

1089



ANÁLISE DE RISCO
SISTEMA DE PROTEÇÃO
CONTRA DESCARGA ATMOSFÉRICA – SPDA
NBR – 54:2015

NBR-5419:2015

SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas)

Projeto: Antiga Prefeitura - Corumba

93
Risco SPDA
1090
th

1) Densidade e descargas atmosféricas para a terra [Ng]

$Ng = 3$ [Descargas / km²/ano]
Fonte = Mapa - Centro-Oeste

2) Geometria da Estrutura

Comprimento [L] = 25 m
Largura [W] = 43 m
Altura [H] = 15 m

3) Ad - Área de exposição equivalente [em m²]

$Ad = L * W + 2 * (3 * H) * (L + W) + PI * (3 * H)^2$
 $Ad = 25 * 43 + 2 * (3 * 15) * (25 + 43) + 3.14159 * (3 * 15)^2$
 $Ad = 13556.73 \text{ m}^2$

4) Geometria da Estrutura Adjacente [ENERGIA]

Comprimento [Lj] = 1000 m
Largura [Wj] = 3 m
Altura [Hj] = 9 m

5) Adj - Área de exposição equivalente [em m²]

$Adj = Lj * Wj + 2 * (3 * Hj) * (Lj + Wj) + PI * (3 * Hj)^2$
 $Adj = 1000 * 3 + 2 * (3 * 9) * (1000 + 3) + 3.14159 * (3 * 9)^2$
 $Adj = 59452.22 \text{ m}^2$

6) Geometria da Estrutura Adjacente [SINAL]

Comprimento [Lj1] = 1000 m
Largura [Wj1] = 1 m
Altura [Hj1] = 9 m

7) Adj1 - Área de exposição equivalente [em m²]

$Adj1 = Lj1 * Wj1 + 2 * (3 * Hj1) * (Lj1 + Wj1) + PI * (3 * Hj1)^2$
 $Adj1 = 1000 * 1 + 2 * (3 * 9) * (1000 + 1) + 3.14159 * (3 * 9)^2$
 $Adj1 = 57344.22 \text{ m}^2$

8) Fatores de Ponderação

8.1) Fator de Localização da Estrutura PRINCIPAL - Cd (Tabela A.1)

Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos
 $Cd = 0.5$

8.2) Fator de Localização da Estrutura ADJACENTE [Energia] - Cdj (Tabela A.1)

Estrutura ADJACENTE cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos

$$Cd_j = 0.5$$

8.3) Fator de Localização da Estrutura ADJACENTE [Sinal] - Cd_{j1} (Tabela A.1)

Estrutura ADJACENTE cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos
 $Cd_{j1} = 0.5$

8.4) Comprimento da Linha de Energia

$$L_l = 1000 \text{ [m]}$$

8.5) Fator de Instalação da Linha ENERGIA - C_i (Tabela A.2)

Aéreo
 $C_i = 1.0$

8.6) Fator do Tipo de Linha ENERGIA - C_t (Tabela A.3)

Linha de Energia ou Sinal
 $C_t = 1.0$

8.7) Fator Ambiental da Linha ENERGIA - C_e (Tabela A.4)

Urbano
 $C_e = 0.1$

8.8) Comprimento da Linha de Sinal

$$L_{lt} = 1000 \text{ [m]}$$

8.9) Fator de Instalação da Linha SINAL - C_{it} (Tabela A.2)

Aéreo
 $C_{it} = 1.0$

8.10) Fator do Tipo de Linha SINAL - C_{tt} (Tabela A.3)

Linha de Energia ou Sinal
 $C_{tt} = 1.0$

8.11) Fator Ambiental da Linha SINAL - C_{et} (Tabela A.4)

Urbano
 $C_{et} = 0.1$

8.12) N_d - Número de Eventos Perigosos para a Estrutura [por ano]

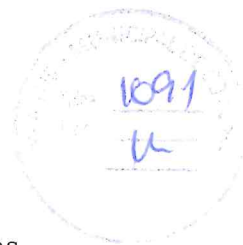
$$N_d = N_g * A_d * C_d * 10^{-6}$$
$$N_d = 0.02034$$

8.13) N_{dj} - Número de Eventos Perigosos pela Estrutura Adjacente Energia [por ano]

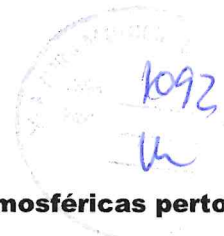
$$N_{dj} = N_g * A_{dj} * C_{dj} * 10^{-6}$$
$$N_{dj} = 0.08918$$

