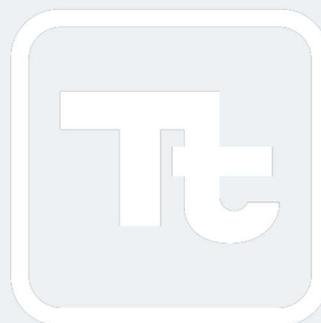


# Estudo de Downtime na Região de Implantação do Complexo Portuário Petrocity São Mateus, Espírito Santo

Odebrecht Engenharia & Construção



Em atendimento ao item 9.1.7.1 - Parâmetros  
Ocenográficos do Termo de Referência..

---

# Estudo de Downtime na Região de Implantação do Complexo Portuário Petrocity

O18093-MOG-03-A  
Agosto/2018

## APRESENTADO PARA

---

**Odebrecht Engenharia & Construção**  
São Paulo - SP  
[www.odebrecht.com](http://www.odebrecht.com)

## APRESENTADO POR

---

**Tetra Tech**  
São Paulo - SP  
[www.tetrattech.com](http://www.tetrattech.com)

REVISÃO:	DATA:	FINALIDADE:
0	27/07/2018	Emissão inicial
A	09/08/2018	Inclusão de análises meteocanográficas e downtime para pontos internos

Preparado por:

---

Mariana Lino Gouvêa  
Meteorologista Sênior

Verificado por:

---

Clarissa B. De Luca Menin  
Oceanógrafa Sênior / Coordenação  
Oceanografia e Engenharia Costeira

Autorizado por:

---

Gabriel Clauzet  
Oceanógrafo Físico / Gerente de Meteorologia,  
Oceanografia e Óleo & Gás

Tetra Tech é responsável pelo conteúdo do presente relatório incluindo: tecnologias, metodologias, especificações técnicas, desenhos, figuras, cópias, diagramas, fórmulas, modelos, amostras, e fluxogramas.

A utilização deste material deverá ser compatível com o escopo do projeto/trabalho contratado, fazendo-se expressa menção ao nome da Tetra Tech como autora do estudo. Da mesma forma, quando a equipe técnica da Tetra Tech for incorporada na equipe técnica da empresa contratante, esta deverá ser mencionada, e referenciada, como: “consultores da Tetra Tech”. Qualquer dúvida ou alteração desta conduta deverá ser discutida entre o cliente e a Tetra Tech.

TETRA TECH, 2018. Estudo de Downtime na Região de Implantação do Complexo Portuário Petrocity. Relatório Técnico O18093-MOG-03-A, (09 de agosto de 2018). 22pp.

## ÍNDICE

### Página

1.	INTRODUÇÃO .....	4
2.	METODOLOGIA.....	5
2.1.	LIMIARES AMBIENTIAS .....	5
2.2.	DADOS.....	6
3.	CARACTERÍSTICAS METEOCEANOGRÁFICAS LOCAIS.....	9
3.1.	REGIME DE VENTOS.....	9
3.2.	CLIMA DE ONDAS.....	10
3.2.1.	Ponto Externo (P0).....	11
3.2.2.	Ponto Central da Bacia de Evolução (P1) .....	12
3.2.3.	Ponto Interno (P2).....	14
4.	DOWNTIME .....	15
4.1.	DOWNTIME NO PONTO EXTERNO (P0).....	15
4.2.	DOWNTIME NO PONTO CENTRAL DA BACIA DE EVOLUÇÃO (P1).....	18
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	20
6.	BIBLIOGRAFIA .....	21
7.	EQUIPE TÉCNICA .....	22

## TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Valores limiares de vento e ondas.....	6
<b>Tabela 2</b> – Coordenadas de localização dos pontos de análise. ....	8
<b>Tabela 3</b> – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção dos ventos.....	10
<b>Tabela 4</b> – Diagrama de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção das ondas no ponto P0..	12
<b>Tabela 5</b> – Diagrama de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção das ondas no ponto P1..	13
<b>Tabela 6</b> – Diagrama de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção das ondas no ponto P1..	14

