
TÍTULO: TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETOS DE TRAVESSIAS AÉREAS UTILIZANDO CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva

1. OBJETIVO

Estabelecer parâmetros técnicos para subsidiar a padronização dos critérios para adoção de tensões mecânicas de projeto quando da utilização de cabos singelos de alumínio com alma de aço nos projetos de travessias aéreas em Redes de Distribuição.

2. CONSIDERAÇÕES

Atualmente na Eletropaulo estão padronizados três tipos de cabos de alumínio com alma de aço (CAA) para utilização em travessias aéreas conforme descrito a seguir:

- Cabo CAA 1/0 AWG Código de Material 323.089, conforme Norma ABNT NBR-7270, conhecido no mercado como tipo RAVEN, constituído por sete tentos (um tento de aço e seis tentos de alumínio);
- Cabo CAA 336,4 MCM Código de Material 323.062, conforme Norma ABNT NBR-7270, conhecido no mercado como tipo LINNET, constituído por trinta e três tentos (sete tentos de aço e vinte e seis tentos de alumínio); e
- Cabo CAA 556,5 MCM Código de Material 323.075, conhecido no mercado como tipo OSPREY, não padronizado pela ABNT e constituído por dezenove tentos (um tento de aço e dezoito tentos de alumínio).

Na Norma PND 2.2 – Projeto de Redes de Distribuição Aérea Primária, consta na tabela “9.2. Dados Gerais dos Cabos CA e CAA” apenas os cabos CAA 1/0 AWG, CAA 3/0 AWG e CAA 336,4 MCM, sendo que na referida tabela os dados foram baseados em catálogos dos fabricantes e como o cabo CAA 3/0 AWG foi cancelado do padrão da Eletropaulo e atualmente temos também padronizado o cabo 556,5 MCM passamos a considerar os valores estabelecidos na Norma ABNT NBR-7270 e no STANDARD HANDBOOK ELECTRICAL ENGINEERS.

Na PND 2.2 foi considerada a tensão admissível no condutor igual a 1/7 da tensão de ruptura do mesmo e nesta Recomendação Técnica adota-se a tensão admissível igual a 1/10 da tensão de ruptura para os cabos CAA 1/0 AWG e CAA 336,4 MCM a exemplo da RT-2.001 e no caso particular do cabo CAA 556,5 MCM adotou-se a tensão admissível igual a 13,57% da tensão de ruptura para compatibilizarmos com a capacidade de suporte das estruturas padronizadas utilizadas em nossa Rede de Distribuição Aérea.

3. CRITÉRIOS ADOTADOS

Os critérios para dimensionamentos mecânicos dos cabos em Redes de Distribuição Aérea são oriundos das normas e critérios de projetos para Redes de Transmissão que são baseados na Norma ABNT NBR-5422 – Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica.

Como o processo de dimensionamento mecânico de flechas e tensão em cabos está associado a valores de temperatura, peso do cabo e pressão do vento sob o cabo, a NBR-

| | | | |
|------|----------------|-------------------------------------|-------------------|
| REF: | DATA: julho/03 | GERÊNCIA: PLANEJAMENTO E ENGENHARIA | ARQ: RT-2.002.DOC |
|------|----------------|-------------------------------------|-------------------|

TÍTULO: TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETOS DE TRAVESSIAS AÉREAS UTILIZANDO CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva

5422 estabelece a verificação de três condições básicas para definição da tensão de projeto, considerando-se o pior caso.

1ª Condição: A carga que atua na rede com maior período de duração supondo a temperatura média da região e sem incidências de ventos (a tensão admissível deve ser inferior a 20% da tensão de ruptura – para cabos CAA).

2ª Condição: A flecha mínima que atua na rede devido à temperatura mínima da região sem a incidência de ventos (a tensão admissível deve ser inferior a 33% da tensão de ruptura).

