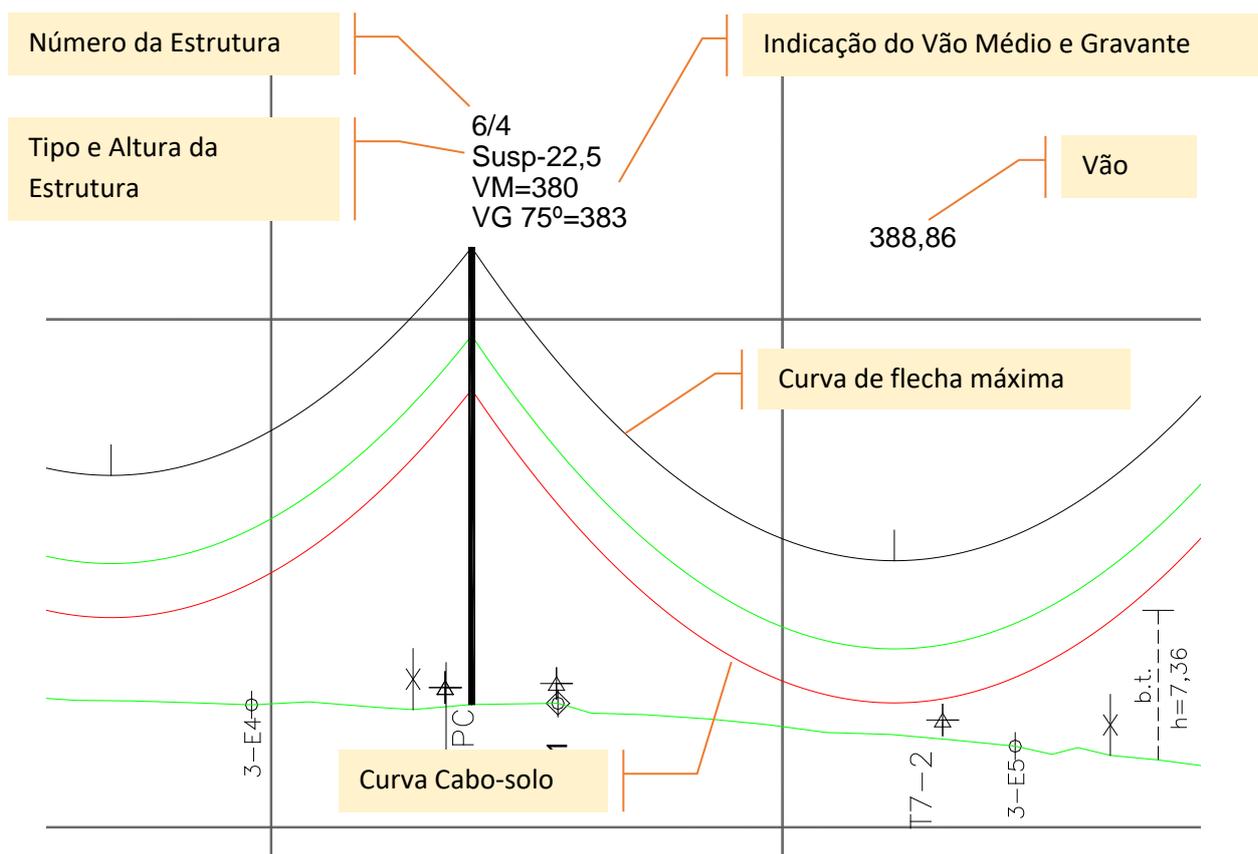
<https://www.youtube.com/watch?v=ZD48jy06LEU>

### 3.9 Barra de Edição

Usando a Barra de Edição, podemos caso necessário, mover uma estrutura, deletar uma estrutura, inserir uma nova estrutura no perfil, editar os dados de uma estrutura existente e gerar as tabelas de apoio ao projeto, como um resumo da locação e a tabela de esticamento dos cabos.



Com as curvas catenárias lançadas no Perfil e Planta, podemos checar a aplicação das estruturas de acordo com o seu gráfico de aplicação, usando as informações de Vão médio e Vão Gravante, descritas no topo de cada estrutura, e verificamos as possíveis interferências (obstáculos), com a posição das estruturas, em relação a estradas, cercas, erosões, LD's, córregos, etc.. conforme desenho da planta abaixo.



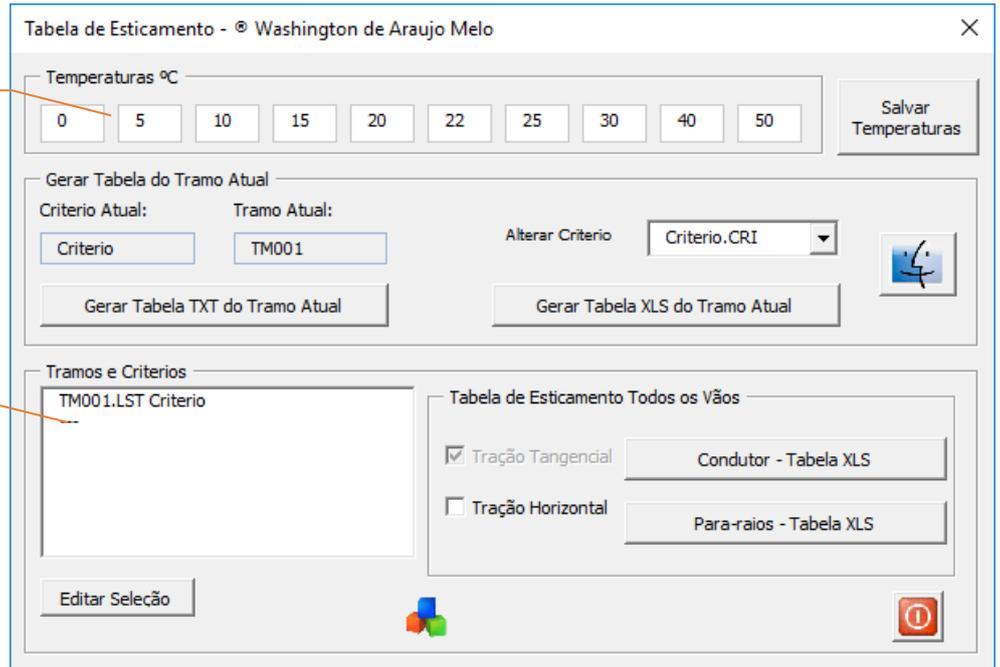
Terminada a conferencia da aplicação das estruturas e verificação de obstáculos, passamos para o preenchimento do restante das informações de cada estrutura de acordo com os padrões do Projeto.

### 3.9.1 Tabelas e Barra de Progressivas Geradas pelo Programa



Geração da **Tabela de Esticamento** dos Cabos

Temperaturas



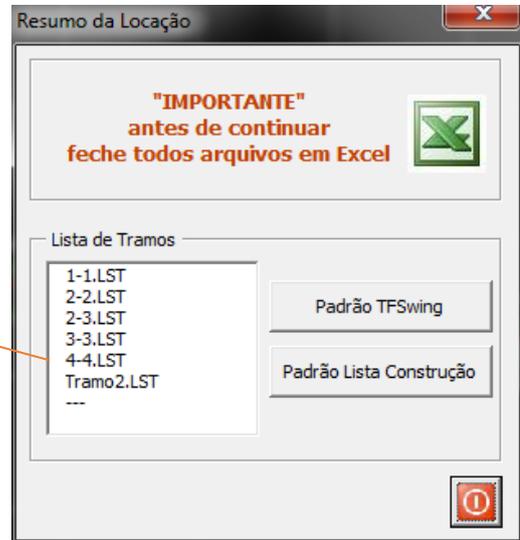
Tramos Locados

Padrão de saída da tabela



Geração da **Tabela de Resumo das Estruturas, Vãos, Progressivas e Cotas** do trecho Locado.