## **FIGURAS**

<b>Figura 1</b> – Localização das bases de dados utilizadas utilizadas. ....	7
<b>Figura 2</b> – Rosa dos ventos. ....	10
<b>Figura 3</b> – Rosa da altura significativa das ondas no ponto P0. ....	12
<b>Figura 4</b> – Rosa da altura significativa das ondas no ponto P1. ....	13
<b>Figura 5</b> – Rosa da altura significativa das ondas no ponto P2. ....	14
<b>Figura 6</b> – Frequência mensal de downtime no ponto P0. ....	16
<b>Figura 7</b> – Distribuição da duração (em horas) das janelas não-operativas no ponto P0. ....	17
<b>Figura 8</b> – Frequência mensal de downtime no ponto P1. ....	18
<b>Figura 9</b> – Distribuição da duração (em horas) das janelas não-operativas no ponto P1. ....	19

## 1. INTRODUÇÃO

Para dar suporte à Odebrecht Engenharia & Construção nos estudos ambientais para implantação do Complexo Portuário Petrocity, a TETRA TECH apresenta este estudo de *downtime* operacional associado às condições de tempo e estados de mar.

No presente trabalho são apresentadas as condições típicas com relação ao regime de ventos e clima de ondas na região do empreendimento, considerando a implantação do layout 1. Com isso, é analisada a ocorrência das denominadas janelas não-operativas, ou períodos de *downtime*, ou seja, dos períodos de tempo durante os quais as atividades portuárias precisam ser interrompidas como medida de segurança devido a condições meteoceanográficas adversas. Os períodos de *downtime* são analisados em termos de sua frequência de ocorrência, distribuição ao longo do ano e de sua duração. Para atender aos objetivos propostos foram adotadas bases de dados ambientais robustas e com a extensão necessária para realização das análises.

Este relatório descreve as metodologias adotadas e discute os resultados obtidos para a caracterização meteoceanográfica em diferentes pontos, com diferentes posicionamentos em relação ao layout 1 de implantação do píer, e também considerando três diferentes cenários para o estudo de *downtime*, com diferentes graus de restrição ambiental dependendo do limiar adotado para altura significativa das ondas.

## 2. METODOLOGIA

Define-se como *downtime* o tempo no qual o porto não realiza operações em decorrência de condições meteoceanográficas adversas. Ou seja, entende-se como o período de tempo consecutivo no qual as condições de tempo e estados de mar não permitem a realização de operações com a segurança necessária, de forma que as atividades neste período precisam ser interrompidas.

O objetivo deste estudo é a avaliação dos padrões de intensidade do vento e altura significativa de ondas de forma a identificar e quantificar períodos de *downtime* na área de estudo.

O *downtime* foi determinado pela persistência da intensidade do vento e altura significativa das ondas acima de limiares pré-determinados. Foi avaliada a frequência de ocorrência de *downtime* e também a sua duração.

### 2.1. LIMIARES AMBIENTIAS

Neste estudo foram considerados limiares ambientais de velocidade do vento e altura significativa das ondas. Os limiares ambientais representam os fatores ambientais limitantes, ou seja, os valores dos parâmetros de vento e ondas acima dos quais considera-se que as operações portuárias sejam interrompidas.

Para determinação do limiar de intensidade do vento foi adotada como referência a escala Beaufort, sendo esta escala amplamente utilizada para classificação dos ventos quanto a classes de intensidade. Tomando como base a classificação de vento “Muito Forte” na escala Beaufort, foi adotado o limiar de 13,9 m/s para definição de condição não-operativa.

Já para a altura significativa das ondas foram obtidas e comparadas as ocorrências de *downtime* considerando três limiares: ondas com  $H_s$  acima de 2,0 m, acima de 1,5 m e acima de 1,0 m.

É importante notar que a ocorrência de qualquer dos dois parâmetros (vento ou onda) acima do limiar configura a condição considerada não-operativa, sendo portanto contabilizado tempo de *downtime*. Ou seja, a violação dos limiares não precisa ocorrer de forma concomitante para a interrupção das operações.

