



CLIENTE: MONOBLOCO CONSTRUÇÃO

REFERÊNCIA: PROJETO EXECUTIVO DE CONTENÇÃO

LOCAL: MORRO BOA VISTA, NITERÓI, RJ

REVISÕES

REV.	DATA	DESCRIÇÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
0	31/08/2020	EMISSÃO INICIAL	PEK	ELJ	RMG
1	08/02/2021	REVISÃO NA LARGURA DO PAINEL (ITENS 4 E 5)	RMG	ELJ	RMG

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ESFORÇOS DE VENTO

NAS PLACAS SOLARES

GROUNDTECH ENGENHARIA LTDA.

ELAB.	PEK	25/08/2020
VERIF.	ELJ	28/08/2020
APROV.	RMG	31/08/2020

RESPONSÁVEL TÉCNICO:
ENG. YVAN FATTORI PIMENTA
CREA RJ-1981106185/D

ASSINATURA:

PROJETISTA:
RONEY GOMES
CREA RJ-2011107509Nº ART (PROJETO):
2020200103100FORMATO:
A4Nº DOCTO (GROUNDTECH):
MC-GT-BV-0001Nº (CLIENTE):
MC-GT-BV-0001

REV. 1

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	4
3. CONSIDERAÇÕES DE PROJETO	4
3.1. COMPONENTES DOS ESFORÇOS	4
3.2. COMBINAÇÃO DE CARGAS	5
3.3. PREMISSAS ADOTADAS	5
4. CÁLCULO DOS ESFORÇOS	8
4.1. CARGAS PERMANENTES	8
4.2. CARGAS VARÁVEIS	8
5. CONCLUSÃO	17

1. INTRODUÇÃO

Este documento tem o objetivo de determinar os valores dos esforços decorrentes das forças atuantes de vento nas novas estruturas de suporte para os painéis solares no Parque Solar Boa Vista.

A área do parque pode ser acessada pelas Ruas Adelino Martins ou Lino dos Passes, seguindo perpendicularmente pelas Ruas “E” ou “F”, para acessar o início do morro da Boa Vista (Figura 1).



Figura 1 - Localização da ação proposta.

A localização aproximada do empreendimento está apresentada a seguir.

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (E a que deve ser usada) ⁴	-22° 53' 12,1080"	-43° 06' 12,8088"	123,13	7467770.383	694537.053	-45
Na data do levantamento ⁵	-22° 53' 12,1002"	-43° 06' 12,8110"	123,13	7467770.623	694536.993	-45
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,006	0,009	0,023			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-6,04					
Altitude Ortométrica (m)	129,17					

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- Referências do projeto

VS_Relatorio_Planialtimetrico_BoaVista - Relatório de Levantamento Planialtimétrico.

NT-GT-BV-0001-R0 - Especificação de investigações.

DE-GT-BV-0001 - Estudo de implantação: Especificação das Investigações Geotécnicas.

- Referências normativas

NBR 6123:2013 - Força devidas aos ventos em edificações

NBR 8800:2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.

NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas.

NBR 6120:2019 - Ações para o cálculo de estruturas de edificações.

NBR 15421:2006 - Projeto de estruturas resistentes a sismos - Procedimento.

- Outras referências

ASCE 7.10 - Wind loads.

3. CONSIDERAÇÕES DE PROJETO

3.1. COMPONENTES DOS ESFORÇOS

- Esforços devidos ao acionamento do equipamento

Na determinação dos esforços da fundação devem ser considerados os esforços devido ao acionamento do equipamento tipo tracker, por exemplo. Esses esforços são gerados devido a ao acionamento do motor na imposição de ângulos de rotação nos painéis.

- Esforços devidos à ação do vento

Para os esforços devido à ação do vento nos elementos, foi considerada a velocidade média do vento a 37 m/s (133,2 km/h) a uma altura inferior a 10 m de altura, para o período de retorno de 50 anos e tempo de integração de 3 segundos.

- Esforços verticais

Os esforços verticais considerados são devido ao peso dos elementos (estruturas suporte, motor, painéis) apoiados ou fixados aos perfis metálicos de fundação.

3.2. COMBINAÇÃO DE CARGAS

De acordo com as normas NBR 8800 e NBR 8681, as combinações de carregamentos de análise para o ELU, Estado Limite Último são:

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{Gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{Q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{Qj} \Psi_{0j} F_{Qj,k})$$

onde:

$F_{Gi,k}$ representa os valores característicos das ações permanentes;

$F_{Q1,k}$ é o valor característico da ação variável considerada principal para a combinação;

$F_{Qj,k}$ representa os valores característicos das ações variáveis que podem atuar concomitantemente com a ação variável principal.

3.3. PREMISSAS ADOTADAS

Os cálculos de carga se baseiam nas recomendações das normas NBR 6123 e NBR 8681, com o apoio da referência ASCE 7.10 de prestígio. As seguintes hipóteses a seguir foram consideradas.

- Cargas permanentes

Peso próprio de equipamentos (painéis e motor), cabos e outros elementos quando aplicáveis.

- Cargas variáveis

Vento sobre os painéis. Mudança de condições.

- Cargas acidentais

Acionamento de motor.