8.14) N_{dj1} - Número de Eventos Perigosos pela Estrutura Adjacente Sinal [por ano]

$$N_{dj1} = N_g * A_{dj1} * C_{dj1} * 10^{-6}$$



$$Ndj1 = 0.08602$$



8.15) Nm - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da estrutura [por ano]

$$\begin{aligned} Nm &= Ng * Am * 10^{-6} \\ Am &= 2 * 500 * (L + W) + Pi * 500^2 \\ Am &= 853398.16 \\ Nm &= 2.56019 \end{aligned}$$

8.16) NI - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha de Energia [por ano]

$$\begin{aligned} Nl &= Ng * Al * Ci * Ce * Ct * 10^{-6} \\ Al &= 40 * Ll \\ Al &= 40000 \\ Nl &= 0.012 \end{aligned}$$

8.17) Ni - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha de Energia [por ano]

$$\begin{aligned} Ni &= Ng * Ai * Ci * Ce * Ct * 10^{-6} \\ Ai &= 4000 * Ll \\ Ai &= 4000000 \\ Ni &= 1.2 \end{aligned}$$

8.18) Nit - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha SINAL [por ano]

$$\begin{aligned} Nlt &= Ng * Al * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6} \\ Alt &= 40 * Llt \\ Alt &= 40000 \\ Nlt &= 0.012 \end{aligned}$$

8.19) Nit - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha SINAL [por ano]

$$\begin{aligned} Nit &= Ng * Ait * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6} \\ Ait &= 4000 * Llt \\ Ait &= 4000000 \\ Nit &= 1.2 \end{aligned}$$

8.20) Proteção da Estrutura - Pb (Tabela B.2)

Estrutura protegida por SPDA - Classe II
 $Pb = 0.05$

8.21) Tipo de linha externa Energia - Cld e Cli (Tabela B.4)

Linha aérea não blindada
 $Cld = 1$
 $Cli = 1$

8.22) Tipo de linha externa SINAL - Cldt e Clit (Tabela B.4)

Linha aérea não blindada
 $Cldt = 1$
 $Clit = 1$

8.23) Ks1

Ks1: leva em consideração a eficiência da blindagem por malha da estrutura, SPDA ou outra blindagem na interface ZPR 0/1;

Dentro de uma ZPR, em uma distância de segurança do limite da malha no mínimo igual à largura da malha Wm,

fatores Ks1 e Ks2 para SPDA ou blindagem tipo malha espacial podem ser avaliados como: $Ks1 = 0,12 \times Wm1$

$$Ks1 = 1$$

8.24) Uw Energia

Uw: é a tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido, expressa em quilovolts (kV).

$$Uw = 1.5$$

8.25) Ks4 Energia

Ks4: leva em consideração a tensão suportável de impulso do sistema a ser protegido.

$$Ks4 = 1 / Uw$$

$$Ks4 = 0.67$$

8.26) Uwt Sinal

$$Uwt = 1.5$$

8.27) Ks4t Sinal

$$Ks4t = 0.67$$

8.28) Nível de Proteção NP - Peb (Tabela B.7)

DPS Classe I

$$Peb = 0.01$$

8.29) Roteamento, blindagem e interligação ENERGIA - Pld (Tabela B.8)

Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento (Uw=1.5)

$$Pld = 1$$

8.30) Roteamento, blindagem e interligação SINAL - Pldt (Tabela B.8)

Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento (Uw=1.5)

$$Pldt = 1$$

8.31) Pv - Probabilidade de Descarga na linha de Energia Causar danos físicos

$$Pv = Peb * Pld * Cld$$

$$Pv = 0.01$$

8.32) Pvt - Probabilidade de Descarga na linha de Sinal Causar danos físicos

$$Pvt = Peb * Pldt * Cltd$$

$$Pvt = 0.01$$

9) Zonas da Edificação

1093
lu

9.1) Zona: Z1 (interior da edificação)

9.1.1) Número de pessoas na Zona

$nz = 88$

9.1.2) Número total de pessoas na Estrutura

$nt = 88$

9.1.3) Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)

$tz = 5840$

9.1.4) Tempo de presença das pessoas em locais perigosos fora da estrutura (h/ano)

$te = 0$

9.1.5) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

Considerar

9.1.6) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

Considerar

9.1.7) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural

Considerar

9.1.8) L4 - Perda econômica

Desprezar

9.1.9) Risco de Explosão / Hospitais

Não

9.1.10) Medidas de Proteção (descargas na linha) - Ptu (Tabela B.6)

Não aplicável (área externa)