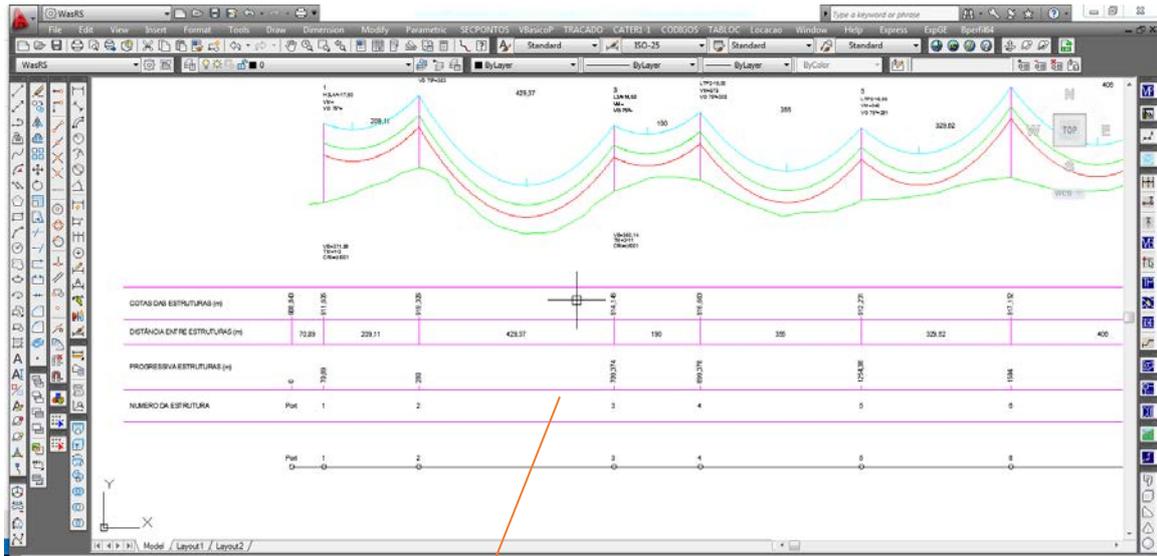
Tramos Locados



Projeto Eletromecânico de Linhas de Transmissão - Plotação de um Tramo usando o programa CatlocVBA



Geração da Barra de Progressivas



Geração da Barra de Progressivas

COTAS DAS ESTRUTURAS (m)	908,643	911,635	919,626	914,146	916,663
DISTÂNCIA ENTRE ESTRUTURAS (m)	70,89	209,11	429,37	190	
PROGRESSIVA ESTRUTURAS (m)	0	70,89	280	709,374	899,378
NUMERO DA ESTRUTURA	Port	1	2	3	4

Barra de Progressivas e Demais informações da locação



Resumo de Materiais

### Resumo da Localização Atual

Tipo | Altura | Quantidade Estruturas | Quantidade Arranjos | Peso

---  
Comprimento do Cabo - 1 Cabo por Fase - Circuito Simples: CAA 170,5mm<sup>2</sup> - "LINNET" 10468,66m  
---  
Estrutura Tipo: DL3A - Altura de 13,0 - Quantidade: 1 - Arranjos 12 - Peso: 7026,93 kg  
Estrutura Tipo: DL3A - Altura de 14,5 - Quantidade: 1 - Arranjos 12 - Peso: 7345,89 kg  
Estrutura Tipo: DL1 - Altura de 20,5 - Quantidade: 1 - Arranjos 12 - Peso: 3183,5 kg  
Estrutura Tipo: DL1 - Altura de 26,5 - Quantidade: 2 - Arranjos 24 - Peso: 8124 kg  
Estrutura Tipo: DL3A - Altura de 29,5 - Quantidade: 1 - Arranjos 12 - Peso: 11276,76 kg  
Estrutura Tipo: DL3 - Altura de 25,0 - Quantidade: 2 - Arranjos 24 - Peso: 8576 kg  
Estrutura Tipo: DL3 - Altura de 22,0 - Quantidade: 2 - Arranjos 24 - Peso: 7353 kg  
Estrutura Tipo: DL3A - Altura de 22,0 - Quantidade: 1 - Arranjos 12 - Peso: 9696,64 kg  
---  
Peso Total das Estruturas: 62582,72  
---

Tramos:

- Port-01.LST
- TRM01.LST
- TRM02.LST
- 

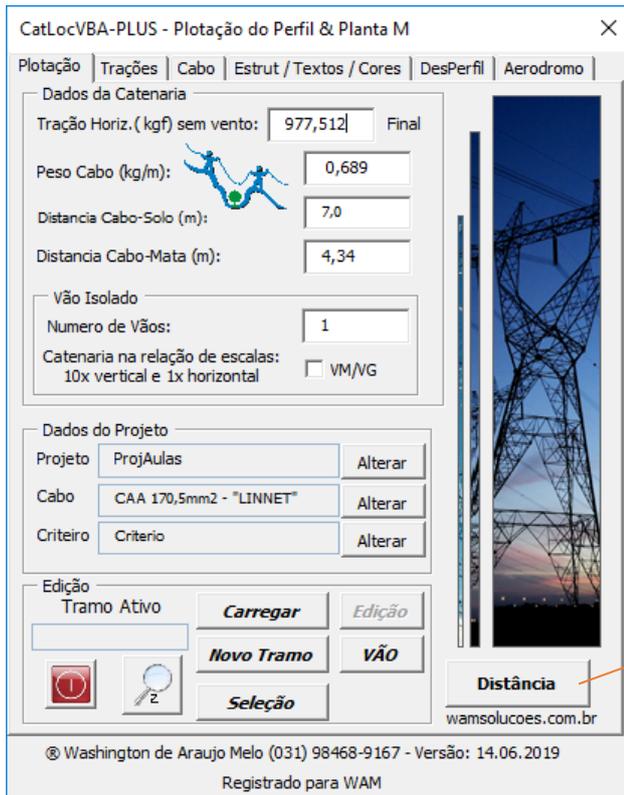
**"IMPORTANTE"**  
antes de continuar  
feche todos arquivos em Excel

Gerar Lista Resumo

Numero de cabos por fase:

Circuito Simples    Gerar Arquivo Excel  
 Circuito Duplo

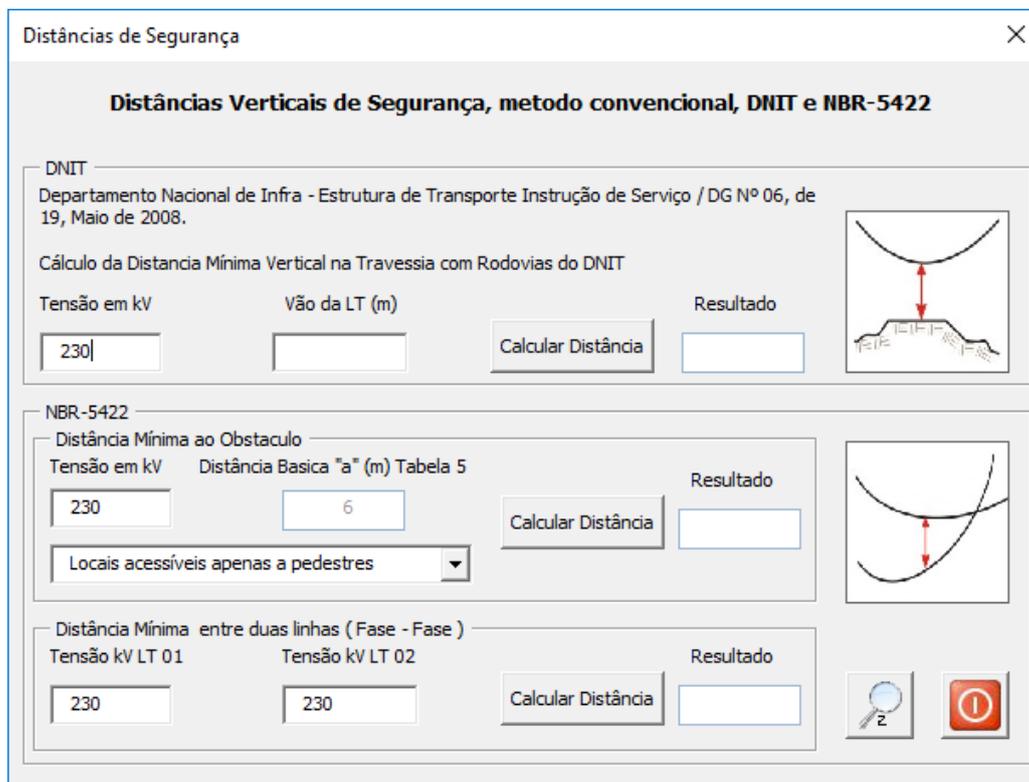
#### 4. Distâncias Verticais de Segurança



- Durante a Protação do Perfil e Planta, muitas vezes é preciso verificar as distâncias Verticais de segurança nos pontos como travessias sobre rodovias, Linhas de menor tensão ou travessias Sob Linhas de maior tensão. Assim de forma simples podemos clicar no Botão **Distâncias** que fica na janela principal do programa e fazemos algumas verificações.

Distâncias Verticais de Segurança

Ao clicarmos no botão **Distâncias** é aberta a janela Distancias de segurança.



## DNIT

Na janela Distâncias de Segurança é apresentado de forma simples o cálculo das alturas mínimas de segurança, com travessias sobre Rodovias, usando o cálculo do DNIT – Departamento Nacional de Infra Estrutura de Transporte em sua Instrução de Serviço / DG Nº 06, de 19 de Março de 2018, sendo necessário somente entrar com os valores de tensão da linha em kV e o Vão da LT em metros, ao clicar no botão calcular e fornecido o resultado no campo ao lado.

**Distâncias de Segurança**

**Distâncias Verticais de Segurança, metodo convencional, DNIT e NBR-5422**

**DNIT**  
Departamento Nacional de Infra - Estrutura de Transporte Instrução de Serviço / DG Nº 06, de 19, Maio de 2008.  
Cálculo da Distancia Mínima Vertical na Travessia com Rodovias do DNIT

Tensão em kV	Vão da LT (m)	Calcular Distância	Resultado
230	450		12,75

**NBR-5422**  
Distância Mínima ao Obstaculo  
Tensão em kV    Distância Basica "a" (m) Tabela 5

Tensão em kV	Distância Basica "a" (m) Tabela 5	Calcular Distância	Resultado
230	6		6,89

Locais acessíveis apenas a pedestres

**Distância Mínima entre duas linhas ( Fase - Fase )**  
Tensão kV LT 01    Tensão kV LT 02

Tensão kV LT 01	Tensão kV LT 02	Calcular Distância	Resultado
230	230		2,99

## NBR-5422

Na janela também podemos verificar as alturas mínimas ao obstáculo conforme norma NBR-5422, onde entramos com a tensão em kV e escolhemos na linha abaixo o obstáculo atravessado, assim clicando no botão **Calcular Distância**, o resultado e fornecido no campo ao lado.

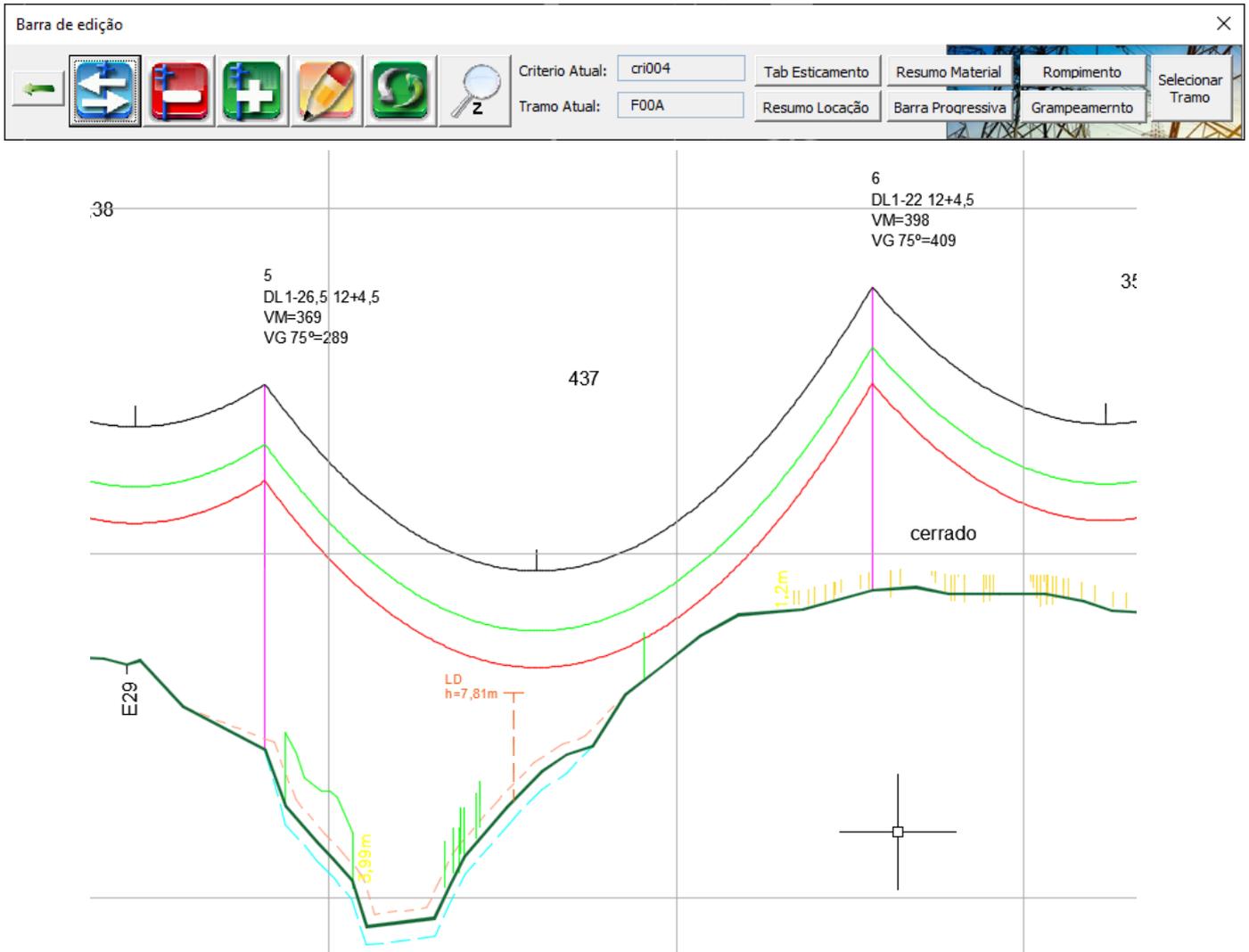
E mais abaixo podemos fazer a verificação das distâncias mínimas entre duas linhas sendo Fase a Fase, entrando com a tensão da primeira linha no primeiro campo e a tensão da segunda linha no segundo campo, assim clicando no botão **Calcular Distância**, o resultado e fornecido no campo ao lado.

