



56º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO
07 A 10/10/2014 – NATAL/RN



**MODELAGEM DE FUNDAÇÃO
PARA TORRE EÓLICA,
CONSIDERANDO SOLO E
ESTACAS**

ENGO. GEORGE MARANHÃO



MODELAGEM DE FUNDAÇÃO PARA TORRE EÓLICA, CONSIDERANDO SOLO E ESTACAS



1. FUNDAÇÃO PARA TORRES EÓLICAS



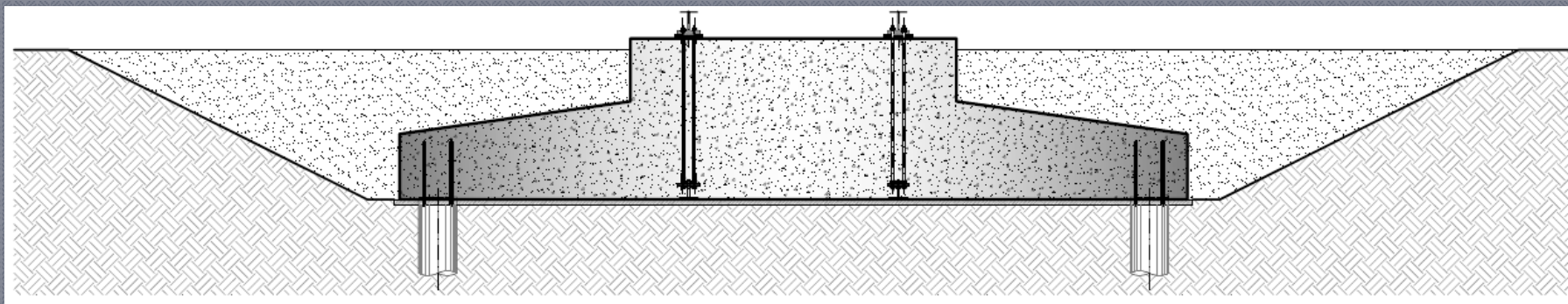


MODELAGEM DE FUNDAÇÃO PARA TORRE EÓLICA, CONSIDERANDO SOLO E ESTACAS



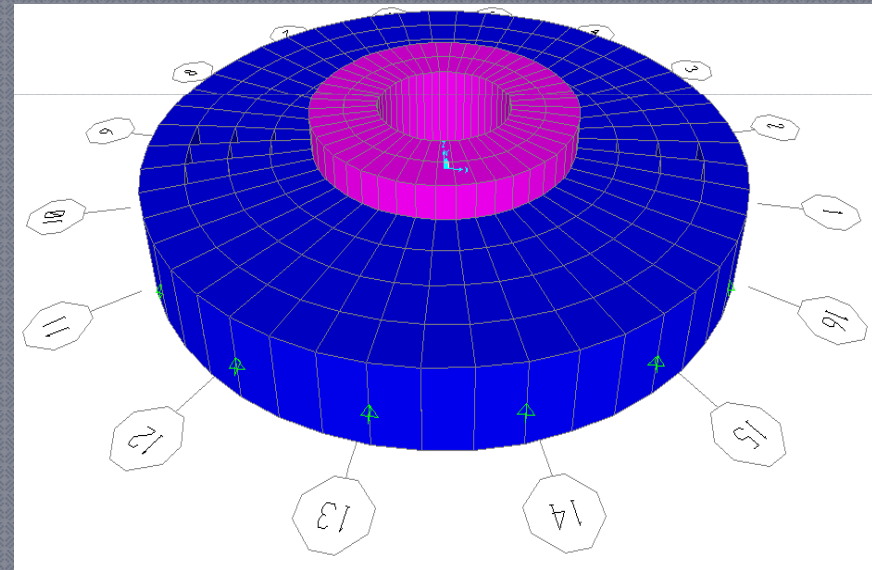
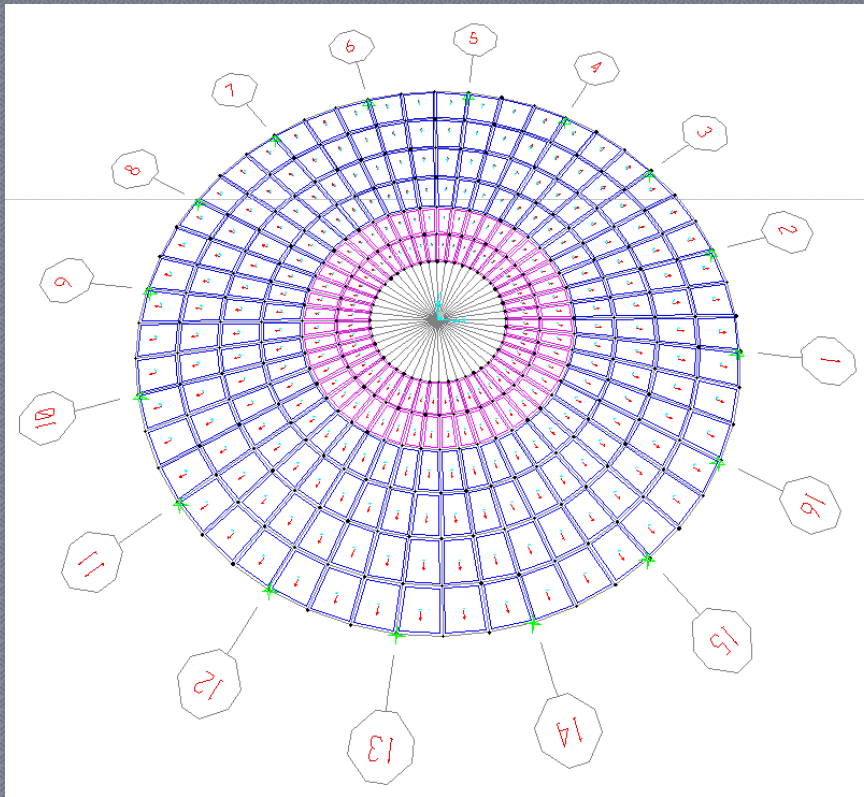
2. APRESENTAÇÃO

