

## ANÁLISE DE RISCO SPDA

Análise de Risco de Descargas Atmosféricas	
Cliente	Secretaria de Educação do Estado de Goiás - SEDUC
Projeto	CEPI Presidente Costa e Silva
Endereço	R. Rio Claro, 1127 - St. Central, São Luís de Montes Belos - GO, 76100-000

As principais zonas de estudo podem ser definidas:

Z0 - Fora da estrutura

Z1 - Dentro da estrutura

Para a zona Z0, considera-se que nenhuma pessoa está fora da estrutura e, portanto, o risco R1 nesta zona é nulo.

Para a zona Z1, não haverá estudo do risco econômico R4. O risco R1 para esta zona é considerado tendo em vista a presença de pessoas e é demonstrado no decorrer deste estudo.

Tabela 1 - Características da Estrutura e do Meio Ambiente				
Parâmetro	Comentário	Id	Valor	Referência
Densidade de descargas atmosféricas para o local estudado (1/km²/ano)	Consultado em: <a href="http://www.inpe.br/webelat/ABNT_NBR5419_Ng/">http://www.inpe.br/webelat/ABNT_NBR5419_Ng/</a>	Ng	7	INPE
Dimensões da estrutura	Estudo com formato prismático simples	L	110	19.627
		W	60	
		H	10	
	AD' (somente para construções com formatos complexos)	AD'	-	
Fator de localização da SPDA instalado	Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	Cd	0,5	Tabela A.1
Ligação Equipotencial	Estrutura não protegida por SPDA	Pb	1	Tabela B.2
	Sem DPS	Peb	1	Tabela B.7
Blindagem externa	Não se aplica	Wm1	-	-
		Wm2	-	
	Ks1=0,12*Wm1	Ks1	1	Eq B.5
	Ks2=0,12*Wm2	Ks2	1	Eq B.6

Tabela 2 - Linhas conectadas à estrutura				
Parâmetro	Comentário	Id	Valor	Referência
Linha de energia	Se aplica	Pli	1	Tabela B.9
Comprimento (m)	Padrão LI=1000	LI	1000	Metros
Fator de instalação	Aéreo	Cl	1	Tabela A.2
Fator tipo de linha	Linha de energia ou sinal	Ct	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Urbano	Ce	0,1	Tabela A.4
Blindagem da linha	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou	RS	-	Tabela B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Linha aérea não blindada, Indefinida	Cldp	1	Tabela B.4
		Cli	1	
Estrutura adjacente	Dimensões da estrutura adjacente	Lj	0	0
		Wj	0	
		Hj	0	
Fator de localização da	Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	Cdj	0,5	Tabela A.1
Tensão suportável do sistema interno	1,0 kV	Uw	1	Tabela B.8
		Ks4	1,000	Eq B.7
		PIId	1	Tabela B.8

Linha de sinal	Se aplica	Pli	0,5	Tabela B.9
Comprimento (m)	Padrão LI=1000	LI	1000	Metros
Fator de instalação	Aéreo	Cl	1	Tabela A.2
Fator tipo de linha	Linha de energia ou sinal	Ct	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Urbano	Ce	0,1	Tabela A.4
Blindagem da linha	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada	RS	-	Tabela B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Linha aérea não blindada, Indefinida	Clld	1	Tabela B.4
		Cli	1	
Estrutura adjacente	Dimensões da estrutura adjacente	Lj	0	0
		Wj	0	
		Hj	0	
Fator de localização da	Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	Cdj	0,5	Tabela A.1
Tensão suportável do sistema		Uw	1,5	Tabela B.8

## ANÁLISE DE RISCO SPDA

Tensão suportável do sistema interno (kV)	1,5 kV	Ks4	0,667	Eq B.7
		PId	1	Tabela B.8

Tabela 3 - Características da Zona de Exposição					
Parâmetro		Comentário	Id	Valor	Referência
Tipo de piso		Marmore, cerâmica	rt	1,00E-03	Tabela C.3
Proteção contra choque (estrutura)		Nenhuma medida de proteção	Pta	1	Tabela B.1
Proteção contra choque (linha)		Nenhuma medida de proteção	Ptu	1	Tabela B.6
Risco de incêndio ou explosão		Incêndio, Baixo	rf	1,00E-03	Tabela C.5
Proteção contra incêndio		Nenhuma providência	rp	1	Tabela C.4
Energia	Fiação Interna	Cabo não blindado – sem preocupação noroteamento no	Ks3p	1	Tabela B.5
	DPS	Nenhum sistema de DPS coordenado	Pspdp	1	Tabela B.3
Dados	Fiação Interna	Cabo não blindado – sem preocupação noroteamento no	Ks3t	1	Tabela B.5
	DPS coordenado	Nenhum sistema de DPS coordenado	Pspdt	1	Tabela B.3
Tipo de perigo especial		Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura	hz	2	Tabela C.6