- Condições ambientais

Como indicado na seção 5.1.2 de NBR 5422, as seguintes temperaturas foram definidas:

Temperatura média, sem vento: 28°C

Temperatura coincidente com ocorrência de velocidade de projeto: 16°C

Temperatura máxima média, sem vento: 40°C

Temperatura mínima, sem vento: 8°C

Temperatura máxima, sem vento: 44°C



Figura 2 - Isopletas das médias das temperaturas mínimas diárias (NBR 5422).

- Exclusão de carga por evento sísmico

Em relação ao cálculo das fundações, a localização da área do projeto é classificada como “Zona 0” de acordo com as indicações na norma NBR 15421.

Conforme indicado no item 7.3.1 da referida norma, não há requisitos especiais para resistência sísmica, portanto é excluído do cálculo contido neste documento.

Em relação ao cálculo estrutural, o projetista deve avaliar a consideração da carga do sismo, além de estudar e incluir, se apropriado, outras cargas de projeto necessárias.

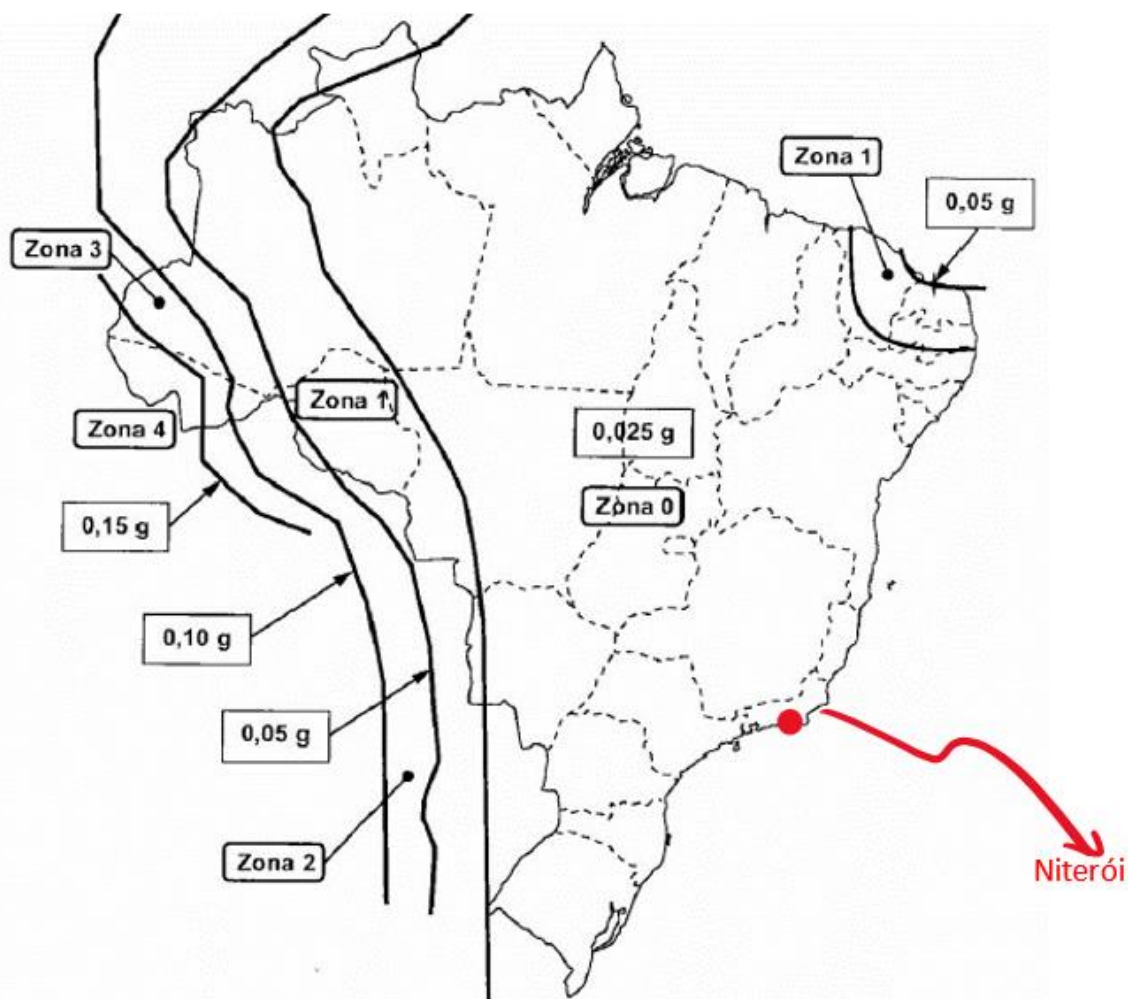


Figura 3 - Mapeamento da aceleração sísmica horizontal característica no Brasil para terrenos da classe B (“Rocha”).

4. CÁLCULO DOS ESFORÇOS

4.1. CARGAS PERMANENTES

- Cargas Verticais devido ao peso próprio

São as cargas devido aos esforços provocados pelo peso dos equipamentos tipo painéis solares e estruturas de suporte. Essas cargas devem ser definidas quando da definição de um fornecedor para esses equipamentos.

4.2. CARGAS VARÁVEIS

- Vento

As cargas de vento são calculadas de acordo com a NBR 5422. Os principais parâmetros são indicados abaixo.

- Velocidade básica do vento (art. 4.7)

$$V_b = 37 \text{ m/s}$$

Para os esforços devido à ação do vento nos elementos, foi acordado adotada de maneira conservadora uma velocidade básica de vento de 37 m/s (133,2 km/h) a 10,0 m de altura, na temperatura coincidente de 16°C, período de retorno de 50 anos e tempo de integração de 3 segundos.