- PARQUE EÓLICO – MACAU/RN
- 41 AEROGERADORES ALSTOM (POTÊNCIA INSTALADA 68 MW)
- CONSTRUÇÃO: DOIS A ENGENHARIA LTDA.
- CLIENTE: BRASVENTOS
- SOLUÇÃO ESTRUTURAL: SAPATAS SOBRE ESTACAS



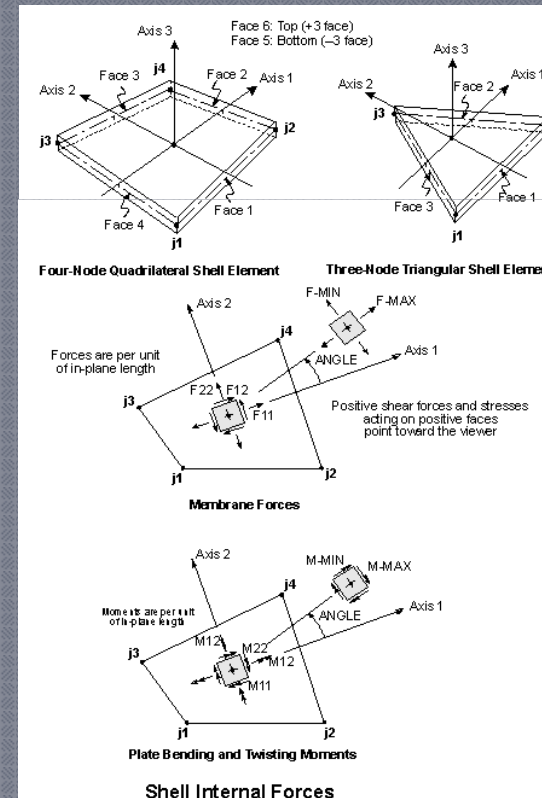
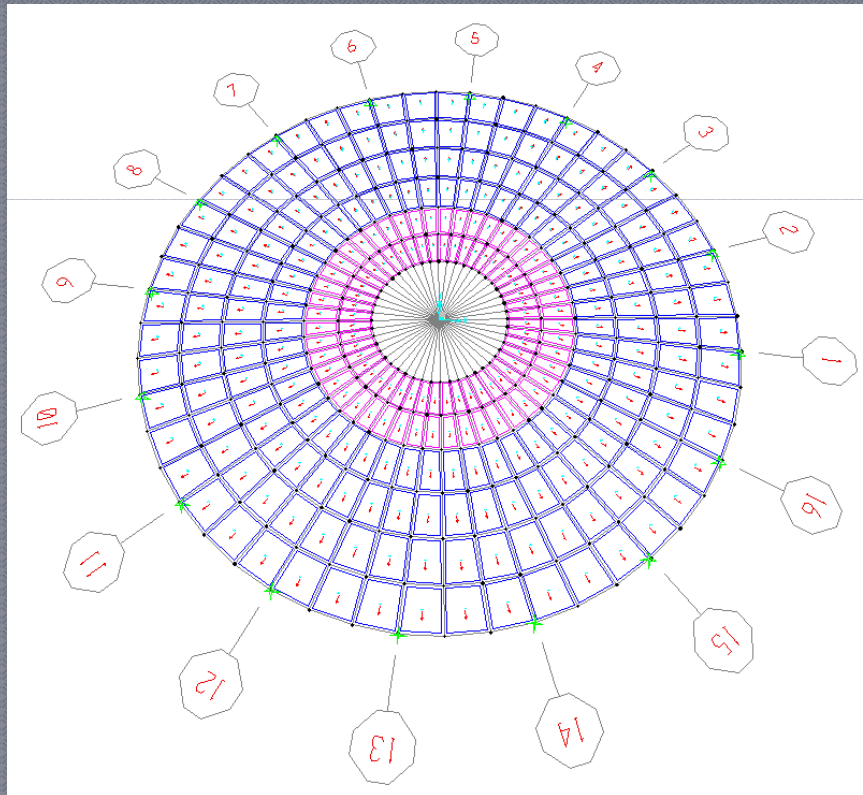
3. PROJETO