Os valores considerados como limites ambientais para velocidade do vento e altura significativa das ondas no presente estudo são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1 – Valores limiares de vento e ondas.**

Parametro	Limiar
Velocidade do vento	13,9 m/s
Altura significativa das ondas ( $H_s$ )	2,0 m, 1,5 m ou 1,0 m

## 2.2. DADOS

Para esta análise foram utilizados dados de ventos provenientes das bases de dados CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*; SAHA *et al.*, 2011) e CFSv2 (*Climate Forecast System Reanalysis Version 2*; SAHA *et al.*, 2014), sendo estas complementares entre si.

Os produtos de reanálise CFSR e CFSv2 são gerados pelo centro norte-americano NCEP (*National Center for Environmental Prediction*) e constituem um conjunto de assimilação de dados com uma sólida base de dados climatológicos, com cobertura global. A CFSR representa a base disponível no período de 1979 até 2010, enquanto a CFSv2 dá continuidade a partir de janeiro de 2011 até o presente. O embasamento físico da CFSR e CFSv2 difere de outros produtos de reanálise pelo acoplamento entre o oceano e a atmosfera, por ter um modelo interativo de gelo marinho e também por assimilar dados de satélites através de um esquema de interpolação estatística. Além disso, contém informações sobre variações nos níveis de dióxido de carbono, aerossóis atmosféricos e gases-traço, incluindo assim seus efeitos sobre o sistema climático terrestre. A resolução espacial fornecida pela CFSv2 é de 0,2° e temporal horária.

Para a caracterização local do regime de ventos na área de interesse, foram utilizados dados de ventos a 10m de altitude no ponto de coordenadas 19,15°S e 39,47°W, sendo este ponto representativo para a região do empreendimento.

Os dados de ondas foram obtidos a partir da modelagem hidrodinâmica implementada pela Tetra Tech na região de estudo para a implantação do Complexo Portuário Petrocity. Esta modelagem é descrita em detalhes em TETRA TECH (2018).

Para a caracterização local do regime de ondas foram analisados dados em três pontos distintos, a fim de avaliar o padrão da ondulação tanto na área externa, portanto não influenciada pelo layout, quanto em duas localizações sob influência no layout e de interesse para as operações portuárias: na bacia de evolução e na área interna ao píer. O ponto externo, com coordenadas  $19,066174^{\circ}\text{S}$  e  $39,696424^{\circ}\text{W}$ , foi denominado como P0. O ponto localizado no centro da bacia de evolução foi denominado como P1 e o interno ao píer como P2, sendo P1 com coordenadas  $19,058650^{\circ}\text{S}$  e  $39,702599^{\circ}\text{W}$  e P2 com  $19,061960^{\circ}\text{S}$  e  $39,702024^{\circ}\text{W}$ .

A localização dos dados de ventos e ondas analisados é apresentada na Figura 1 e detalhada na Tabela 2.

As análises foram realizadas para os dados de ventos e ondas no período de 2005 a 2017, sendo este o período de dados disponíveis para parâmetros de ondas, conforme a modelagem realizada.



**Figura 1** – Localização das bases de dados utilizadas utilizadas.

**Tabela 2** – Coordenadas de localização dos pontos de análise.

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
Vento	19,15°S	39,47°W
Onda P0 (externo)	19,066174°S	39,696424°W
Onda P1 (bacia de evolução)	19,058650°S	39,702599°W
Onda P2 (interno)	19,061960°S	39,702024°W