São apresentadas na Figura 4 as isopletras de acordo com a NBR 5422.

Foram retiradas as diferenças altimétricas pelo Google Earth (Figuras 5 a 7) com a finalidade de avaliar a altura d para o cálculo de S_1 . A região plana do morro logo abaixo da instalação do Parque Solar Boa Vista é indicada pela Igreja Batista Boa Vista.

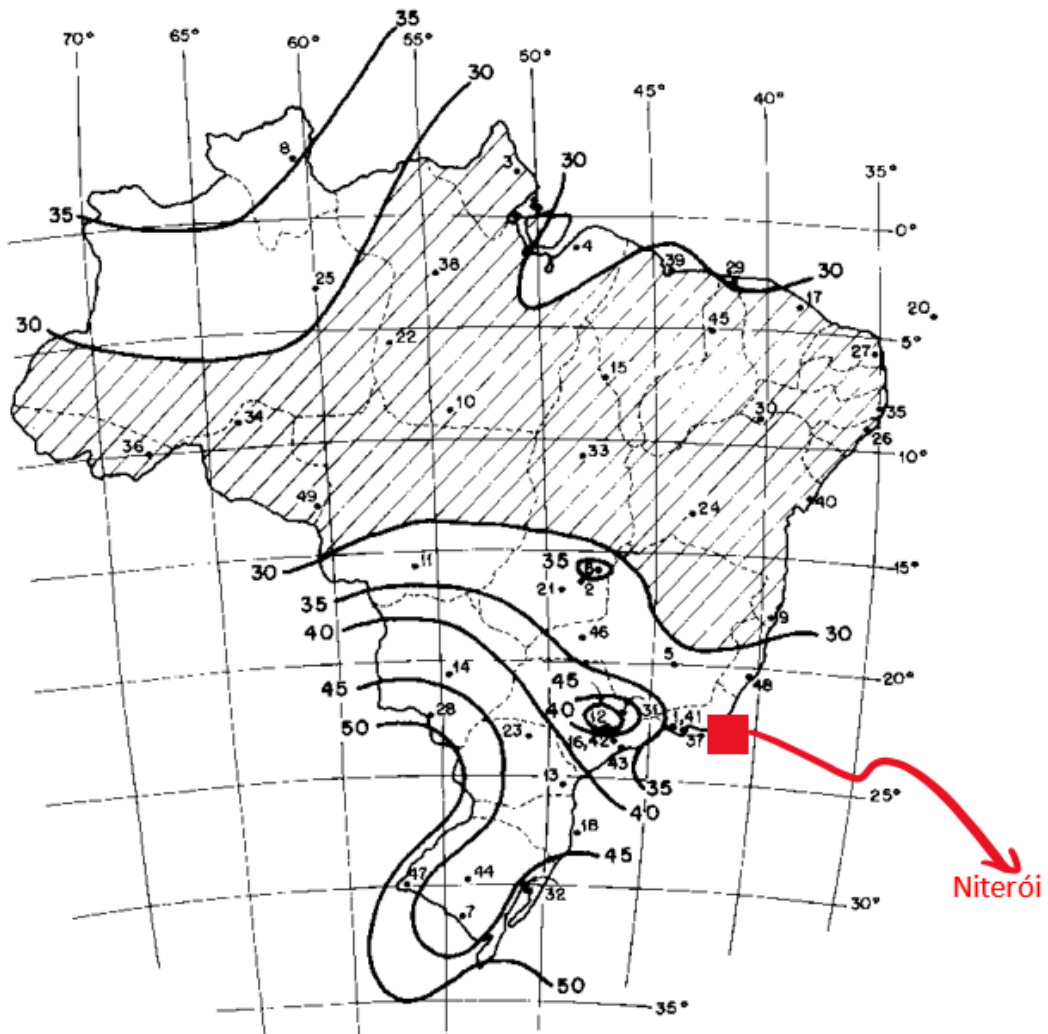


Figura 4 - Isopletas da velocidade básica.

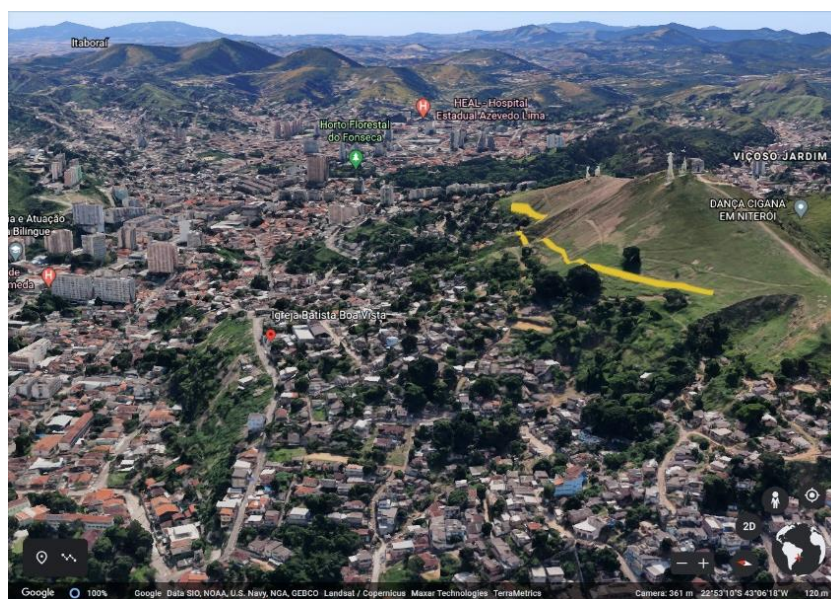


Figura 5 – Vista aérea de topo (Google Earth).