Referencia.:

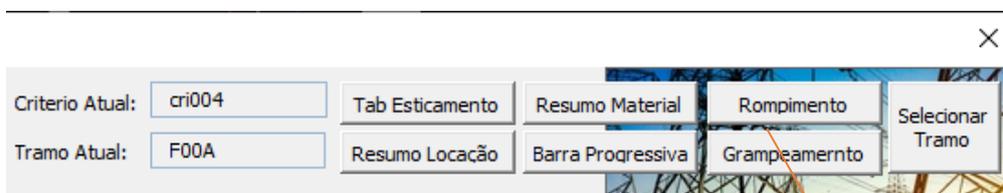
Item 10.3.1 da NBR-5422:Projetos de Linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.

### 5. Desenho da catenária e cálculo da distancias de segurança na condição de Cabo Rompido.

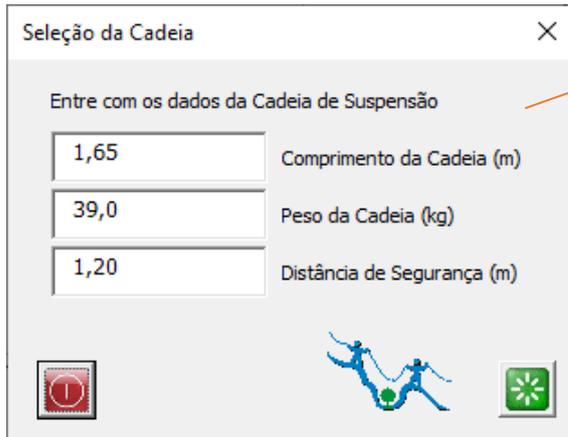
Para calcular a distancia de segurança de um obstáculo ao cabo na condição de Cabo Rompido.



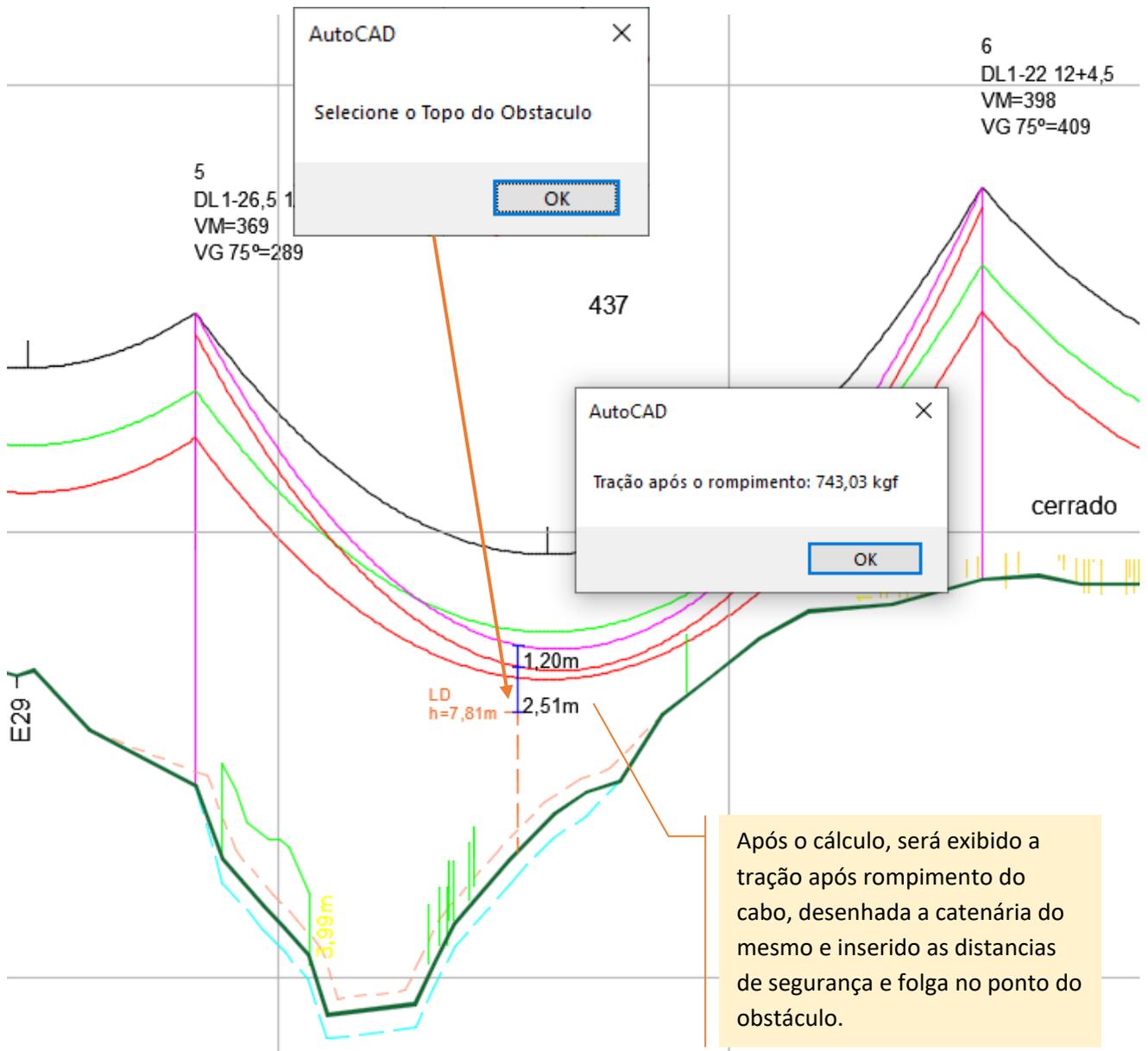
- Selegione o tramo de locação e na barra de edição, clique no botão Rompimento



Calcular Rompimento do Cabo:



Preencha os dados da Cadeia de suspensão usada no projeto, conforme quadro Seleção da Cadeia;