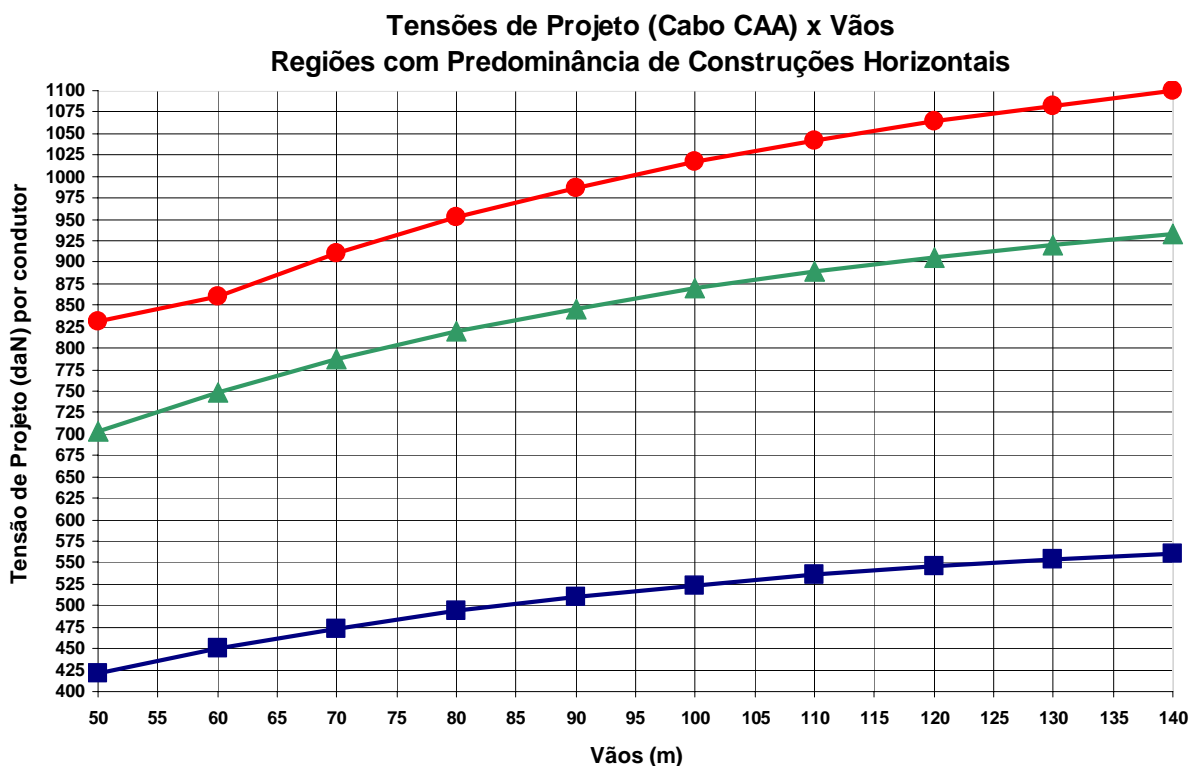
3ª Condição: A carga crítica com atuação de ventos máximos na temperatura média mínima da região (a tensão admissível deve ser inferior a 50% da tensão de ruptura).

4. VALORES DE TENSÃO MECÂNICA DE PROJETO

Considerando-se os critérios adotados determinam-se duas situações que estão representadas nos gráficos a seguir:

4.1. ÁREAS DE BAIXA URBANIZAÇÃO E/OU EDIFICAÇÕES HORIZONTAIS

As áreas onde existam grandes espaços abertos caracterizados como áreas rurais, periferias urbanas com poucas edificações baixas (horizontais) e/ou estradas onde possam ocorrer maior incidência de ventos adota-se o limite da NBR-5422 de ventos com velocidade máxima de 100 km/h.