Figura 6 – Vista aérea frontal (Google Earth).

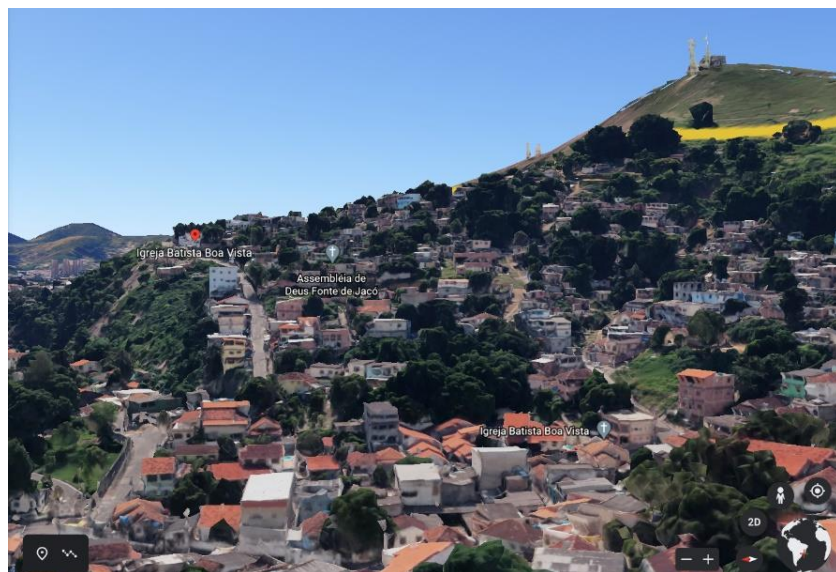


Figura 7 – Vista aérea lateral (Google Earth).

Velocidade de vento, correção de altura (art. 4.8.4)

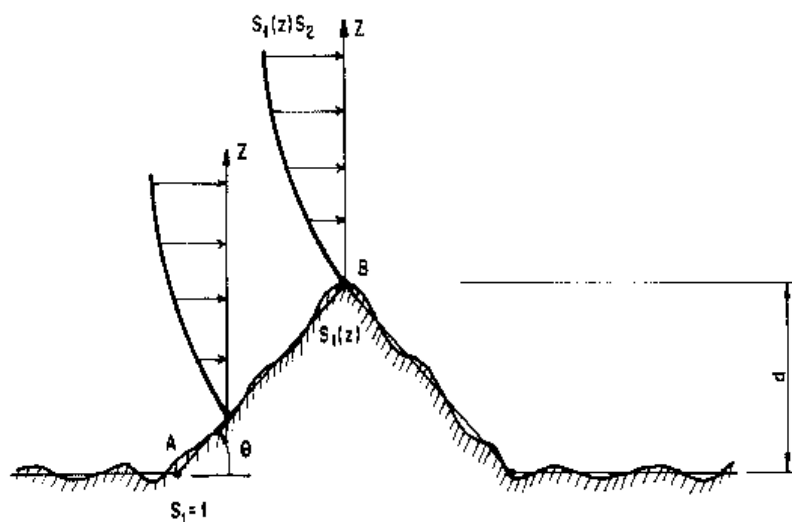
- Pressão de Vento - pela NBR 6123

$$q = \frac{1}{2} \times \rho \times v_k^2 = 0.613 \times v_k^2$$

$$V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$$

$$V_0 = 37 \text{ m/s}$$

S1: fator topográfico: no caso em análise: morro;



$\theta \leq 17^\circ$, adotado 17° por ser mais conservador.

$$S_1(z) = 1,0 + (2,5 - z / d) \cdot \text{tg} (\theta - 3^\circ)$$

Da altimetria, o valor absoluto de z em relação ao nível do mar é $z = 123,13\text{m}$. Foi considerado que as construções prediais na região plana (Igreja Batista Boa Vista), imediatamente abaixo deste nível, estão na cota $90,00 \text{ m}$. Portanto, a diferença altimétrica é de $123,13 \text{ m} - 90,00 \text{ m} = 33,13\text{m}$.

$$S_1(z) = 1,0 + (2,5 - 2,0 / 33,13) \cdot 0,25$$

$$S_1(z) = 1,60$$

S2: fator que considera a influência da rugosidade do terreno, das dimensões da edificação ou parte da edificação em estudo, e de sua altura sobre o terreno

Tabela 1 - Parâmetros b, p, F_{R,ii}.