### **3. CARACTERÍSTICAS METEOCEANOGRÁFICAS LOCAIS**

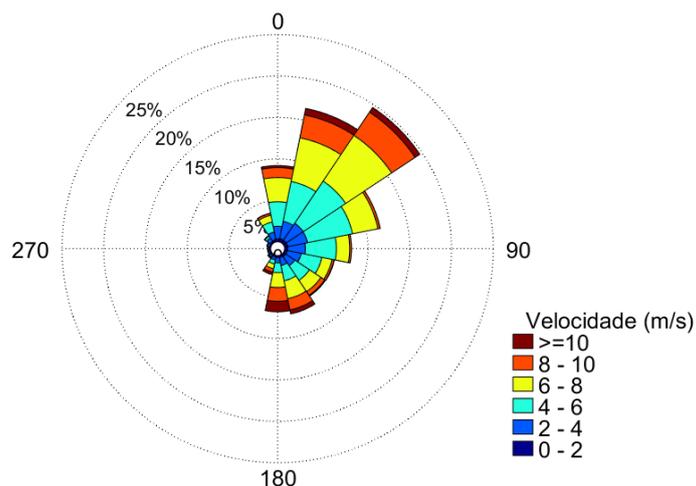
A seguir são apresentadas as características do regime de ventos e clima de ondas na região de implementação do empreendimento, utilizando-se para tanto os dados conforme descrito no item 2.2.

#### **3.1. REGIME DE VENTOS**

A circulação local dos ventos é influenciada principalmente pela Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), em escala sinótica. A ASAS se localiza sobre o oceano Atlântico, em torno de 30 graus de latitude, influenciando o clima na América do Sul (BASTOS & FERREIRA, 2000). A circulação da ASAS é caracterizada, nos baixos níveis da atmosfera, pelo giro anti-horário do vento em torno do seu núcleo de alta pressão. A sazonalidade da ASAS é acoplada à da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), com um deslocamento levemente para norte no verão e para sul no inverno. Além disso durante o verão o centro da ASAS se aproxima mais do continente americano.

A Figura 2 apresenta a rosa dos ventos no ponto de análise representativo da área do empreendimento, segundo dados das bases CFSR e CFSv2 no período de 1979 até 2017, sendo este todo o período disponível nestas bases de dados. Complementarmente, a Tabela 3 apresenta o diagrama numérico de ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos.

Conforme se observa na Figura 2 e Tabela 3, os ventos possuem direção predominante de NE e NNE, que representam respectivamente 19,7% e 16,4% da totalidade dos dados analisados. Quanto às intensidades, observa-se a seguinte distribuição de frequências predominantes: 17,9% entre 2 e 4 m/s, 33,1% entre 4 e 6 m/s, 28,0% de 6 a 8 m/s e 12,4% de 8 a 10%, sendo o restante com menor representatividade. As máximas intensidades observadas no conjunto de dados analisados atingiram acima de 18 m/s nas direções de S e SSE.



**Figura 2 – Rosa dos ventos.**

**Tabela 3 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção dos ventos.**

Vel (m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	%
0,0-2,0	1115	1384	1406	1371	1278	1154	1110	906	800	646	583	571	634	680	797	986	15421	4,5
2,0-4,0	5260	7273	8335	8276	7275	5858	4494	3341	2201	1294	775	590	580	839	1697	3149	61237	17,9
4,0-6,0	10125	16737	20934	18790	12664	8597	7225	6389	4039	1688	457	181	98	186	961	4204	113275	33,1
6,0-8,0	9995	18394	22693	10609	5451	4234	5637	7538	6133	1966	139	21	12	22	235	2818	95897	28,0
8,0-10,0	4080	9635	11544	923	699	831	1838	4748	5719	1400	67	7	1	0	31	796	42319	12,4
10,0-12,0	767	2431	2186	42	52	138	349	1404	3047	727	14	4	0	0	3	123	11287	3,3
12,0-14,0	82	273	124	3	0	9	31	241	1036	258	5	0	0	0	0	9	2071	0,6
14,0-16,0	5	14	5	0	0	5	6	24	210	73	2	0	0	0	0	0	344	0,1
16,0-18,0	0	0	0	0	0	0	0	1	15	11	0	0	0	0	0	0	27	0
18,0-20,0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<b>Total</b>	<b>31429</b>	<b>56141</b>	<b>67227</b>	<b>40014</b>	<b>27419</b>	<b>20826</b>	<b>20690</b>	<b>24593</b>	<b>23201</b>	<b>8063</b>	<b>2042</b>	<b>1374</b>	<b>1325</b>	<b>1727</b>	<b>3724</b>	<b>12085</b>	<b>341880</b>	
<b>%</b>	<b>9,2</b>	<b>16,4</b>	<b>19,7</b>	<b>11,7</b>	<b>8,0</b>	<b>6,1</b>	<b>6,1</b>	<b>7,2</b>	<b>6,8</b>	<b>2,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>1,1</b>	<b>3,5</b>		
<b>Média</b>	<b>5,8</b>	<b>6,2</b>	<b>6,2</b>	<b>5,1</b>	<b>4,8</b>	<b>4,8</b>	<b>5,3</b>	<b>6,3</b>	<b>7,4</b>	<b>6,4</b>	<b>3,4</b>	<b>2,5</b>	<b>2,2</b>	<b>2,4</b>	<b>3,4</b>	<b>4,9</b>		
<b>Máxima</b>	<b>14,6</b>	<b>15,2</b>	<b>14,7</b>	<b>12,4</b>	<b>12,0</b>	<b>15,3</b>	<b>14,9</b>	<b>18,5</b>	<b>18,3</b>	<b>17,2</b>	<b>14,8</b>	<b>11,6</b>	<b>9,0</b>	<b>7,9</b>	<b>10,6</b>	<b>13,2</b>		