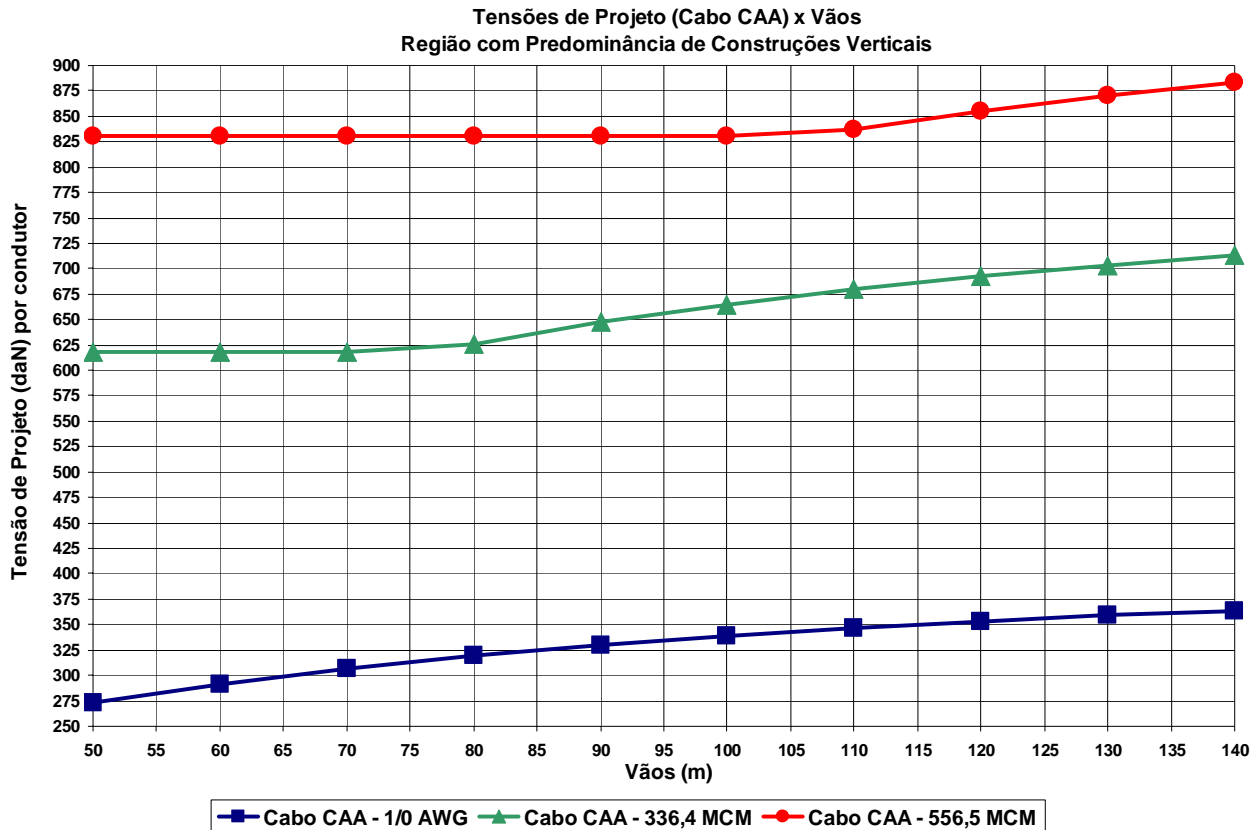


TÍTULO: TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETOS DE TRAVESSIAS AÉREAS UTILIZANDO CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva

4.2. ÁREAS DE ALTA URBANIZAÇÃO COM EDIFICAÇÕES VERTICAIS

Nas áreas onde exista uma grande ocupação do espaço urbano com edificações altas (verticais) que possam minimizar a incidência direta de ventos sobre a rede adota-se valor de vento com velocidade máxima de 60 km/h resultando no gráfico a seguir.