Cat.	t(s)	3	5	10	15	20	30	45	60	120	300	600	3600
I	b	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,19	1,21	1,23	1,25
	p	0,06	0,065	0,07	0,075	0,075	0,08	0,085	0,085	0,09	0,095	0,095	0,10
II	b	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	p	0,085	0,09	0,10	0,105	0,11	0,115	0,12	0,125	0,135	0,145	0,15	0,16
	F _r	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,87	0,84	0,82	0,77	0,72	0,69	0,65
III	b	0,94	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,87	0,86	0,85
	p	0,10	0,105	0,115	0,125	0,13	0,14	0,145	0,15	0,16	0,175	0,185	0,20
IV	b	0,86	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,80	0,79	0,76	0,73	0,71	0,68
	p	0,12	0,125	0,135	0,145	0,15	0,16	0,17	0,175	0,195	0,215	0,23	0,25
V	b	0,74	0,73	0,71	0,70	0,69	0,67	0,64	0,62	0,58	0,53	0,50	0,44
	p	0,15	0,16	0,175	0,185	0,19	0,205	0,22	0,23	0,255	0,285	0,31	0,35

Categoria II e Classe C = 0,94 (Tabela 1)

$$b = 1,00$$

$$F_R = 1,00$$

$$p = 0,085$$

z = 2,0 m - para a altura útil máxima da estrutura (adotado conservadoramente como ponto mais elevado do painel fotovoltaico).

$$S_2 = b * F_R * (2 / 10)^p$$

S₂ = 0,87 - fator de Rugosidade do terreno, dimensões e altura da edificação.

S₃: fator baseado em conceitos probabilísticos; Adotado Grupo 3 = 0,95 (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores mínimos para o fator estatístico S3.

Grupo	Descrição	S ₃
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação	1,00
3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção	0,83

$$V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$$

Para $k = 2,0$ (altura máxima do painel em relação ao solo):

$$V_{2m} = 37 \times 1,60 \times 0,87 \times 0,95 = 48,93 \text{ m/s}$$

Para obtenção das forças de vento a NBR 6123 adota a seguinte formula:

$$q = 0,613 \times V_k^2 / 1000$$

$$q = 1,47 \text{ kN/m}^2 \text{ - pressão do vento}$$

Cargas transversais devido a ação do vento nos painéis

O esforço devido à ação do vento nos cabos é contemplado na direção perpendicular a eles, conforme a formulação apresentada a seguir.

Tem-se:

$L = 30\text{m}$ (para 10 painéis x 3m entre estacas metálicas/ suportes);

h = variável em função da inclinação do painel.

A força de vento em uma placa retangular é calculada por:

$$F = C_f \cdot q \cdot A$$

- Direcionalidade de incidência do vento:
 - Para incidência a 90°: $F = 1,3 \cdot q \cdot (30 \cdot h)$
 - Para incidência a 50°: $F = 1,6 \cdot q \cdot (30 \cdot h)$

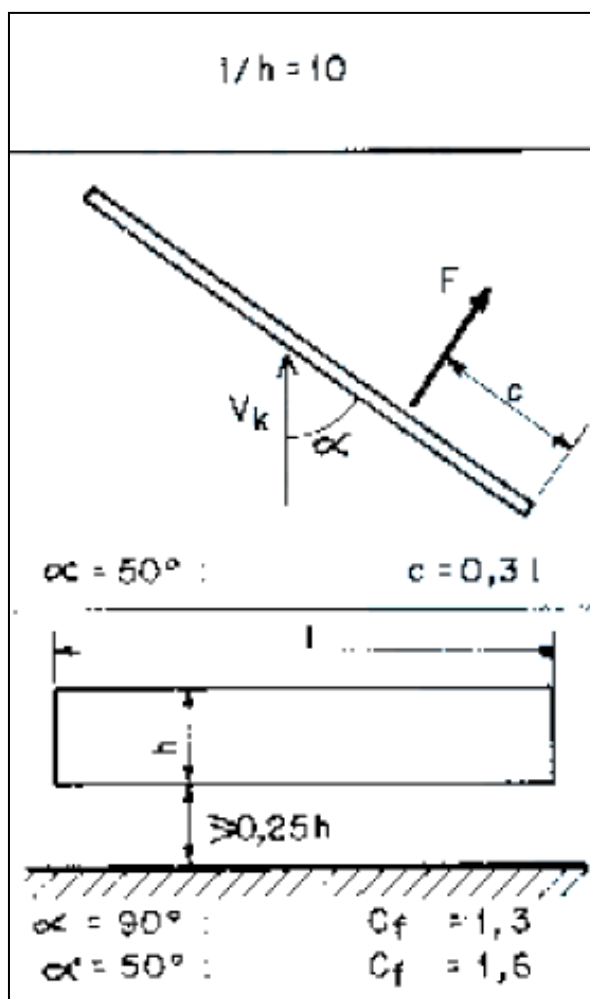


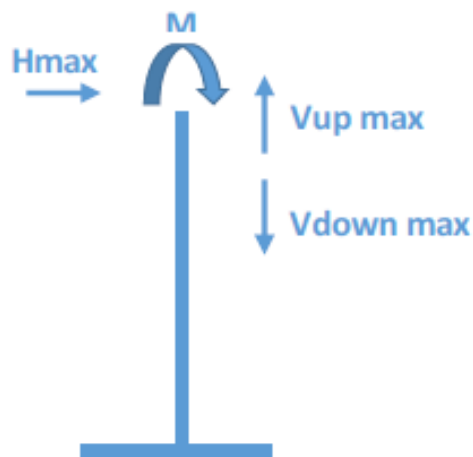
Figura 8 - Coeficiente de força para placas retangulares, α é o ângulo de incidência.

Os valores dimensionais adotados para os painéis são de uma fileira com 30,0 m (comprimento) x 4,0 m (largura de painel). Nessa fileira estimada foram adotados 11 perfis de suporte, ou seja, uma área de influência de 3,0m x 4,0 m para cada perfil de suporte.