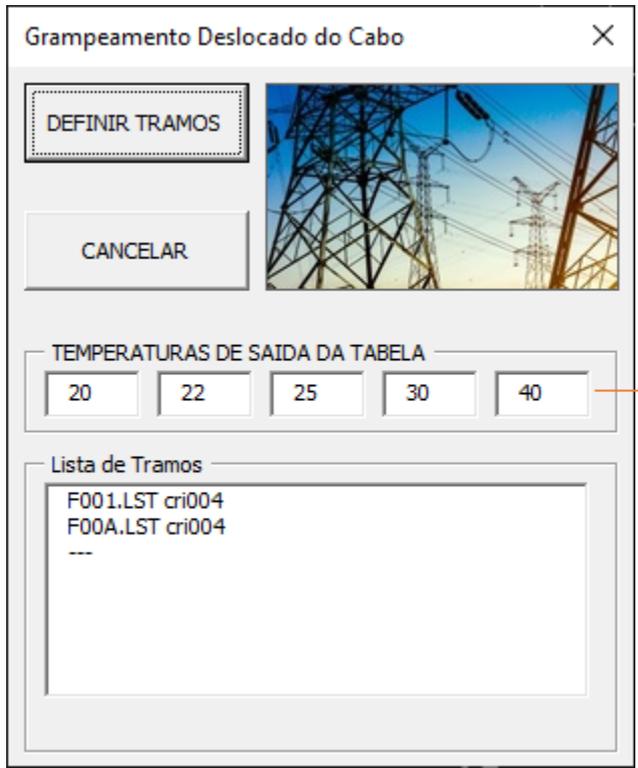
Após o cálculo, será exibido a tração após rompimento do cabo, desenhada a catenária do mesmo e inserido as distancias de segurança e folga no ponto do obstáculo.

### 6. Gerar a Tabela de Grampeamento deslocado – Clipping Offset.



Para Gerar as Tabelas de Grampeamento Deslocado clique no botão Grampeamento.

A passagem dos cabos para as flechas sobre grampos, após ajustados nas flechas sobre roldanas, é feita executando-se o grampeamento deslocado do prumo da cadeia, considerando-se os valores das correções calculados para cada vão



Na Janela grampeamento Selecione as Temperaturas de saída dos cálculos e clique em Definir Tramos

Na Janela de Tramos leia com atenção as dicas na direita da tela e selecione seus tramos de Grampeamento.

Tramos de Grampeamento

| Torre1 | Torre2 | Vão (m) | Denivel | Vão Basico | Tramo Numero | Criterio | Cabo | Grampeamento |

Tabela

T.01	T.02	476,6	-15,4	504,8	1	Criterio	CAA RAVEN 1/0	A
T.02	T.03	528,92	3,66	504,8	1	Criterio	CAA RAVEN 1/0	
T.03	T.04	337,74	-4,14	329,86	2	Criterio	CAA RAVEN 1/0	S
T.04	T.05	330,64	1,76	329,86	2	Criterio	CAA RAVEN 1/0	
T.05	T.06	320,51	7,33	329,86	2	Criterio	CAA RAVEN 1/0	
T.06	T.07	266,53	-5,57	314,82	3	Criterio	CAA RAVEN 1/0	S
T.07	T.08	341,04	4,82	314,82	3	Criterio	CAA RAVEN 1/0	
T.08	T.09	338,18	-2,73	314,82	3	Criterio	CAA RAVEN 1/0	
T.09	T.10	325,35	8,86	314,82	3	Criterio	CAA RAVEN 1/0	
T.10	T.11	337,01	-7,46	314,82	3	Criterio	CAA RAVEN 1/0	
T.11	T.12	298,53	-0,47	314,82	3	Criterio	CAA RAVEN 1/0	
T.12	T.13	319,52	5,53	314,82	3	Criterio	CAA RAVEN 1/0	
T.13	T.14	244,94	2,46	314,82	3	Criterio	CAA RAVEN 1/0	
T.14	T.15	319,79	4,53	314,82	3	Criterio	CAA RAVEN 1/0	

-- IMPORTANTE --

1. Para Selecionar um vão, de dois cliques na linha do vão.
2. Para Vãos de Ancoragem Selecione a letra "A"
3. Selecione somente o primeiro vão do Tramo de Grampeamento usando a letra "S"

Editar Linha (A / S)

Linha da Tabela

Definição do Tramo

Linha do Trecho

T.01

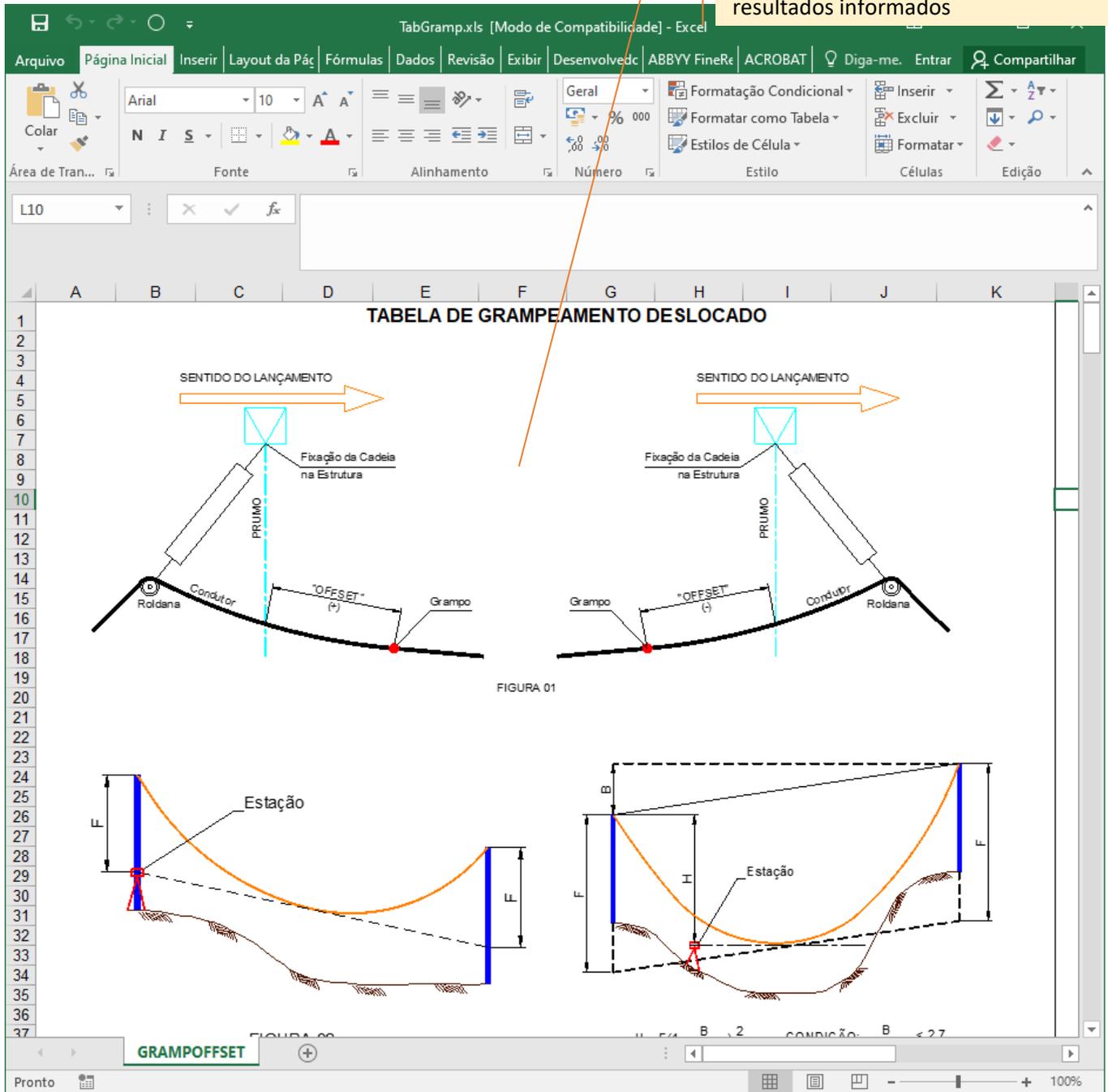
A / S

A

Ao selecionar uma linha é aberta a janela para definição do Tramo A ou S

Depois de definir seus tramos e confirmar as alterações o programa solicita um nome e local para salvar a tabela de Grampeamento deslocado e gera a mesma conforme exemplo abaixo.