5. FLECHAS MÁXIMAS

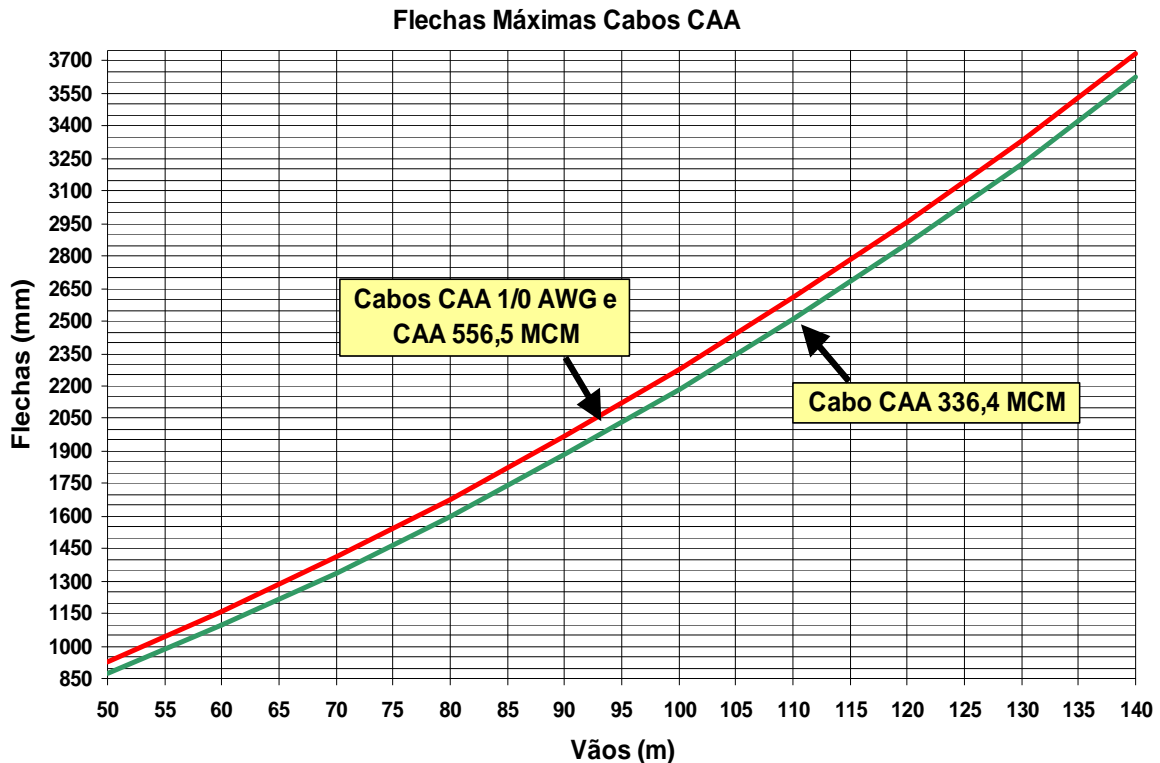
As características mecânicas dos cabos singelos de alumínio com alma de aço são estabelecidas na Norma ABNT NBR-7270 – Cabos de Alumínio para Linhas Aéreas, onde se verifica que o Módulo de Elasticidade varia em função da quantidade de tentos de aço e alumínio que compõem o cabo, e dessa forma, as deformações terão uma variação que no caso dos cabos CAA 1/0 AWG e CAA 556,5 MCM dentro dos parâmetros adotados coincidentemente em grandeza não é representativa de modo a permitir que se estabeleça o valor médio de flecha que atende as duas bitolas de cabos, porém para o cabo CAA 336.4 MCM verifica-se uma flecha diferenciada.