Figura 9 – Arranjo de painéis e dimensões entre suportes e fileiras

Os resultados dos cálculos são apresentados na sequência (Tabelas 3 e 4).



O momento é um esforço devido ao acionamento do motor.

H_{max} deve ser entendido por F_y transversal e F_x longitudinal em relação à fileira de painéis.

Tabela 3 – Esforços por painel para ângulo de incidência igual a 90 graus.

Incl. dos painéis (tilt angle)	F _y (transv painéis) [kN]	F _x (long painéis) [kN]	F (compr.) [kN]	F (tração) [kN]
0 °	0,57	0,00	0,00	0,00
15 °	5,94	0,00	5,73	-5,73
30 °	11,47	0,00	9,93	-9,93
45 °	16,22	0,00	11,47	-11,47
60 °	19,86	0,00	9,93	-9,93

Tabela 4 – Esforços por painel para ângulo de incidência igual a 45 graus.

Incl. dos painéis (tilt angle)	F _y (transv painéis) [kN]	F _x (long painéis) [kN]	F (compr.) [kN]	F (tração) [kN]
0 °	0,47	0,47	0,00	0,00
15 °	4,84	0,47	4,68	-4,68
30 °	9,36	0,47	8,10	-8,10
45 °	13,23	0,47	9,36	-9,36
60 °	16,20	0,47	8,10	-8,10

5. CONCLUSÃO

Foram calculadas as cargas de vento para um painel tipo com fileiras de 30,0 m (comprimento) x 4,0 m (largura de painel).

Todas as cargas indicadas nesse documento devem ser combinadas e majoradas adequadamente de acordo com os coeficientes de segurança e demais requisitos das normas aplicáveis para realizar o dimensionamento estrutural e das fundações.

**ENUSA**

CLIENTE: MONOBLOCO CONSTRUÇÃO

REFERÊNCIA: PROJETO EXECUTIVO DE FUNDAÇÕES E DRENAGEM

LOCAL: MORRO BOA VISTA, NITERÓI, RJ

REVISÕES

REV.	DATA	DESCRIÇÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
0	08/01/2021	EMISSÃO INICIAL	OGC	RMG	RMG
1	12/02/2021	REVISÃO NO ITEM 3	OGC	RMG	RMG
2	04/03/2022	REVISÃO NO ITEM 3	LFF	LFF	LFF

MEMÓRIA DE CÁLCULO**SISTEMA DE CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E
REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA****GROUNDTECH ENGENHARIA LTDA.**

ELAB.	OGC	08/01/2021
VERIF.	RMG	08/01/2021
APROV.	RMG	08/01/2021

RESPONSÁVEL TÉCNICO:
ENG. YVAN FATTORI PIMENTA
CREA RJ-1981106185/D

ASSINATURA:

PROJETISTA:
RONEY GOMES
CREA RJ-2011107509Nº ART (PROJETO):
2020200103100FORMATO:
A4Nº DOCTO (GROUNDTECH):
MC-GT-BV-0002Nº (CLIENTE):
MC-GT-BV-0002

REV. 2

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. CRITÉRIOS E PREMISSAS	3
3. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA	5
4. CONCLUSÃO	8

1. INTRODUÇÃO

O futuro Parque Solar Boa Vista, a ser implantado no município de Niterói, RJ, contará com um sistema de captação, armazenamento e aproveitamento da água da chuva.

O volume armazenado será utilizado na lavagem regular dos módulos solares, na rega de mudas e eventuais combate a incêndios.

A água será captada diretamente sobre as placas solares, e então direcionada, através de um sistema composto por tubos e canaletas, para reservatórios apropriados.

O presente documento tem como objetivo apresentar os critérios e premissas adotados no dimensionamento desse sistema, assim como a memória dos cálculos efetuados.

2. CRITÉRIOS E PREMISSAS

O futuro Parque Solar Boa Vista será implantado em uma das faces do morro de mesmo nome no município de Niterói – RJ, sobre as seguintes coordenadas (Figura 1):

- Latitude: 22°53'12.67"S;
- Longitude: 43° 6'9.68"O.