$Ptu = 0$

9.1.11) Ks2

$Ks2 = 1$

9.1.12) Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)

DPS Classe II

$Pspd = 0.02$

9.1.13) Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5)

Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços

Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios
(área do laço da ordem de 50 m²)
Ks3 = 1



9.1.14) Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3)

DPS Classe II
Pspdt = 0.02

9.1.15) Fiação Interna SINAL - Ks3t (Tabela B.5)

Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços
Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios
(área do laço da ordem de 50 m²)
Ks3t = 1

9.1.16) Pc - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos

Pc = Pspdt * Cld
Pc = 0.02

9.1.17) Pct - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

Pct = Pspdt * Cldt
Pct = 0.02

9.1.18) Pms

Pms = (Ks1 * Ks2 * Ks3 * Ks4)²
Pms = 0.4489

9.1.19) Pmst

Pmst = (Ks1 * Ks2 * Ks3t * Ks4t)²
Pmst = 0.4489

9.1.20) Pm - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos

Pm = Pspdt * Pms
Pm = 0.00898

9.1.21) Pmt - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

Pmt = Pspdt * Pmst
Pm = 0.00898

9.1.22) Pu - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque

Pu = Pt_u * Pe_b * Pl_d * Cl_d
Pu = 0

9.1.23) Put - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque SINAL

Put = Pt_u * Pe_b * Pl_{dt} * Cl_{dt}

$$P_{ut} = 0$$

9.1.24) P_w - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos

$$P_w = P_{spd} * P_{ld} * C_{ld}$$
$$P_w = 0.02$$

9.1.25) P_{wt} - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$P_{wt} = P_{spdt} * P_{ldt} * C_{ldt}$$
$$P_{wt} = 0.02$$

9.1.26) P_{li}

$$P_{li} \text{ para } U_w = 1.5 \text{ kV}$$
$$P_{li} = 0.6$$

9.1.27) P_{lit}

$$P_{lit} \text{ para } U_{wt} = 1.5 \text{ kV}$$
$$P_{lit} = 0.5$$

9.1.28) P_z - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos

$$P_z = P_{spd} * P_{li} * C_{li}$$
$$P_z = 0.012$$

9.1.29) P_{zt} - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$P_{zt} = P_{spdt} * P_{lit} * C_{lit}$$
$$P_{zt} = 0.01$$

9.1.30) Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - P_{ta} (Tabela B.1)

Isolação elétrica (por exemplo, de pelo menos 3mm de polietileno reticulado das partes expostas (por exemplo, condutores de descidas))
 $P_{ta} = 0.01$

9.1.31) Tipo de superfície do solo ou piso - Fator de redução r_t (Tabela C.3)

Mármore, cerâmica (Resistência de contato entre 1 e 10 ohms)
 $r_t = 0.001$

9.1.32) Providências para reduzir consequências de incêndio - Fator de redução r_p (Tabela C.4)

Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes. compartimentos à prova de fogo, rotas de escape
 $r_p = 0.5$

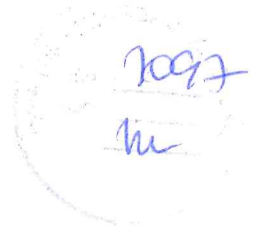
9.1.33) Risco de incêndio ou explosão na estrutura - Fator de redução r_f (Tabela C.5)

Incêndio: Risco Normal
 $r_f = 0.01$

9.1.34) Perigo Especial - Fator h_z (Tabela C.6)



Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)
hz = 2



9.1.35) Pa - Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque

$$Pa = Pta * Pb$$
$$Pa = 0.0005$$

9.1.36) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

9.1.36.1) Lt

$$Lt = 0.01$$

9.1.36.2) D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.2)

Outros

$$Lf = 0.01$$

9.1.36.3) D3 - Falhas de sistemas internos - Lo (Tabela C.2)

Não Aplicável

$$Lo = 0$$

9.1.36.4) La

$$La = rt * Lt * (nz / nt) * (tz / 8760)$$
$$La = 0.00667 * 10^{-3}$$

9.1.36.5) Lu

$$Lu = La = 0.00667 * 10^{-3}$$

9.1.36.6) Lb

$$Lb = rp * rf * hz * Lf * (nz / nt) * (tz / 8760)$$
$$Lb = 0.00007$$

9.1.36.7) Lv

$$Lv = Lb = 0.00007$$

9.1.36.8) Lc

$$Lc = Lo * (nz / nt) * (tz / 8760)$$
$$Lc = 0$$

9.1.36.9) Lm Lw Lz

$$Lm = Lw = Lz = Lc = 0$$

9.1.37) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público



9.1.37.1) D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.8)