As maiores flechas ocorrem com as maiores temperaturas, assim deve ser verificado no projeto, se as flechas máximas atendem às distâncias de altura, principalmente, no caso de travessias de vias, onde devem ser obedecidos os gabaritos de alturas adotados pelos órgãos responsáveis (DNER, DERSA, Outros) e/ou estabelecidos por Normas Técnicas. O

TÍTULO: TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETOS DE TRAVESSIAS AÉREAS UTILIZANDO CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva

gráfico a seguir apresenta os valores de flechas máximas para verificação do projeto considerando a temperatura de 50°.



6. CONCLUSÃO

As estruturas básicas para travessia estão contempladas na PD 4.001, PD 4.002 e 4.003 para Redes de Distribuição Aérea Urbana nas tensões de 15 / 24,2 e 36,2 kV e deverá ser analisada a condição econômica mais adequada em função dos esforços resultantes.

Como nos casos de travessias temos normalmente vãos grandes, isso acarreta também em grandes flechas que normalmente ultrapassam numericamente ao distanciamento entre condutores na horizontal e deve-se utilizar sempre condutores instalados na mesma altura com a mesma bitola (fase e neutro), pois no caso de incidência de ventos os cabos irão se movimentar na mesma direção e frequência e caso seja utilizado condutores de bitolas diferentes os mesmos sob ação do vento irão oscilar em descompasso devido à área de absorção de ventos e pesos diferentes, podendo haver redução do distanciamento elétrico e até mesmo encontro de condutores.

Para que possamos utilizar as tensões mecânicas de projeto apresentadas e as flechas máximas a serem consideradas são necessários que em campo os cabos sejam instalados conforme as tabelas anexas que consideram os critérios desta Recomendação Técnica:

- Tração e flechas para Instalação de Cabo: Alumínio CAA - 1/0 AWG – Nú;
- Tração e flechas para Instalação de Cabo: Alumínio CAA - 336,4 MCM – Nú; e
- Tração e flechas para Instalação de Cabo: Alumínio CAA - 556,5 MCM – Nú.

| | | | |
|------|----------------|-------------------------------------|-------------------|
| REF: | DATA: julho/03 | GERÊNCIA: PLANEJAMENTO E ENGENHARIA | ARQ: RT-2.002.DOC |
|------|----------------|-------------------------------------|-------------------|

TÍTULO: TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETOS DE TRAVESSIAS AÉREAS UTILIZANDO CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva

Tração e flecha para Instalação do Cabo : Alumínio CAA - 1/0 AWG - Nú

| Temp. °C | A (m) = 50 | | A (m) = 60 | | A (m) = 70 | | A (m) = 80 | | A (m) = 90 | | A (m) = 100 | | A (m) = 110 | | A (m) = 120 | | A (m) = 130 | | A (m) = 140 | |
|-------------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
| | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) |
| 0 | 355 | 190 | 511 | 190 | 696 | 190 | 909 | 190 | 1150 | 190 | 1420 | 190 | 1718 | 190 | 2045 | 190 | 2400 | 190 | 2783 | 190 |
| 5 | 409 | 165 | 576 | 169 | 769 | 172 | 990 | 175 | 1237 | 177 | 1512 | 179 | 1815 | 180 | 2145 | 182 | 2503 | 183 | 2889 | 183 |
| 10 | 467 | 145 | 642 | 152 | 843 | 157 | 1070 | 162 | 1323 | 166 | 1602 | 169 | 1909 | 171 | 2243 | 174 | 2604 | 175 | 2992 | 177 |
| 15 | 526 | 129 | 709 | 137 | 916 | 145 | 1149 | 151 | 1407 | 156 | 1691 | 160 | 2001 | 163 | 2338 | 167 | 2702 | 169 | 3093 | 171 |
| 20 | 585 | 116 | 775 | 126 | 988 | 134 | 1226 | 141 | 1489 | 147 | 1777 | 152 | 2091 | 156 | 2432 | 160 | 2799 | 163 | 3192 | 166 |
| 25 | 642 | 105 | 838 | 116 | 1058 | 125 | 1301 | 133 | 1569 | 140 | 1861 | 145 | 2179 | 150 | 2523 | 154 | 2893 | 158 | 3289 | 161 |
| 30 | 697 | 97 | 900 | 108 | 1125 | 118 | 1374 | 126 | 1646 | 133 | 1943 | 139 | 2265 | 144 | 2612 | 149 | 2985 | 153 | 3384 | 157 |
| 35 | 750 | 90 | 959 | 101 | 1191 | 111 | 1445 | 120 | 1722 | 127 | 2023 | 134 | 2349 | 139 | 2699 | 144 | 3075 | 149 | 3478 | 152 |
| 40 | 801 | 84 | 1017 | 96 | 1254 | 106 | 1513 | 114 | 1795 | 122 | 2101 | 129 | 2430 | 135 | 2784 | 140 | 3164 | 144 | 3569 | 148 |
| 45 | 849 | 80 | 1072 | 91 | 1315 | 101 | 1580 | 110 | 1867 | 117 | 2176 | 124 | 2510 | 130 | 2868 | 136 | 3251 | 141 | 3659 | 145 |
| 50 | 896 | 75 | 1125 | 87 | 1374 | 96 | 1644 | 105 | 1936 | 113 | 2250 | 120 | 2588 | 126 | 2949 | 132 | 3335 | 137 | 3747 | 141 |