### 3.2. CLIMA DE ONDAS

As ondas superficiais de gravidade são a principal e mais constante forma de transporte da energia no mar, exercendo papel preponderante na determinação das feições costeiras. As ondas presentes em um determinado local, próximo à costa ou em mar aberto, podem ser classificadas como vagas e marulhos. Vagas são ondas que ainda estão na zona de geração, sendo capazes de receber energia do vento. O marulho é composto por ondas que: ou se propagaram para fora da zona de geração original, ou não são mais capazes de receber energia do vento. Os termos em inglês amplamente utilizados para vaga e marulho são *windsea* (ou *sea*) e *swell*, respectivamente (Open University, 1989).

O que define o clima de ondas em uma região são os ventos atuantes sobre o oceano. No Atlântico Sul estes ventos são controlados por sistemas atmosféricos como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), localizada em regiões equatoriais, que é responsável pelos ventos alísios. Outro sistema atuante é a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), um centro de alta pressão com circulação anti-ciclônica semi-permanente. Além disso, ciclones, frentes migratórias e fenômenos de menor escala, como a circulação gerada por brisas próximo à costa, também influenciam no padrão de ondas de uma região específica (Candella, 1997).

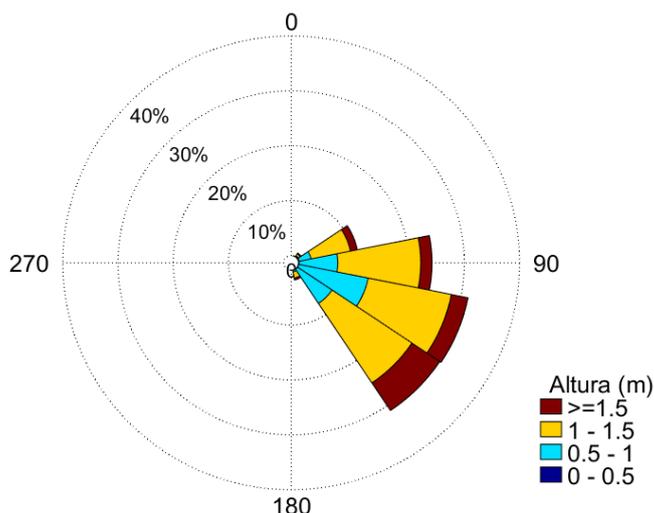
O trabalho de Pianca *et al.* (2010) divide a costa brasileira em seis setores ao longo da quebra da plataforma continental para caracterizar o clima de ondas incidentes, sendo que a região de estudo se encontra no setor central do litoral brasileiro. Segundo Pianca *et al.* (2010), as ondas neste setor são provenientes de direções que variam entre norte e sudoeste. As ondas provenientes de direções entre norte e leste são geradas pelo padrão de circulação da Alta Subtropical do Atlântico Sul, enquanto as ondas de sudeste à sudoeste são associadas à passagem de sistemas frontais.