Ilustração de como interpretar os resultados informados





## 7. Calcular a tração de um Vão ou Tramo onde o Cabo é conhecido.

Abra o programa **CatlocVBA**, em seguida clique na aba **Trações** e depois na sub Aba **CalcularVão**.

3  
DL1-26,5 12+4,5  
VM=364  
VG 75°=392

383,62

4  
DL3A-29,5 12+9  
VM=  
VG 75°=

4,07m

CatLocVBA-PLUS - Plotação do Perfil & Planta M

Plotação | Trações | Cabo | Estruturas / Textos / Cores

Critérios | Trações e Flechas | Relatório Trações e Flechas | CalcularVão

Use essa aba p/ Calcular a Tração de um vão onde o seu cabo é conhecido.

1º Seleção o Cabo do Vão

1/2 EHS

Carregar Cabo

Cabo Selecionado

Calcular Tração do Vão

Na aba CalcularVão,  
1 - Primeiro selecione o cabo do trecho onde se deseja calcular a tração.  
2 - Depois clique no botão "Calcular Tração do Vão"

© Washington de Araujo Melo (031) 98468-9167 - Versão: 13.01.2019  
Registrado para WAM

Siga as instruções solicitadas;

AutoCAD

Clique no Topo da Segunda Torre

OK

4  
DL3A-29,5 12+9  
VM=  
VG 75°=

AutoCAD

Clique no Topo da Primeira Torre:

OK

Vão: 383,62m  
Tração: 965,12kgf  
Peso: 0,689kgf/m  
Comprimento Cabo: 385,32m

383,62

3  
DL1-26,5 12+4,5  
VM=364  
VG 75°=392

AutoCAD

Clique no cabo em um ponto do vão

OK

4,07m

CatLocVBA-PLUS - Plotação do Perfil & Planta M

Plotação | Trações | Cabo | Estruturas / Textos / Cores

Critérios | Trações e Flechas | Relatório Trações e Flechas | CalcularVão

Use essa aba p/ Calcular a Tração de um vão onde o seu cabo é conhecido.

1º Seleção do Cabo do Vão

CAA 170,5mm2 - LINNET®

Carregar Cabo

CAA 170,5mm2 - LINNET®

Cabo Selecionado

Calcular Tração do Vão

Vão: 383,62m  
Tração: 965,12kgf  
Peso: 0,689kgf/m  
Comprimento Cabo: 385,32m

Seleção do Critério | Criar Critério | Deletar Critério | Pasta Projeto

Critério.CRI

Critério.CRI

Textos Critérios | Escreva os textos no AutoCad

© Washington de Araujo Melo (031) 98468-9167 - Versão: 13.01.2019  
Registrado para WAM

No final será exibido o resultado dos cálculos

## 8. Desenho do Perfil usando uma Tabela de Coordenadas.

Use essa aba para desenhar um perfil do terreno no AutoCad, use a planilha que está na pasta do programa CatlocVBA, preencha a planilha com as coordenadas dos pontos do terreno e a carregue usando a janela desPerfil, conforme mostrado abaixo;

CatLocVBA-PLUS - Plotação do Perfil & Planta M

Plotação | Trações | Cabo | Estrut / Textos / Cores | DesPerfil | Aerodromo

Selecione o botão abaixo para desenhar um perfil, usando uma tabela em Excel, com as coordenadas UTM dos pontos de eixo do perfil, ou preencher a cota e Progressiva de um ponto.  
Tabela modelo "ModeloCoordPerfil.xls"  
Pasta "C:\CatLocVBAPLUS\".