Tabela 4 - Tipos de Perdas Inaceitáveis de Vida Humana - L1				
Parâmetro	Comentário	Id	Valor	Referência
Ferimentos	Todos os tipos	Lt	1,00E-02	Tabela C.2
Danos Físicos	Hospital, hotel, escola, edifício cívico	Lf1	1,00E-01	
Falhas de sistemas internos	Outros	Lo0	1,00E+00	
Número de pessoas na zona de perigo		nz	381	-
Número de pessoas na estrutura inteira		nt	381	
Horas por dia em que a estrutura se mantém ocupada		Thor	12	
Total de dias por ano em que a edificação se mantém ocupada		Tdia	280	
Tempo, em horas por ano, em que as pessoas estão presentes em um local perigoso		tz	3360	
$LU=LA=rt*lt*nz/nt*tz/8760$		LU=LA	3,84E-06	Eq. C.1
$LB=LV=rp*rf*hz*Lf*nz/nt*tz/8760$		LB=LV	7,67E-05	Eq C.3
$LC=LM=LW=LZ=Lo0*nz/nt*tz/8760$		LC=LM=LW=LZ	3,84E-01	Eq C.4

Tabela 5 - Tipos de Perdas Inaceitáveis de Serviço ao Público - L2				
Parâmetro	Comentário	Id	Valor	Referência
D2 - Danos Físicos	-	Lf2	0	Tabela C.8
D3 - Falhas de sistemas interno	-	Lo2	0	
$LB2=LV=rp*rf*LF*nz/nt$		LB=LV	0	Eq. C.7
$LC2=LM=LW=LZ=Lo2*nz/nt$		LC=LM=LW=LZ	0	Eq. C.8

Tabela 6 - Tipos de Perdas Inaceitáveis ao Patrimônio Cultural - L3				
Parâmetro	Comentário	Id	Valor	Referência
Perda cultural	Não se aplica	LF3	0	Tabela C.10
Valores	Cz - Valor do patrimônio cultural	Cz	0	Milhões de reais
	Ct - valor total da edificação e conteúdo da estrutura	Ct	0	
	$LB3=LV=rp*rf*LF*Cz/Ct$	LB=LV	0	Eq. C.12

Tabela 6 - Perda Econômica - L4				
Parâmetro	Comentário	Id	Valor	Referência
Ferimento devido a choque	Não se aplica	Lt	0	Tabela C.12
Danos físicos	Outros	Lf	0,1	Tabela C.12
Falha de sistemas	Outros	Lo	0,0001	Tabela C.12
Valor dos animais na zona		ca	0	-
Valor da edificação relevante à zona		cb	0	
Valor do conteúdo da zona		cc	0	
Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades		cs	0	
Valor total da estrutura		ct	0	
Valores	$LU=LA=rt*lt*ca/ct$	LU=LA	0	Eq. C.10
	$LB=LV=rp*rf*hz*Lf*(ca+cb+cc+cs)/ct$	LB=LV	0	Eq. C.12
	$LC=LM=LW=LZ=Lo*cs/ct$	LC=LM=LW=LZ	0	Eq. C.13

## ANÁLISE DE RISCO SPDA

Tabela 7 - Área de Exposição Equivalente				
Parâmetro	Equação	Id	Valor	Referência
Estrutura	$Ad=L*W+2*(3*H)*(L+W)+\pi*(3*H)^2$	Ad	1,96E+04	Eq. A.2
	$Am=2*500*(L+W)+\pi*500^2$	Am	9,55E+05	Eq. A.7
Linha de energia	$Alp=40*L$	Alp	4,00E+04	Eq. A.9
	$Aip=4000*L$	Aip	4,00E+06	Eq. A.11
	$Adjp=Ljp*Wjp+2*(3*Hjp)*(Ljp+Wjp)+\pi*(3*Hjp)^2$	Adjp	0,00E+00	Eq. A.2
Linha de dados	$Ald=40*L$	Ald	4,00E+04	Eq. A.9
	$Aid=4000*L$	Aid	4,00E+06	Eq. A.11
	$Adjd=Ljd*Wjd+2*(3*Hjd)*(Ljd+Wjd)+\pi*(3*Hjd)^2$	Adjd	0,00E+00	Eq. A.2