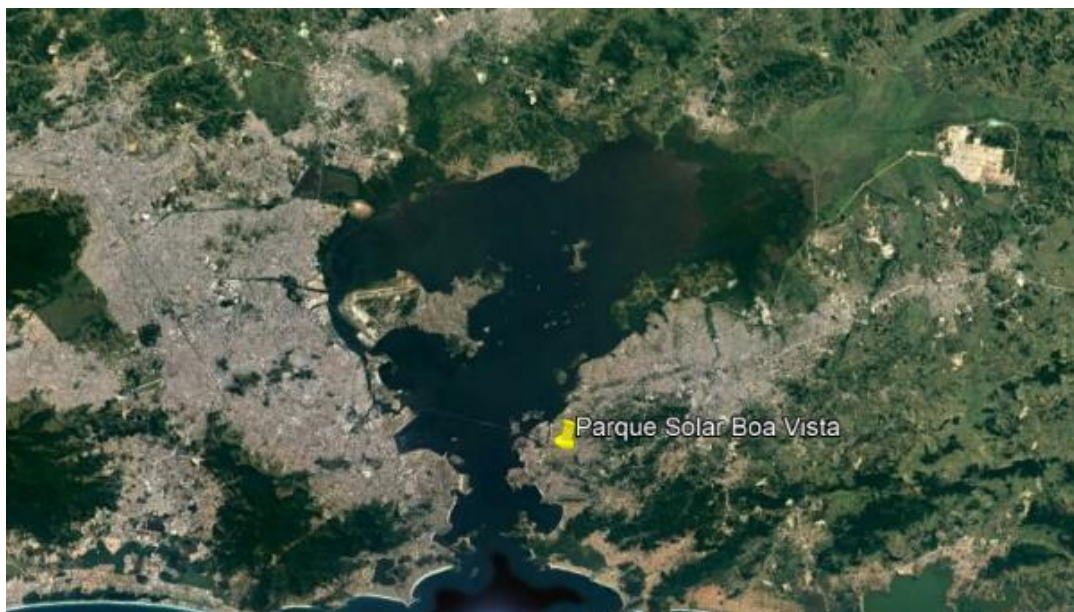


Figura 1. Parque Solar Boa Vista – Localização

Serão instalados 2.700 módulos solares (Figura 2) distribuídos em linhas ao longo da encosta. As estruturas solares a serem implantadas no Parque apresentam as seguintes características:

- Número de módulos: 2.700;
- Número de módulos por estrutura de suporte (painel): 6;
- Largura do módulo: 1,00 m;
- Comprimento do módulo: 2,00 m;
- Número de painéis: 450;
- Largura do painel: 3,00 m;
- Comprimento do painel: 4,00 m;
- Área do painel: 12 m².



Figura 2 - Modelo dos módulos solares.

Visando aproveitar a água da chuva para a lavagem regular dos painéis, para a rega de mudas e para eventual combate a incêndios na comunidade adjacente, o parque contará com um sistema de captação, armazenamento e aproveitamento desta.

O critério adotado para o dimensionamento deste sistema foi:

Sistema com capacidade de captar e armazenar um volume de água da chuva suficiente para a lavagem dos módulos solares, mais um adicional para a rega de mudas e eventual combate à incêndios.

Segundo literatura especializada, consomem-se em média 2,5 litros na lavagem de um módulo solar. Como o parque contará com 2.700 módulos, estima-se que cada ciclo de lavagem consumirá 6.750 litros de água.

De acordo com o cliente, serão realizadas duas lavagens anuais em cada módulo. Assim, anualmente, o volume consumido de água para lavagem dos módulos do Parque Solar Boa Vista será de 13.500 litros.

No dimensionamento será considerado:

Lavagem dos módulos 2 x no ano: $6.750 \times 2 = 13.500$ litros

Rega de mudas todo mês: $50.000 \text{ litros/mês} \times 12 \text{ meses} = 600.000$ litros

Reserva técnica de 20% do maior volume.

Cálculo por mês sem lavagem dos painéis:

$600.000 \text{ litros} / 12 \text{ meses} = 50.000 \text{ litros}$

$50.000 \text{ litros} \times 0,20 = 10.000 \text{ litros}$

Total = 60.000 litros/mês

Cálculo por mês com lavagem dos painéis:

$50.000 \text{ litros} + 6.750 \text{ litros} = 56.750 \text{ litros}$

$56.750 \text{ litros} \times 0,20 = 11.350 \text{ litros}$

Total = 68.100 litros

3. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

O comportamento pluviométrico na região, a partir do qual será definida a configuração e o tamanho do sistema, foi determinado a partir da série histórica de dados de precipitação observados na Estação Pluviométrica Horto Florestal (código ANA: 2243236), cujas principais características são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Estação Pluviométrica Horto Floresta.

Nome	Código ANA	Coordenadas		Extensão da Série	
		Lat	Long	Início	Fim
Horto Florestal	2243236	22°52'58.00"S	43° 6'27.00"O	jan/77	dez/94

Das medições feitas na estação pluviométrica Horto Florestal ao longo dos anos extraiu-se a série de precipitações totais mensais, apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Série de precipitações totais mensais – EstPlu Horto Floresta.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1977	119.7	0.0	76.7	218.2	66.1	23.1	81.1	18.6	119.7	46.0	103.0	195.8
1978	57.2	263.0	64.2	107.7	119.6	39.2	9.2	32.6	23.6	33.1	97.6	114.2
1979	199.7	125.6	102.2	69.1	60.0	66.9	70.0	102.6	125.2	33.5	96.7	138.3
1980	129.5	77.0	25.2	124.1	35.0	58.7	28.8	83.1	83.7	130.5	148.5	140.8
1981	107.6	57.6	70.3	106.0	7.2	24.3	81.4	83.5	7.9	62.6	210.0	254.8
1982	269.0	45.9	154.7	77.9	29.3	21.1	57.9	81.3	24.4	144.0	75.8	252.7
1983	91.7	27.2	287.5	99.7	81.9	172.5	54.4	57.4	224.3	107.9	147.6	170.8
1984	82.7	6.4	85.1	87.6	91.0	32.3	25.2	43.0	46.6	43.1	30.5	81.2
1985	301.5	182.1	101.5	116.6	75.2	52.7	9.0	41.9	113.6	34.2	81.2	199.9
1986	46.8	92.0	116.1	137.1	28.0	39.6	134.9	42.3	41.6	64.4	55.5	185.5
1987	103.4	127.3	68.3	81.6	115.1	129.3	19.4	48.9	88.8	119.5	37.7	137.7
1988	45.4	343.3	145.5	156.6	144.1	100.5	92.9	22.9	46.2	113.1	178.0	150.6
1989	67.0	183.7	56.7	77.0	65.4	141.4	106.1	55.7	103.8	93.3	80.5	148.2
1990	79.3	19.9	35.2	254.4	100.3	37.6	139.2	76.4	148.0	78.7	54.3	79.6
1991	195.4	153.4	250.8	103.9	85.2	73.4	37.8	31.8	99.2	122.9	55.3	130.6
1992	179.8	77.6	17.8	105.3	54.2	10.0	81.9	58.3	143.2	82.1	209.1	69.0
1993	43.7	105.5	174.6	91.4	88.2	81.0	19.7	14.8	78.8	66.4	50.1	154.0
1994	104.7	16.4	252.3	116.3	102.0	135.4	62.4	50.2	27.0	17.2	96.0	91.8
mínimo	43.7	0.0	17.8	69.1	7.2	10.0	9.0	14.8	7.9	17.2	30.5	69.0
média	123.6	105.8	115.8	118.4	74.9	68.8	61.7	52.5	85.9	77.4	100.4	149.8
máxima	301.5	343.3	287.5	254.4	144.1	172.5	139.2	102.6	224.3	144.0	210.0	254.8