DesPerfil | Cota&Progressiva

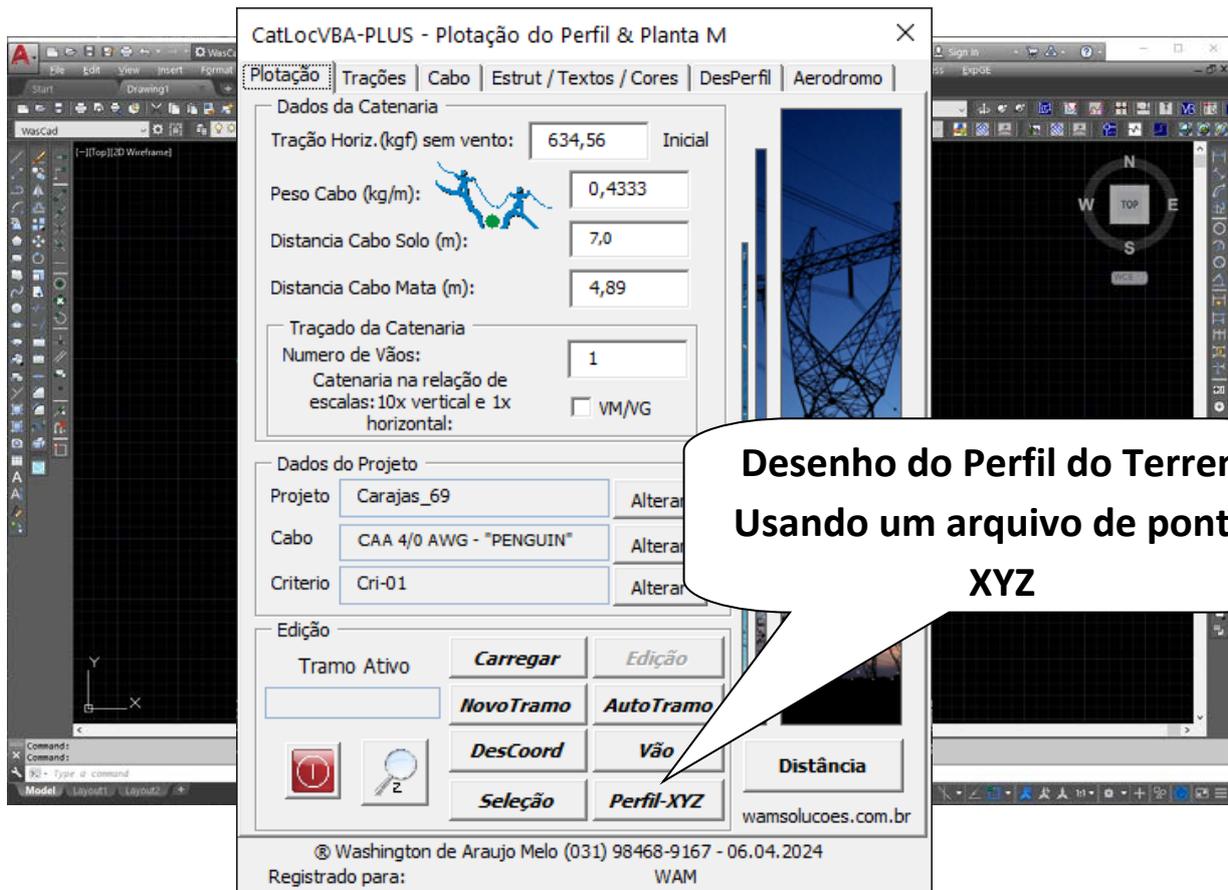
Desenho do Perfil Coordenadas Excel

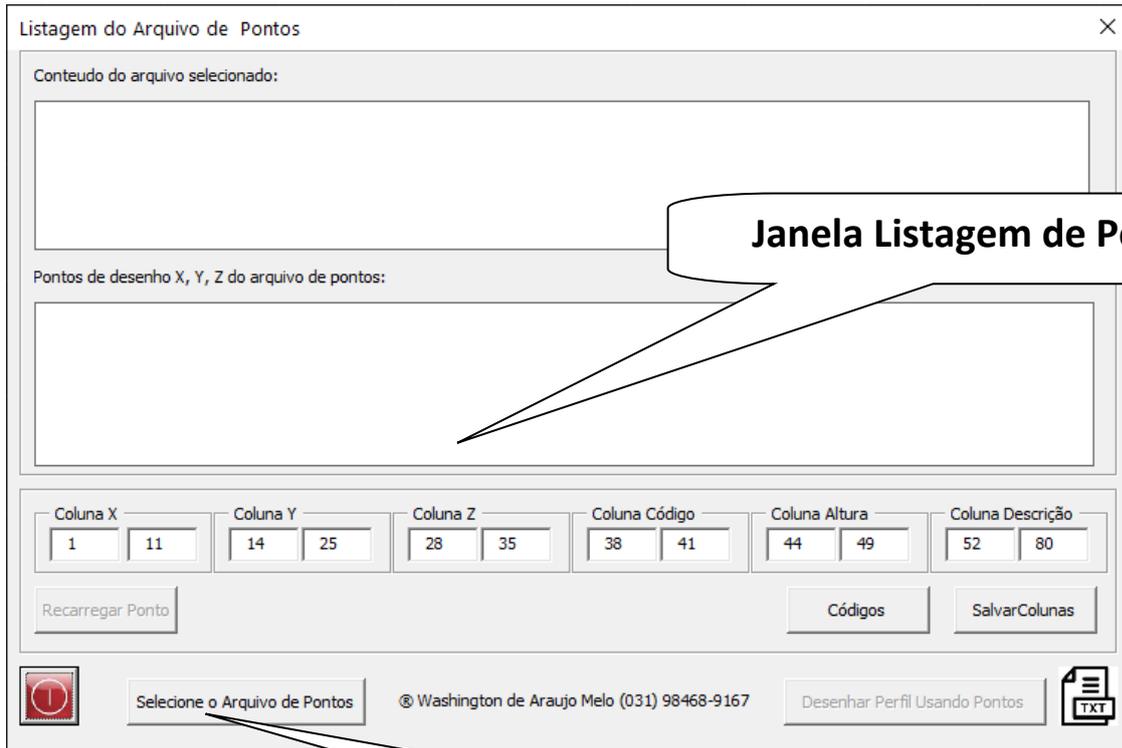
Exemplo:

	A	B	C	D
1	ID	Esta	Norte	Cota
2	1	368.127,37	9.653.201,11	141,58
3	2	368.187,54	9.653.177,64	135,72
4	3	367.822,83	9.653.163,61	163,37
5	4	367.073,20	9.653.089,20	141,31
6	5	366.917,27	9.653.028,10	148,02
7	6	366.032,00	9.652.975,10	142,90
8	7	366.051,58	9.652.899,65	133,49
9	8	365.652,17	9.652.839,07	145,03
10	9	365.201,63	9.652.771,65	105,53
11	10	364.813,55	9.652.441,75	107,65
12				
13	XY			
14				
15				

© Washington de Araujo Melo (031) 98468-9167 - Versão: 05.05.2019  
Registrado para WAM

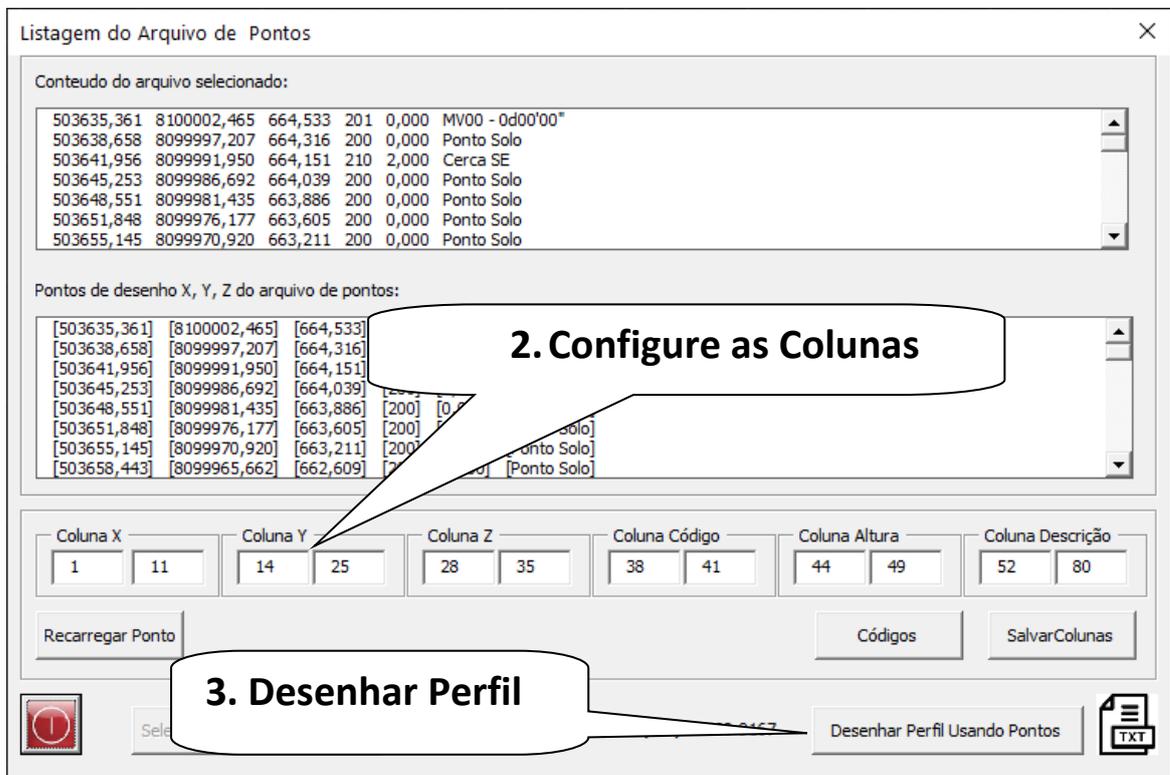
## 9. Desenho do Perfil usando um arquivo de Pontos XYZ.