Tração e flecha para Instalação do Cabo : Alumínio CAA - 336,4 MCM - Nú

| Temp. °C | A (m) = 50 | | A (m) = 60 | | A (m) = 70 | | A (m) = 80 | | A (m) = 90 | | A (m) = 100 | | A (m) = 110 | | A (m) = 120 | | A (m) = 130 | | A (m) = 140 | |
|-------------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
| | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) |
| 0 | 338 | 618 | 487 | 618 | 662 | 618 | 865 | 618 | 1095 | 618 | 1352 | 618 | 1636 | 618 | 1946 | 618 | 2284 | 618 | 2649 | 618 |
| 5 | 389 | 537 | 548 | 549 | 733 | 559 | 944 | 566 | 1180 | 574 | 1443 | 579 | 1731 | 584 | 2046 | 588 | 2388 | 591 | 2756 | 594 |
| 10 | 444 | 470 | 612 | 491 | 805 | 509 | 1023 | 523 | 1265 | 535 | 1533 | 545 | 1826 | 554 | 2145 | 561 | 2489 | 567 | 2860 | 573 |
| 15 | 501 | 417 | 678 | 444 | 877 | 467 | 1101 | 486 | 1349 | 502 | 1621 | 515 | 1918 | 527 | 2241 | 537 | 2589 | 545 | 2962 | 553 |
| 20 | 559 | 374 | 742 | 405 | 949 | 431 | 1178 | 454 | 1431 | 473 | 1708 | 489 | 2009 | 503 | 2335 | 515 | 2686 | 526 | 3063 | 535 |
| 25 | 616 | 339 | 806 | 373 | 1018 | 402 | 1253 | 427 | 1511 | 448 | 1792 | 466 | 2097 | 482 | 2427 | 496 | 2781 | 508 | 3161 | 518 |
| 30 | 671 | 311 | 868 | 347 | 1086 | 377 | 1326 | 403 | 1589 | 426 | 1874 | 446 | 2184 | 463 | 2517 | 478 | 2875 | 491 | 3257 | 503 |
| 35 | 724 | 289 | 927 | 324 | 1151 | 356 | 1397 | 383 | 1664 | 407 | 1955 | 427 | 2268 | 446 | 2605 | 462 | 2966 | 476 | 3352 | 489 |
| 40 | 775 | 270 | 985 | 305 | 1215 | 337 | 1466 | 365 | 1738 | 389 | 2033 | 411 | 2350 | 430 | 2691 | 447 | 3056 | 462 | 3444 | 475 |
| 45 | 824 | 253 | 1040 | 289 | 1276 | 321 | 1533 | 349 | 1810 | 374 | 2109 | 396 | 2431 | 416 | 2775 | 434 | 3143 | 449 | 3535 | 463 |
| 50 | 871 | 240 | 1094 | 275 | 1336 | 306 | 1598 | 335 | 1880 | 360 | 2184 | 383 | 2510 | 403 | 2858 | 421 | 3229 | 437 | 3624 | 452 |