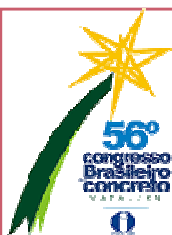
- SOFTWARE DE ELEMENTOS FINITOS (ELEMENTO DE PLACA)



3. PROJETO

- SOFTWARE DE ELEMENTOS FINITOS (ELEMENTO DE CASCA)





MODELAGEM DE FUNDAÇÃO PARA TORRE EÓLICA, CONSIDERANDO SOLO E ESTACAS

3. PROJETO

■ CARGAS EXTREMAS

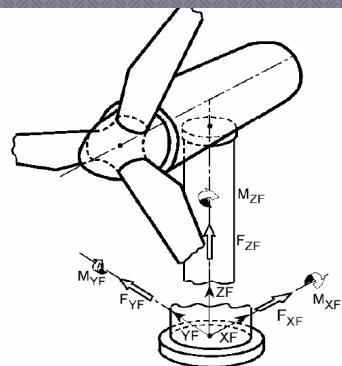
INF-8403



4.7.D.3.1. Análise de Cargas Imediata: Cargas operacionais na base da torre (cargas extremas a partir de casos de cargas de fadiga sem fator de segurança)

Tabela A (Caso de Carregamento 1 em [8]):

ECO86 cIII 60Hz ET - XRM40.3 Cargas extremas na base da torre (h=0m) (sem fator de segurança) – Somente fadiga DLCs (com desalinhamento da torre*)																		
Item	Max. ou min.	Angulo do Pitch Tip1 [°]	Velocidade do rotor [rpm]	Azimute [°]	Veocidade do Vento [m/s]	Yaw [°]	Tempo [s]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy' [kNm]	Mz [kNm]	Fx [kN]	Fy [kN]	Fxy [kN]	Fz [kN]	DLC	DLC type	SF
ee64-30	MAXIMUM	86	1.1	312	36	-14	125	17709	7801	20295	279	157	-239	285	-2279	6.4	F	1.00
ae23a-15	MAXIMUM	3	18.1	330	13	12	693	1342	25940	26918	537	376	-1	376	-2334	2.3	F	1.00
ae23a-15	MAXIMUM	3	18.1	330	13	12	693	1342	25940	26918	537	376	-1	376	-2334	2.3	F	1.00
ae12-19	MAXIMUM	16	16.0	352	15	-13	492	-745	12241	13207	1285	167	25	169	-2378	1.2	F	1.00
ae23a-15	MAXIMUM	3	18.1	330	13	12	693	1342	25940	26918	537	376	-1	376	-2334	2.3	F	1.00
ae23b-25-pf	MAXIMUM	35	9.0	199	26	2	160	-15113	-369	16061	-877	49	208	214	-2284	2.3	F	1.00
ae23a-15	MAXIMUM	3	18.1	330	13	12	693	1342	25940	26918	537	376	-1	376	-2334	2.3	F	1.00
ee64-30	MAXIMUM	86	0.5	148	37	3	265	-218	7423	8370	126	157	2	157	-2198	6.4	F	1.00
ae23b-25-pf	MINIMUM	35	9.0	199	26	2	160	-15113	-369	16061	-877	49	208	214	-2284	2.3	F	1.00
ae113-11-gl-p	MINIMUM	26	16.3	231	11	8	58	879	-17441	18407	-276	-208	-23	209	-2307	1.13	F	1.00
ee64-15	MINIMUM	86	0.2	133	13	1	325	-12	6	957	28	11	-2	12	-2316	6.4	F	1.00
ae12-25	MINIMUM	33	12.9	210	24	-4	333	171	6334	7280	-2306	128	11	128	-2301	1.2	F	1.00
ae113-11-gl-0	MINIMUM	24	17.0	189	11	0	57	431	-17264	18213	-352	-210	-20	211	-2303	1.13	F	1.00
ee64-30	MINIMUM	86	1.2	313	36	-14	125	17631	7639	20158	271	154	-240	286	-2280	6.4	F	1.00
ee64-01	MINIMUM	86	0.0	0	1	-39	576	-48	-785	1730	-3	0	0	0	-2330	6.4	F	1.00
ae23b-25-pf	MINIMUM	35	5.3	78	28	11	166	-6099	3249	7855	940	62	74	97	-2417	2.3	F	1.00