A seguir são apresentadas as análises do padrão de altura significativa das ondas nos três pontos de análise de interesse para implantação do Complexo Portuário Petrocity, conforme os pontos discutidos no item 2.2.

### 3.2.1. Ponto Externo (P0)

Na Figura 3 é apresentada a rosa direcional das ondas incidentes no ponto P0, que é o ponto externo à localização do píer do layout 1, onde a grandeza representa a altura significativa das ondas ( $H_s$ ). A Tabela 4 mostra o diagrama numérico correlacionando as distribuições de direção e altura significativa, denominado diagrama de ocorrência conjunta.

Neste ponto observa-se a seguinte frequência nas direções de incidência predominantes: 31,3% de ESE, 31,0% de SE e 24,2% de E. Quanto às alturas significativas, o range de 0,8 a 1,4 m engloba 72,5% das ocorrências, enquanto apenas 7,6% ficam abaixo de 0,8 m e 19,7% acima de 1,4 m.



**Figura 3** – Rosa da altura significativa das ondas no ponto P0.

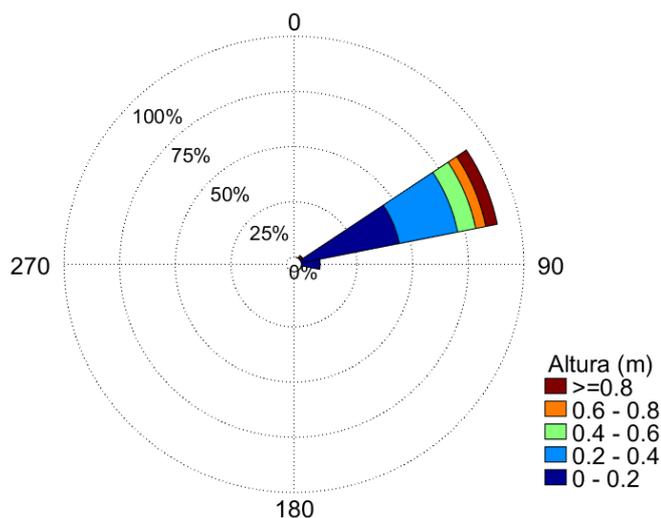
**Tabela 4** – Diagrama de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção das ondas no ponto P0.

Hs (m)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	%
0,0-0,2	0	0	10	52	24	9	27	10	0	0	0	0	0	0	0	0	132	0,1
0,2-0,4	0	4	104	40	80	41	13	24	3	0	0	0	0	0	0	0	309	0,3
0,4-0,6	0	0	53	65	93	221	84	17	0	0	0	0	0	0	0	0	533	0,5
0,6-0,8	0	0	27	217	1380	3673	2051	49	0	0	0	0	0	0	0	0	7397	6,7
0,8-1,0	0	0	51	2207	6262	10264	6169	293	0	0	0	0	0	0	0	0	25246	22,9
1,0-1,2	0	0	118	3972	7859	9601	9165	538	0	0	0	0	0	0	0	0	31253	28,3
1,2-1,4	0	0	188	2920	6750	5748	7349	488	0	0	0	0	0	0	0	0	23443	21,3
1,4-1,6	0	0	252	1810	3140	2724	4690	365	0	0	0	0	0	0	0	0	12981	11,8
1,6-1,8	0	0	68	557	902	1449	2561	104	0	0	0	0	0	0	0	0	5641	5,1
1,8-2,0	0	0	13	126	138	594	1187	69	0	0	0	0	0	0	0	0	2127	1,9
2,0-2,2	0	0	8	18	10	167	505	52	0	0	0	0	0	0	0	0	760	0,7
2,2-2,4	0	0	0	0	0	13	233	12	0	0	0	0	0	0	0	0	258	0,2
2,4-2,6	0	0	0	0	0	0	120	6	0	0	0	0	0	0	0	0	126	0,1
2,6-2,8	0	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0
2,8-3,0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0
3,0-3,2	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
<b>Total</b>	0	4	892	11984	26638	34504	34200	2027	3	0	0	0	0	0	0	0	110252	
<b>%</b>	0	0,0	0,8	10,9	24,2	31,3	31,0	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0		
<b>Média</b>	0	0,28	1,16	1,19	1,14	1,09	1,23	1,26	0,25	0	0	0	0	0	0	0		
<b>Máxima</b>	0	0,33	2,18	2,12	2,05	2,32	3,08	2,49	0,29	0	0	0	0	0	0	0		