**Janela Listagem de Pontos**

**1. Carregue seu arquivo**



**2. Configure as Colunas**

**3. Desenhar Perfil**

**4.Arquivo de pontos**

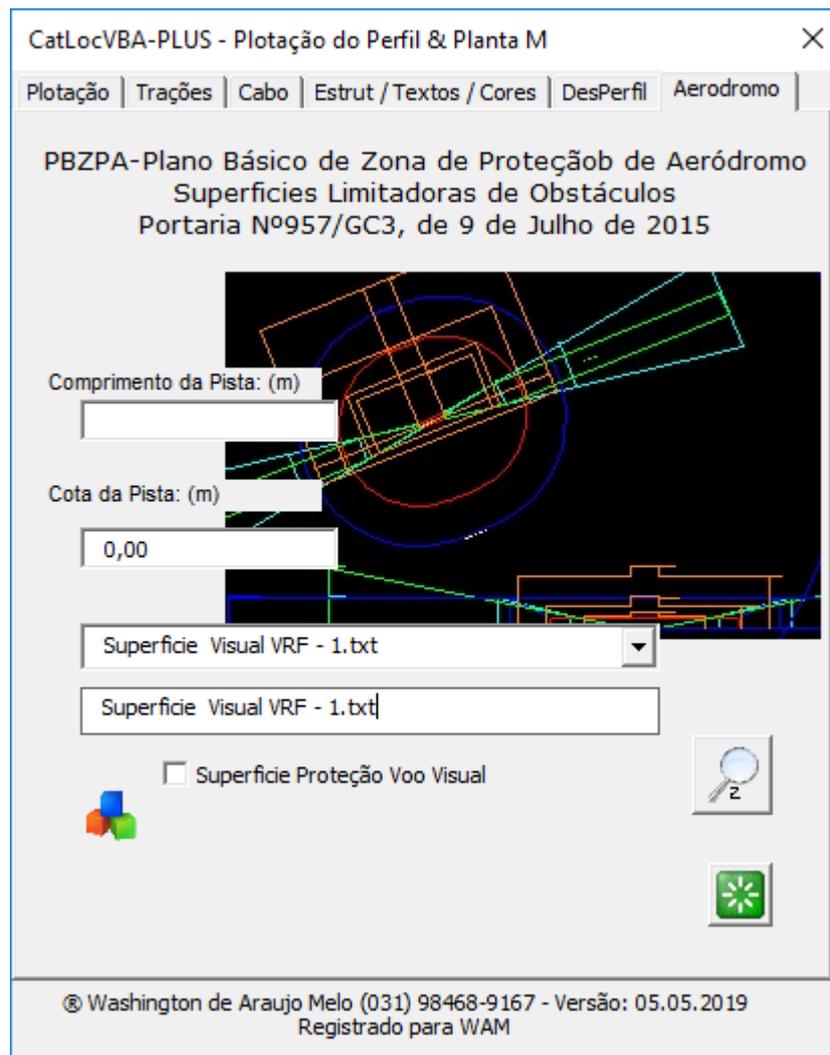
**5.Codigos Pré-cadastrados**

Códigos	Valor
Terreno :	200
Vertice :	201
Cerca :	210
Linha Energia :	610
Obstaculo Altura :	650
Arvore :	310
Mata :	320
Mata Ciliar :	330

**6.Geração do Perfil no AutoCad**

## 10.Desenho do PBZPA – Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo.

Use essa aba para desenhar as Superfícies Limitadoras de Obstáculos Aéreos, conforme a classificação do seu Aeródromo, inserindo o comprimento da pista e cota da mesma, conforme mostrado abaixo;

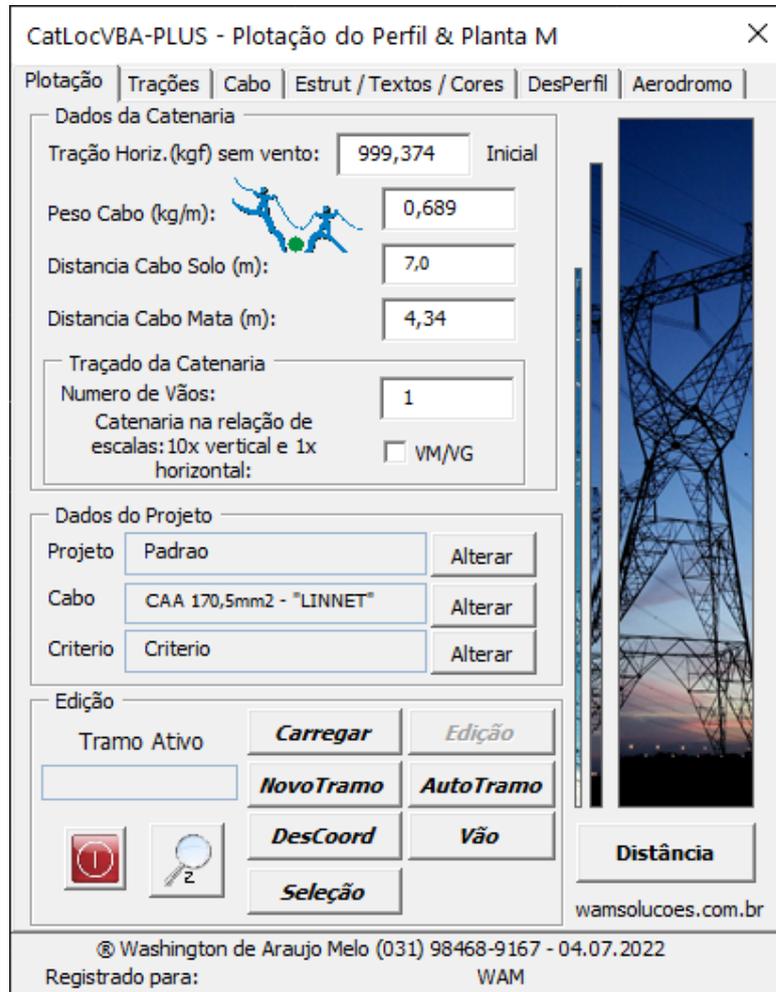


Vídeo de Apresentação do recurso

[https://www.youtube.com/watch?v=Wy2zIYAnkQ8&list=PLIPz-M1a\\_6bYuzstzGnFxlKriGI3qNW5z&index=22](https://www.youtube.com/watch?v=Wy2zIYAnkQ8&list=PLIPz-M1a_6bYuzstzGnFxlKriGI3qNW5z&index=22)

## Vídeos de Apresentação

**CatlocVBA** – Programa desenvolvido para otimizar a locação do Perfil e Planta no ambiente AutoCad.



Aplicativo desenvolvido para Projeto Eletromecânico de linhas de transmissão de energia, utilizando uma forma de cálculo baseada no vão básico, usando as equações de mudança de estado, para definição das trações e desenho de estruturas e catenárias no Perfil e Planta.

Assista a alguns vídeos de apresentação do programa.

CatLocVBA - Programa para Projetos de Linhas de Transmissão de Energia - Projeto Eletromecânico  
[https://www.youtube.com/watch?v=pJQK-8BaKKE&list=PLIPz-M1a\\_6bYuzstzGnFxlKriGI3qNW5z](https://www.youtube.com/watch?v=pJQK-8BaKKE&list=PLIPz-M1a_6bYuzstzGnFxlKriGI3qNW5z)