$$M_{xy} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

$$M_{xy} = M_0 \cdot SF + \sqrt{(M_x^2 + M_y^2)}$$

MAX ABS

Momento fletor na base da torre devido ao desalinhamento da torre (sem SF) [kNm] :

17709	25940	26918	2306	376	240	376	2417
-------	-------	--------------	------	-----	-----	-----	------

$M_0 = 944$

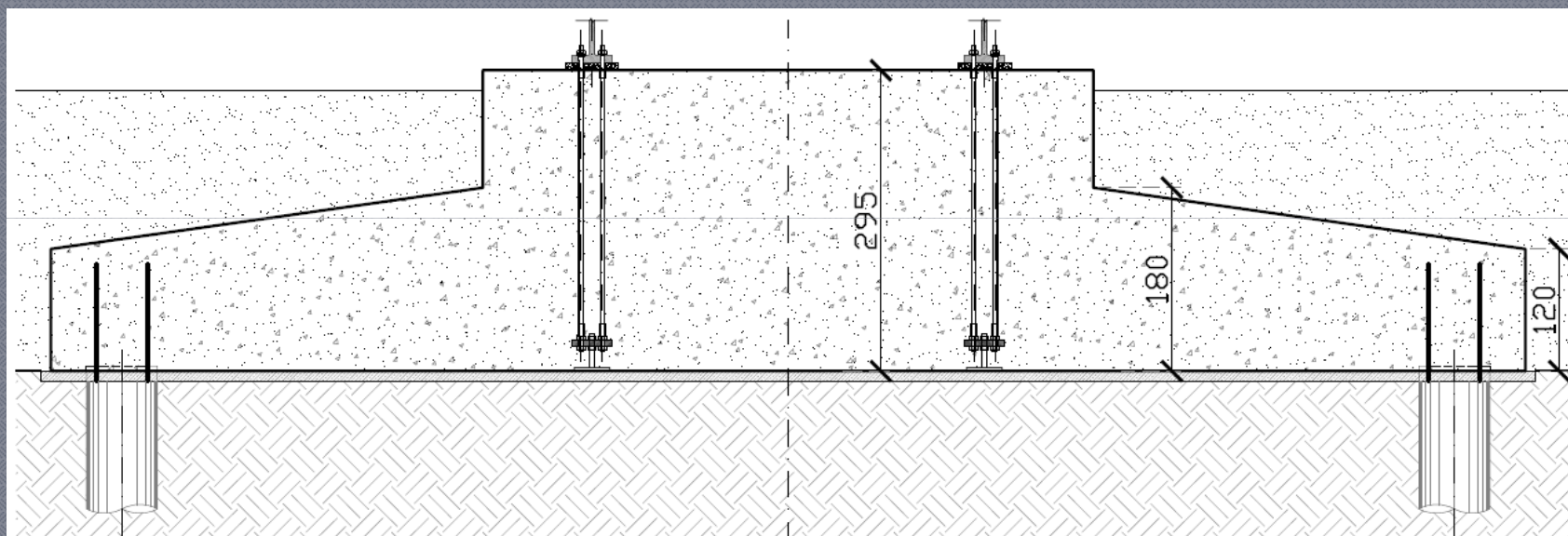
Nota. MAX Mxy sem desalinhamento da torre (SF=1) [kNm]:

25975

MODELAGEM DE FUNDAÇÃO PARA TORRE EÓLICA, CONSIDERANDO SOLO E ESTACAS

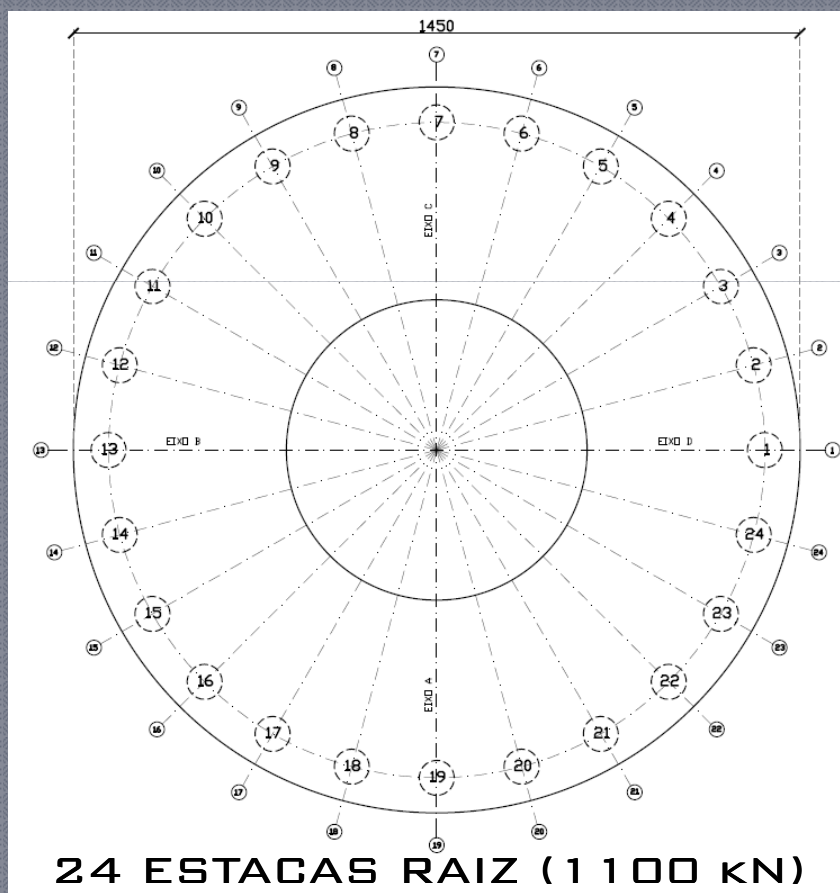


3. PROJETO



VOLUME DE CONCRETO: 283 M³

3. PROJETO



CARGAS EXTREMAS	
ESTACAS	REAÇÃO Fz (kN)
1	1072.5
2	1052.1
3	992.5
4	897.7
5	774.1
6	630.2
7	475.8
8	321.3
9	177.4
10	53.8
11	-41.0
12	-100.6
13	-120.9
14	-100.6
15	-41.0
16	53.8
17	177.4
18	321.3
19	475.8
20	630.2
21	774.1
22	897.7
23	992.5
24	1052.1

CARGAS OPERACIONAIS	
ESTACAS	REAÇÃO Fz (kN)
1	829.8
2	817.7
3	782.0
4	725.4
5	651.5
6	565.5
7	473.2
8	380.9
9	294.9
10	221.1
11	164.4
12	128.8
13	116.6
14	128.8
15	164.4
16	221.1
17	294.9
18	380.9
19	473.2
20	565.5
21	651.5
22	725.4
23	782.0
24	817.7