O presente sistema foi dimensionado com base nas precipitações totais médias mensais, ou seja, a média histórica dos totais precipitados mês-a-mês.

Considerando esses valores, um sistema englobando todos os 450 painéis solares que integrarão o futuro parque captaria volumes totais mensais de água da chuva muito superiores ao necessário para a lavagem deles, conforme se pode observar na tabela a seguir.

Tabela 3 - Volume Captável Mês-a-Mês.

Volume Mensal Captável												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
média por mês (mm)	123.56	105.77	115.82	118.36	74.88	68.83	61.74	52.52	85.87	77.36	100.41	149.75
área total (m²)	5 400	5 400	5 400	5 400	5 400	5 400	5 400	5 400	5 400	5 400	5 400	5 400
Volume mensal (l)	667 230	571 170	625 410	639 150	404 340	371 700	333 390	283 590	463 680	417 750	542 220	808 650

Assim, foi feito um cálculo inverso com o objetivo de se determinar a área que garantiria a captação de um volume de água de aproximadamente 68.100 litros (capacidade de armazenamento estipulada) nos meses de lavagem dos painéis.

Tabela 4 - Volume Captável Considerando Captação em Número Reduzido de Painéis.

Volume Captável Considerando Captação em Número Reduzido de Painéis												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
média por mês (mm)	123.56	105.77	115.82	118.36	74.88	68.83	61.74	52.52	85.87	77.36	100.41	149.75
área total (m ²)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Volume mensal (l)	3707	3173	3475	3551	2246	2065	1852	1576	2576	2321	3012	4493
Volume semestral (l)	18217						15829					

A conclusão da presente análise foi de que a área necessária para captação do volume de armazenamento estipulado (15.000 litros) ao longo de seis meses é aproximadamente 30 m², o equivalente a apenas 3 painéis solares.

Como a captação em um número maior de painéis, em princípio, não influencia significativamente no preço final do sistema, avaliou-se quantos painéis seriam necessários para que fosse garantida a captação mensal do volume de armazenamento estipulado. Esse valor, conforme se verifica na Tabela 5, considerando o pior mês, que seria Agosto, é de 27 painéis (324 m²) para cada grupo de sistema.

Assim: $1297 \text{ m}^2 / 12 \text{ m}^2 = 108 \text{ painéis} / 4 \text{ grupos} = 27 \text{ painéis}$

Tabela 5 - Área mínima necessária para captação mensal do volume de armazenamento estipulado.

Volume Captável Considerando Captação em Número Reduzido de Painéis												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
média por mês (mm)	123.56	105.77	115.82	118.36	74.88	68.83	61.74	52.52	85.87	77.36	100.41	149.75
área total (m ²)	486	644	518	507	801	872	972	1.297	699	776	598	401
Volume mensal (l)	60.000	68.100	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	68.100	60.000	60.000	60.000	60.000

Para utilização da água armazenada, será instalado um sistema hidráulico pressurizado com pressostato, que garantirá uma pressão de água uniforme nos pontos de consumo. Presentemente é apresentado o dimensionamento do conjunto motobomba a ser instalado. Para tanto, foram estimados os seguintes parâmetros:

- Altura de sucção: 1,00 m;
- Altura de recalque: 0,00 m;
- Comprimento da tubulação: 200 m;
- Vazão em cada registro: 1 m³/h;
- Diâmetro da tubulação de sucção: 40 mm;
- Diâmetro da tubulação de recalque: 40 mm;

- Rendimento: 80%.

Assim, tem-se uma bomba com potência de 1,00 cv.

4. CONCLUSÃO

Com base no volume anual de água que será consumido na operação do Parque Solar Boa Vista e no histórico de dados pluviométricos medidos na região, foi determinado o tamanho mínimo do sistema de captação, armazenamento e aproveitamento da água da chuva.

Como os resultados indicaram um sistema muito aquém do potencial existente, optou-se por majorar esse sistema ao ponto de garantir um volume armazenado mensalmente maior do que todo o volume necessário para duas lavagens anuais dos painéis solares – 15.000 litros.

Assim, se no futuro houver necessidade de um volume maior de água, bastará incrementar o volume de armazenamento do sistema.