Gás, água, fornecimento de energia
Lf2 = 0.1

9.1.37.2) D3 - Falhas de sistemas internos - Lo (Tabela C.8)

Gás, água, fornecimento de energia
Lo2 = 0.01

9.1.37.3) Lb2

Lb2 = rp * rf * Lf2 * (nz / nt)
Lb2 = 0.0005

9.1.37.4) Lv2

Lv2 = Lb2 = 0.0005

9.1.37.5) Lc2

Lc2 = Lo2 * (nz / nt)
Lc2 = 0.01

9.1.37.6) Lm2 Lw2 Lz2

Lm2 = Lw2 = Lz2 = Lc2 = 0.01

9.1.38) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural

9.1.38.1) D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.10)

Museus, galerias
Lf3 = 0.1

9.1.38.2) cz - Valor do Patrimônio Cultural na Zona (milhões)

cz = 1000 milhões

9.1.38.3) ct - Valor total da edificação e conteúdo da estrutura (milhões)

ct = 1000 milhões

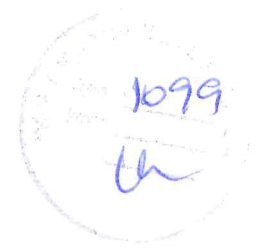
9.1.38.4) Lb3

Lb3 = rp * rf * Lf3 * (cz / ct)
Lb3 = 0.0005

9.1.38.5) Lv3

Lv3 = Lb3 = 0.0005

9.1.39) Riscos [R1] da Zona [Z1 (interior da edificação)]



9.1.39.1) Ra

$$\begin{aligned} Ra &= Nd * Pa * La \\ Ra &= 0.02034 * 0.0005 * 0.00667 * 10^{-3} \\ Ra &= 0.00678 * 10^{-8} \end{aligned}$$

9.1.39.2) Rb

$$\begin{aligned} Rb &= Nd * Pb * Lb \\ Rb &= 0.02034 * 0.05 * 0.00007 \\ Rb &= 0.00678 * 10^{-5} \end{aligned}$$

9.1.39.3) Ru

$$\begin{aligned} Ru &= (Nl + Ndj) * Pu * Lu \\ Ru &= (0.012 + 0.08918) * 0 * 0.00667 * 10^{-3} \\ Ru &= 0 \end{aligned}$$

9.1.39.4) Rut

$$\begin{aligned} Rut &= (Nlt + Ndj1) * Put * Lu \\ Rut &= (0.012 + 0.08602) * 0 * 0.00667 * 10^{-3} \\ Rut &= 0 \end{aligned}$$

9.1.39.5) Rv

$$\begin{aligned} Rv &= (Nl + Ndj) * Pv * Lv \\ Rv &= (0.012 + 0.08918) * 0.01 * 0.00007 \\ Rv &= 0.00675 * 10^{-5} \end{aligned}$$

9.1.39.6) Rvt

$$\begin{aligned} Rvt &= (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv \\ Rvt &= (0.012 + 0.08602) * 0.01 * 0.00007 \\ Rvt &= 0.00653 * 10^{-5} \end{aligned}$$

9.1.39.7) R1z

$$\begin{aligned} R1z &= Ra + Rb + Ru + Rv + Rut + Rvt \\ R1z &= 0.00678 * 10^{-8} + 0.00678 * 10^{-5} + 0 + 0.00675 * 10^{-5} + 0 + 0.00653 * 10^{-5} \\ R1z &= 0.0201 * 10^{-5} \end{aligned}$$

9.1.40) Riscos [R2] da Zona [Z1 (interior da edificação)]

9.1.40.1) Rb2

$$\begin{aligned} Rb2 &= Nd * Pb * Lb2 \\ Rb2 &= 0.02034 * 0.05 * 0.0005 \\ Rb2 &= 0.00508 * 10^{-4} \end{aligned}$$

9.1.40.2) Rc2

$$\begin{aligned} Rc2 &= Nd * Pc * Lc2 \\ Rc2 &= 0.02034 * 0.02 * 0.01 \\ Rc2 &= 0.04067 * 10^{-4} \end{aligned}$$

9.1.40.3) Rm2

$$\begin{aligned} Rm2 &= Nm * Pm * Lm2 \\ Rm2 &= 2.56019 * 0.00898 * 0.01 \\ Rm2 &= 0.00023 \end{aligned}$$



9.1.40.4) Rv2

$$\begin{aligned} Rv2 &= (Nl + Ndj) * Pv * Lv2 \\ Rv2 &= (0.012 + 0.08918) * 0.01 * 0.0005 \\ Rv2 &= 0.00506 * 10^{-4} \end{aligned}$$