MODELAGEM DE FUNDAÇÃO PARA TORRE EÓLICA, CONSIDERANDO SOLO E ESTACAS



4. EXECUÇÃO





MODELAGEM DE FUNDAÇÃO PARA TORRE EÓLICA, CONSIDERANDO SOLO E ESTACAS



4. EXECUÇÃO

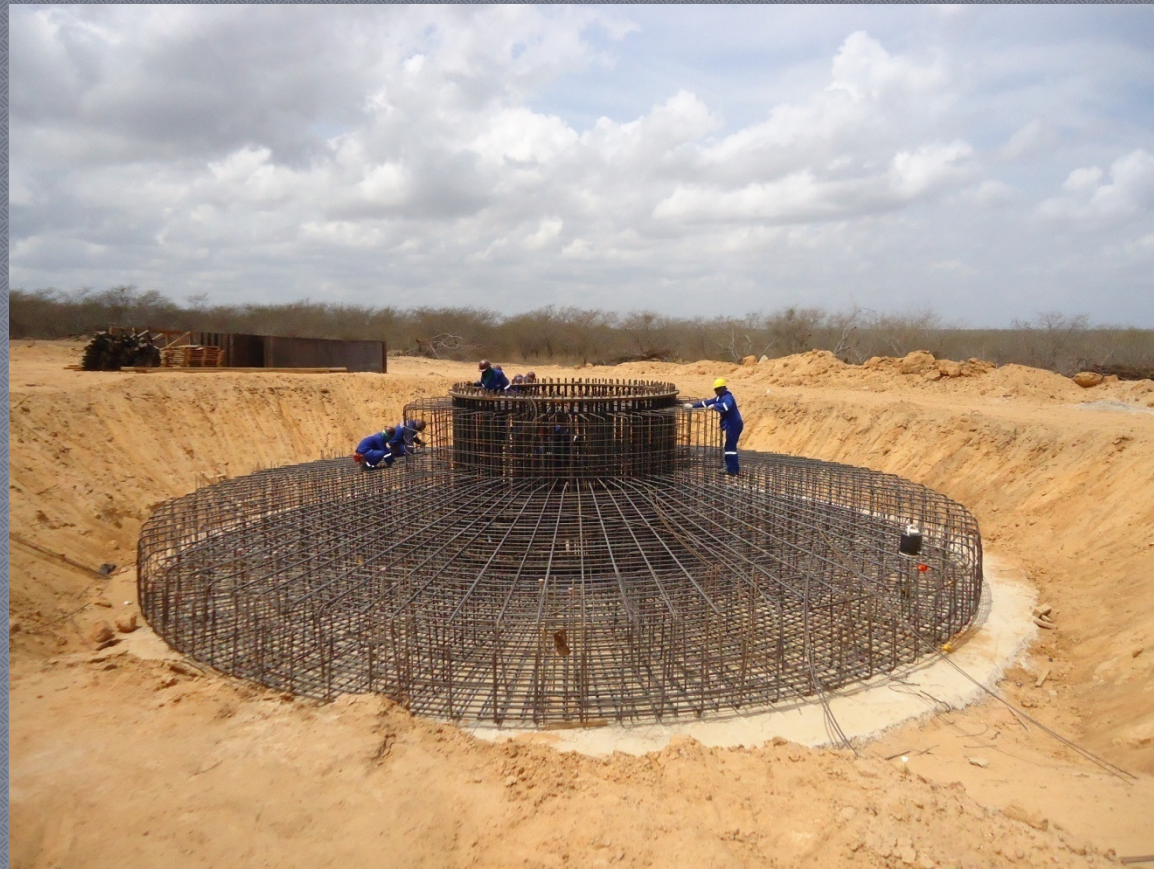




MODELAGEM DE FUNDAÇÃO PARA TORRE EÓLICA, CONSIDERANDO SOLO E ESTACAS



4. EXECUÇÃO

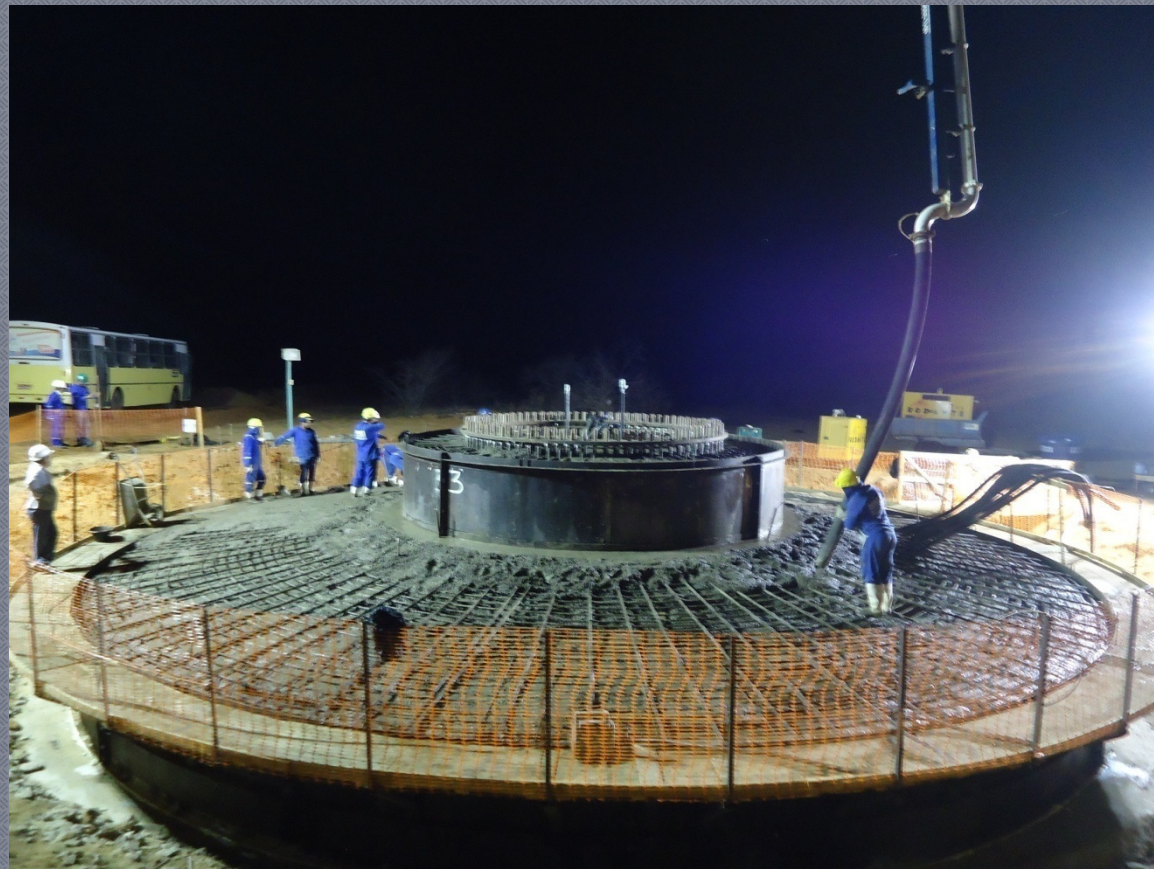




MODELAGEM DE FUNDAÇÃO PARA TORRE EÓLICA, CONSIDERANDO SOLO E ESTACAS



4. EXECUÇÃO





MODELAGEM DE FUNDAÇÃO PARA TORRE EÓLICA, CONSIDERANDO SOLO E ESTACAS



4. EXECUÇÃO





MODELAGEM DE FUNDAÇÃO PARA TORRE EÓLICA, CONSIDERANDO SOLO E ESTACAS



4. EXECUÇÃO

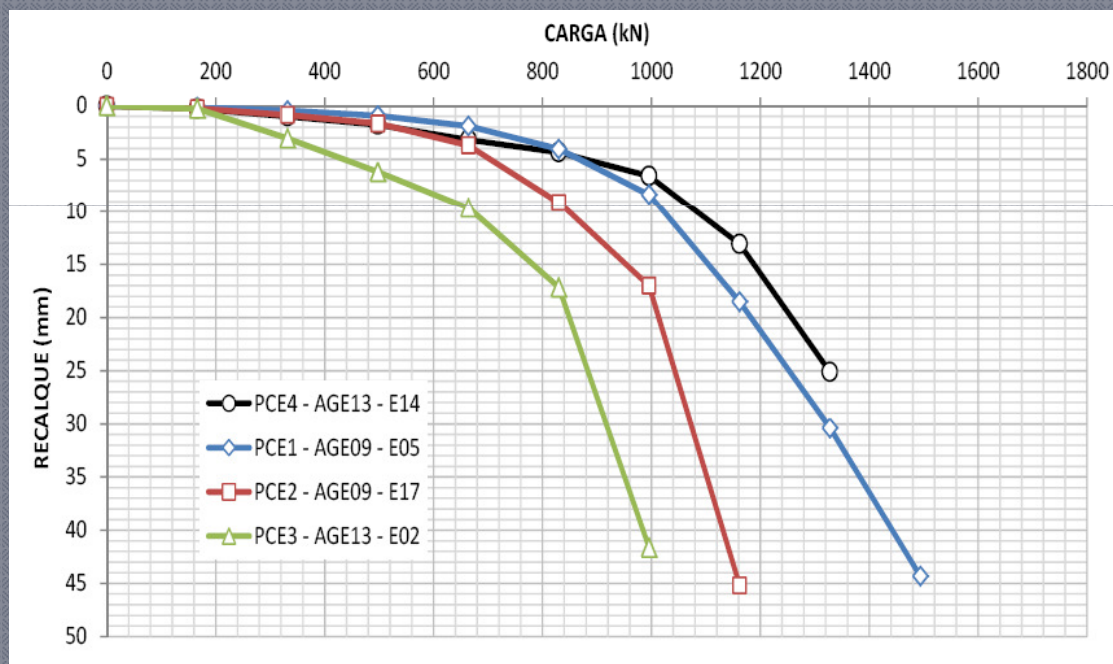




MODELAGEM DE FUNDAÇÃO PARA TORRE EÓLICA, CONSIDERANDO SOLO E ESTACAS