Tabela 8 - Número esperado Anual de Eventos perigosos				
Parâmetro	Equação	Id	Valor (1/ano)	Referência
Estrutura	$Nd=Ng*Ad*Cd*10E-6$	Nd	6,87E-02	Eq. A.4
	$Nm=Ng*Am*10E-6$	Nm	6,69E+00	Eq. A.6
Linha de energia	$NLp=Ng*Alp*Cip*Cep*Ctp*10E-6$	NLp	2,80E-02	Eq. A.8
	$Nlp=Ng*Aip*Cip*Cep*Ctp*10E-6$	Nlp	2,80E+00	Eq. A.10
	$Ndjp=Ng*Adjp*Cdj*10E-6$	Ndjp	0,00E+00	Eq. A.5
Linha de dados	$NLd=Ng*Alt*Cl*10E-6$	NLd	2,80E-02	Eq. A.8
	$Nld=Ng*Aid*Cid*Ced*Ctd*10E-6$	Nld	2,80E+00	Eq. A.10
	$Ndjd=Ng*Adjd*Cdj*10E-6$	Ndjd	0,00E+00	Eq. A.5

Tabela 9 - Avaliação da Probabilidade Px de Danos						
Probabilidade da descarga causar:		Equação		Id	Valor	Referência
Ferimentos a seres vivos por meio de choque elétrico		Pa=Pta*Pb		Pa	1,00E+00	Eq. B.1
Probabilidade da descarga na estrutura causar falha nos sistemas interno	Energia	Pcp=Pspdp*Cl dp	Pcp	1,00E+00	Eq. B.2	
	Dados	Pcd=Pspdd*Cl dd	Pcd	1,00E+00	Eq. B.2	
	Composição	Pc=1-(1-Pcp)*(1-Pcd)	Pc	1,00E+00	Eq. 14	
Probabilidade da descarga perto da estrutura causar danos internos	Energia	Pmp=Pspdp*Pmsp	Pmp	1,00E+00	Eq. B.3	
	Dados	Pmd=Pspdd*Pmsd	Pmd	6,67E-01	Eq. B.3	
Probabilidade da descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque	Energia	Pup=Ptu*Peb*Pl dp*Cl dp	Pup	1,00E+00	Eq. B.8	
	Dados	Pud=Ptu*Peb*Pl dd*Cl dd	Pud	1,00E+00	Eq. B.8	
Probabilidade da descarga na linha causar falhas de sistemas internos	Energia	Pwp=Pspdp*Pl dp*Cl p	Pwp	1,00E+00	Eq. B.10	
	Dados	Pwd=Pspdd*Pl dd*Cl d	Pwd	1,00E+00	Eq. B.10	
Probabilidade da descarga perto da linha causar falhas de sistemas internos	Energia	Pzp=Pspdp*Pl ip*Cl ip	Pzp	1,00E+00	Eq. B.11	
	Dados	Pzd=Pspdd*Pl id*Cl id	Pzd	5,00E-01	Eq. B.11	
Probabilidade da descarga em uma linha causar danos físicos	Energia	Pvp=Peb*Pl dp*Cl dp	Pvp	1,00E+00	Eq. B.9	
	Dados	Pvd=Peb*Pl dd*Cl dd	Pvd	1,00E+00	Eq. B.9	
Energia		Pmsp=(Ks1*Ks2*Ks3p*Ks4p)²		Pmsp	1,00E+00	Eq. B.4
Dados		Pmst=(Ks1*Ks2*Ks3d*Ks4d)²		Pmsd	6,67E-01	Eq. B.4
Pm=1-(1-Pmp)*(1-Pmd)				Pm	1,00E+00	Eq. 15

Tabela 10 - Análise das Componentes de Risco para R1				
Risco		Id	Valor	Referência
$RA=Nd*Pa*LA$		RA	2,63E-07	Eq. 6
$RB=Nd*Pb*LB$		RB	5,27E-06	Eq. 7
$RC=Nd*Pc*LC$		RC	0,00E+00	Eq. 8
$RM=Nm*Pm*LM$		RM	0,00E+00	Eq. 9
Energia	$RUp=(NLp+Ndjp)*Pup*LU$	RUp	1,07E-07	Eq. 10
Dados	$RUd=(Nld+Ndjd)*Pud*LU$	RUd	1,07E-07	Eq. 10
$RU=(NL+Ndj)*Pu*LU$		RU	2,15E-07	Eq. 10
Energia	$RVp=(NLp+Ndjp)*Pvp*LV$	Rvp	2,15E-06	Eq. 11
Dados	$RVd=(Nld+Ndjd)*Pvd*LV$	Rvd	2,15E-06	Eq. 11
$RV=(NL+Ndj)*Pv*LV$		RV	4,30E-06	Eq. 11
Energia	$RWp=(NLp+Ndjp)*Pwp*LW$	RWp	1,07E-02	Eq. 12
Dados	$RWd=(Nld+Ndjd)*Pwd*LW$	RWd	1,07E-02	Eq. 12
$RW=(NL+Ndj)*Pw*LW$		RW	0,00E+00	Eq. 12
Energia	$RZp=Nlp*Pzp*Lz$	RZp	1,07E+00	Eq. 13
Dados	$RZd=Nld*Pzd*Lz$	RZd	5,37E-01	Eq. 13
$RZ=Ni*Pz*LZ$		RZ	0,00E+00	Eq. 13