9.1.40.5) Rvt2

$$\begin{aligned} Rvt2 &= (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv2 \\ Rvt2 &= (0.012 + 0.08602) * 0.01 * 0.0005 \\ Rvt2 &= 0.04901 * 10^{-5} \end{aligned}$$

9.1.40.6) Rw2

$$\begin{aligned} Rw2 &= (Nl + Ndj) * Pw * Lw2 \\ Rw2 &= (0.012 + 0.08918) * 0.02 * 0.01 \\ Rw2 &= 0.02024 * 10^{-3} \end{aligned}$$

9.1.40.7) Rwt2

$$\begin{aligned} Rwt2 &= (Nlt + Ndj1) * Pwt * Lw2 \\ Rwt2 &= (0.012 + 0.08602) * 0.02 * 0.01 \\ Rwt2 &= 0.0196 * 10^{-3} \end{aligned}$$

9.1.40.8) Rz2

$$\begin{aligned} Rz2 &= Ni * Pz * Lz2 \\ Rz2 &= 1.2 * 0.012 * 0.01 \\ Rz2 &= 0.00014 \end{aligned}$$

9.1.40.9) R2z

$$\begin{aligned} R2z &= Rb2 + Rc2 + Rm2 + Rv2 + Rw2 + Rz2 + Rvt2 + Rwt2 + Rzt2 \\ R2z &= 0.00508 * 10^{-4} + 0.04067 * 10^{-4} + 0.00023 + 0.00506 * 10^{-4} + 0.02024 * 10^{-3} + \\ &0.00014 + 0.04901 * 10^{-5} + 0.0196 * 10^{-3} + 0.00012 \\ R2z &= 0.539 * 10^{-3} \end{aligned}$$

9.1.41) Riscos [R3] da Zona [Z1 (interior da edificação)]

9.1.41.1) Rb3

$$\begin{aligned} Rb3 &= Nd * Pb * Lb3 \\ Rb3 &= 0.02034 * 0.05 * 0.0005 \\ Rb3 &= 0.00508 * 10^{-4} \end{aligned}$$

9.1.41.2) Rv3

$$\begin{aligned} Rv3 &= (Nl + Ndj) * Pv * Lv3 \\ Rv3 &= (0.012 + 0.08918) * 0.01 * 0.0005 \\ Rv3 &= 0.00506 * 10^{-4} \end{aligned}$$

9.1.41.3) Rvt3

$$Rvt3 = (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv3$$

$$\begin{aligned} Rvt3 &= (0.012 + 0.08602) * 0.01 * 0.0005 \\ Rvt3 &= 0.04901 * 10^{-5} \end{aligned}$$



9.1.41.4) R3z

$$\begin{aligned} R3z &= Rb3 + Rv3 + Rvt3 \\ R3z &= 0.00508 * 10^{-4} + 0.00506 * 10^{-4} + 0.04901 * 10^{-5} \\ R3z &= 0.01504 * 10^{-4} \end{aligned}$$

10) Risco Total

10.1) R1

$$\begin{aligned} Ra + Rb &= 0.00679 * 10^{-5} \\ R1 &= 0.0201 * 10^{-5} \\ Rt1 &= 1 * 10^{-5} \\ R1 &\leq Rt1 \\ (Ra + Rb) &\leq Rt1 \\ [OK] \end{aligned}$$

10.2) R2

$$\begin{aligned} Ra + Rb &= 0.000508 * 10^{-3} \\ R2 &= 0.539 * 10^{-3} \\ Rt2 &= 1 * 10^{-3} \\ R2 &\leq Rt2 \\ (Ra + Rb) &\leq Rt2 \\ [OK] \end{aligned}$$

10.3) R3

$$\begin{aligned} Ra + Rb &= 0.00508 * 10^{-4} \\ R3 &= 0.01504 * 10^{-4} \\ Rt3 &= 1 * 10^{-4} \\ R3 &\leq Rt3 \\ (Ra + Rb) &\leq Rt3 \\ [OK] \end{aligned}$$

10.4) Estrutura Protegida.

$$\begin{aligned} R1 &\leq Rt1 \\ R2 &\leq Rt2 \\ R3 &\leq Rt3 \end{aligned}$$

11) Nível de Proteção adotada: **II**

12) Método Utilizado

12.1) Malha ou da Gaiola de Faraday

Fabrcio P Mota

Fabrcio Pereira Mota

ENG. ELETRICISTA

CREA: 15482 D/MS