4. PROVAS DE CARGAS ESTÁTICAS (PCE)



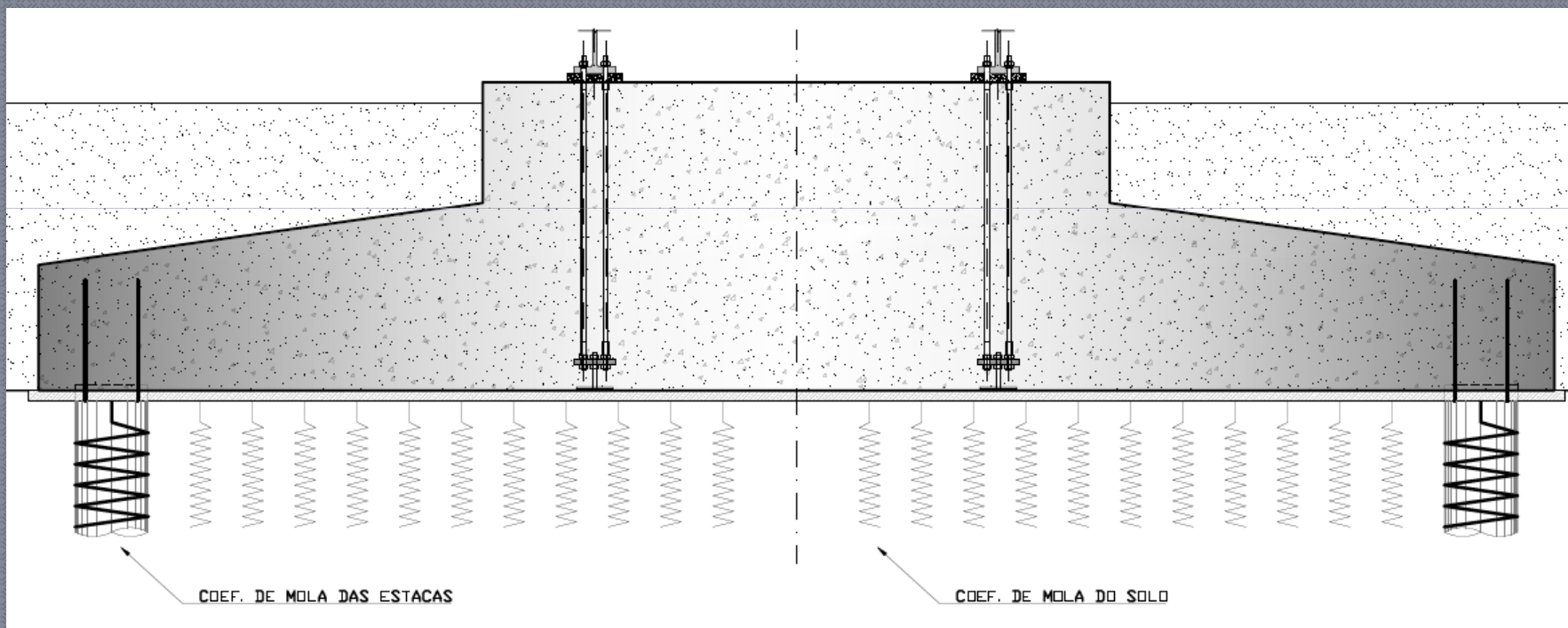
PCE3 = 828 kN

PCE2 = 995 kN

PCE1 = 1165 kN

PCE4 = 1217 kN

4. ANÁLISE CONSIDERANDO AS ESTACAS E O SOLO





MODELAGEM DE FUNDAÇÃO PARA TORRE EÓLICA, CONSIDERANDO SOLO E ESTACAS



4. ANÁLISE CONSIDERANDO AS ESTACAS E O SOLO

PCE	Resistência Lateral (kN)	Rigidez das Estacas (kN/mm)
1	796,00	227,429
2	766,00	218,857
3	667,00	190,571
4	378,00	108,000

RIDIDEZ DO SOLO = 11027 kN/m³

**** ENG. ALEXANDRE GUSMÃO**



MODELAGEM DE FUNDAÇÃO PARA TORRE EÓLICA, CONSIDERANDO SOLO E ESTACAS



4. ANÁLISE CONSIDERANDO AS ESTACAS E O SOLO

Modelo	1	2	3	4
Rigidez Estacas (kN/m)	∞	227429	186214	108000
Rigidez Solo (kN/m ³)	0	11027		

****CARGAS EXTREMAS**

$$PCE3 = 828 \text{ kN}$$

$$PCE2 = 995 \text{ kN}$$

$$PCE1 = 1165 \text{ kN}$$

$$PCE4 = 1217 \text{ kN}$$

Estacas/Modelo	Reações (kN)			
	1	2	3	4
1	1073	960	931	834
2	1052	939	911	816
3	993	879	852	761
4	898	783	758	675
5	774	657	635	562
6	630	511	492	430
7	476	354	339	288
8	321	196	185	146
9	177	49	41	14
10	54	-77	-83	-101
11	-41	-175	-179	-189
12	-101	-236	-239	-245
13	-121	-257	-259	-264
14	-101	-236	-239	-245
15	-41	-175	-179	-189
16	54	-77	-83	-101
17	177	49	41	14
18	321	196	185	146
19	476	354	339	288
20	630	511	492	430
21	774	657	635	562
22	898	783	758	675
23	993	879	852	761
24	1052	939	911	816
%Estacas	100%	74%	71%	60%
%Solo	0%	26%	29%	40%



MODELAGEM DE FUNDAÇÃO PARA TORRE EÓLICA, CONSIDERANDO SOLO E ESTACAS



OBRIGADO !!!

PROJETOS@GEORGEMARANHAO.COM.BR