Tabela 11 - Análise das Componentes de Risco para R4			
Risco	Id	Valor	Referência
RA=Nd*Pa*LA	RA	0,00E+00	Eq. 6
RB=Nd*Pb*LB	RB	0,00E+00	Eq. 7
RC=Nd*Pc*LC	RC	0,00E+00	Eq. 8
RM=Nm*Pm*LM	RM	0,00E+00	Eq. 9

## ANÁLISE DE RISCO SPDA

Energia	$R_{up}=(NL_p+Nd_{jp})*P_{up}*LU$	$R_{Up}$	0,00E+00	Eq. 10
Dados	$R_{ud}=(NL_d+Nd_{jd})*P_{ud}*LU$	$R_{Ud}$	0,00E+00	Eq. 10
$R_u=(NL+Nd_j)*P_u*LU$		$R_U$	0,00E+00	Eq. 10
Energia	$R_{vp}=(NL_p+Nd_{jp})*P_{vp}*LV$	$R_{vp}$	0,00E+00	Eq. 11
Dados	$R_{vt}=(NL_t+Nd_{jt})*P_{vt}*LV$	$R_{vt}$	0,00E+00	Eq. 11
$R_v=(NL+Nd_j)*P_v*LV$		$R_v$	0,00E+00	Eq. 11
Energia	$R_{wp}=(NL_p+Nd_{jp})*P_{wp}*LW$	$R_{Wp}$	0,00E+00	Eq. 12
Dados	$R_{wt}=(NL_t+Nd_{jt})*P_{wt}*LW$	$R_{Wd}$	0,00E+00	Eq. 12
$R_w=(NL+Nd_j)*P_w*Lw$		$R_W$	0,00E+00	Eq. 12
Energia	$R_{zp}=Nl_p*P_{zp}*LZ$	$R_{Zp}$	0,00E+00	Eq. 13
Dados	$R_{zd}=Nl_d*P_{zd}*LZ$	$R_{Zd}$	0,00E+00	Eq. 13
$R_Z=Nl_i*P_z*Lz$		$R_Z$	0,00E+00	Eq. 13

Tabela 12 - Análise do Risco						
Equação	Id	Valor	Referência	Tolerável	Risco de explosão ou hospital	Não
$R1=RA+RB+RC+RM+RU+RV+RW+RZ$	R1	1,00E-05	Eq. 1	1,00E-05	Atendimento ao público	Não
$R2=RB+RC+RM+RV+RW+RZ$	R2	0,00E+00	Eq. 2	1,00E-03	Perda de patrimônio cultural	Não
$R3=RB+RV$	R3	0,00E+00	Eq. 3	1,00E-04	Animais	Não
$R4=RA+RB+RC+RM+RU+RV+RW+RZ$	R4	0,00E+00	Eq. 4	1,00E-03	Avaliação econômica	Não
$RA+RB+RU+RV$	-	1,00E-05	-	1,00E-05		

Considerando que:

R1 numera o risco de perda de vida humana;  
 R2 numera o risco de perdas de serviço público  
 R3 numera o risco de perdas de patrimônio cultural  
 R4 numera o risco de perdas de valor econômico  
 RA numera a componente relacionado a seres vivos por choque elétrico (D1, S1)  
 RB numera a componente relacionado a danos físicos (D2, S1)  
 RC numera a componente relacionado à falha de sistemas internos (D3, S1)  
 RM numera a componente relacionada à falha de sistemas internos (D3, S2)  
 RU numera a componente relacionado a seres vivos por choque elétrico (D1, S3)  
 RV numera a componente relacionado a danos físicos (D2, S3)  
 RW numera a componente relacionada à falha de sistemas internos (D3, S3)  
 RZ numera a componente relacionada à falha de sistemas internos (D3, S4)

Conclui-se:

Dada a análise de risco e comparando com os valores de risco máximos sugeridos pela ABNT NBR5419-2 de 2015, a edificação não está protegida contra descargas atmosféricas, pois o risco é maior que o risco máximo tolerável.