REF: DATA: julho/03 GERÊNCIA: PLANEJAMENTO E ENGENHARIA ARQ: RT-2.002.DOC

TÍTULO: TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETOS DE TRAVESSIAS AÉREAS UTILIZANDO CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO

AUTOR: Francisco Lourenço da Silva

Tração e flecha para Instalação do Cabo : Alumínio CAA - 556,5 MCM - Nú

| Temp. °C | A (m) = 50 | | A (m) = 60 | | A (m) = 70 | | A (m) = 80 | | A (m) = 90 | | A (m) = 100 | | A (m) = 110 | | A (m) = 120 | | A (m) = 130 | | A (m) = 140 | |
|-------------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
| | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) | f (mm) | T (daN) |
| 0 | 338 | 831 | 487 | 831 | 663 | 831 | 865 | 831 | 1095 | 831 | 1352 | 831 | 1636 | 831 | 1947 | 831 | 2285 | 831 | 2650 | 831 |
| 5 | 396 | 709 | 557 | 726 | 743 | 741 | 955 | 753 | 1192 | 764 | 1455 | 772 | 1744 | 780 | 2060 | 786 | 2402 | 791 | 2770 | 795 |
| 10 | 460 | 611 | 630 | 642 | 825 | 667 | 1044 | 689 | 1287 | 707 | 1556 | 722 | 1850 | 735 | 2170 | 746 | 2516 | 755 | 2887 | 763 |
| 15 | 525 | 535 | 704 | 575 | 906 | 608 | 1131 | 636 | 1381 | 659 | 1655 | 679 | 1954 | 696 | 2278 | 710 | 2627 | 723 | 3001 | 734 |
| 20 | 590 | 476 | 776 | 521 | 985 | 559 | 1217 | 591 | 1472 | 618 | 1751 | 642 | 2055 | 662 | 2382 | 679 | 2735 | 694 | 3113 | 708 |
| 25 | 652 | 431 | 847 | 478 | 1062 | 518 | 1300 | 553 | 1561 | 583 | 1845 | 609 | 2153 | 632 | 2485 | 651 | 2841 | 668 | 3222 | 684 |
| 30 | 713 | 394 | 914 | 443 | 1137 | 484 | 1381 | 521 | 1647 | 553 | 1936 | 580 | 2248 | 605 | 2584 | 626 | 2945 | 645 | 3329 | 662 |
| 35 | 771 | 364 | 980 | 413 | 1209 | 455 | 1459 | 493 | 1731 | 526 | 2025 | 555 | 2342 | 581 | 2682 | 603 | 3046 | 623 | 3434 | 641 |
| 40 | 826 | 340 | 1042 | 388 | 1278 | 431 | 1534 | 469 | 1812 | 502 | 2111 | 532 | 2432 | 559 | 2776 | 583 | 3144 | 604 | 3536 | 623 |
| 45 | 879 | 320 | 1102 | 367 | 1345 | 409 | 1607 | 448 | 1890 | 482 | 2194 | 512 | 2520 | 540 | 2869 | 564 | 3241 | 586 | 3636 | 606 |
| 50 | 929 | 302 | 1160 | 349 | 1410 | 391 | 1678 | 429 | 1966 | 463 | 2276 | 494 | 2606 | 522 | 2959 | 547 | 3335 | 569 | 3734 | 590 |

REF: DATA: julho/03 GERÊNCIA: PLANEJAMENTO E ENGENHARIA ARQ: RT-2.002.DOC