### 3.2.2. Ponto Central da Bacia de Evolução (P1)

Para o ponto localizado no centro da bacia de evolução são apresentadas a rosa direcional para altura significativa na Figura 4, e o diagrama de ocorrência conjunta de H<sub>s</sub> e direção das ondas na Tabela 5.

Devido à influência da presença do píer, observa-se a direção de incidência das ondas predominantemente de ENE (90,2%). Por ser uma região parcialmente protegida, a distribuição de frequência das alturas significativas neste ponto apresenta-se como: 53,3% abaixo de 0,2 m, 27,1% entre 0,2 e 0,4 m, 8,4% entre 0,4 e 0,6 m, 4,7% de 0,6 a 0,8 m e 3,3% de 0,8 a 1,0 m, enquanto ondas acima de 1,0 m totalizam os 3,3% restantes. As máximas ondas registradas neste ponto atingem 2,0 m de NE e 1,87 m ENE.



**Figura 4** – Rosa da altura significativa das ondas no ponto P1.

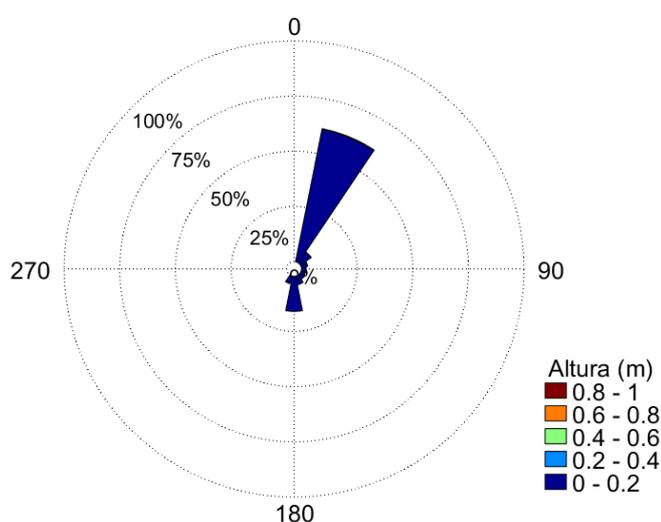
**Tabela 5** – Diagrama de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção das ondas no ponto P1.

Hs (m)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	%
0,0-0,2	0	0	6	49514	8729	198	9	13	8	2	0	0	0	0	0	0	58479	53,3
0,2-0,4	0	8	127	29492	166	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29793	27,1
0,4-0,6	0	0	42	9131	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9174	8,4
0,6-0,8	0	0	30	5077	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5107	4,7
0,8-1,0	0	0	161	3431	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3592	3,3
1,0-1,2	0	0	382	1657	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2039	1,9
1,2-1,4	0	0	457	534	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	991	0,9
1,4-1,6	0	0	278	136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	414	0,4
1,6-1,8	0	0	87	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128	0,1
1,8-2,0	0	0	15	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0
2,0-2,2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
<b>Total</b>	0	8	1589	99023	8896	198	9	13	8	2	0	0	0	0	0	0	109746	
<b>%</b>	0	0	1,4	90,2	8,1	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<b>Média</b>	0	0,25	1,16	0,28	0,07	0,02	0,02	0,04	0,03	0	0	0	0	0	0	0		
<b>Máxima</b>	0	0,30	2,01	1,87	0,40	0,05	0,05	0,05	0,04	0	0	0	0	0	0	0		

### 3.2.3. Ponto Interno (P2)

A Figura 5 e a Tabela 6 apresentam, respectivamente, a rosa direcional com altura significativa das ondas e o diagrama de ocorrência conjunta associado no ponto interno à localização do píer.

Observa-se na Figura 5 e Tabela 6 a direção predominante das ondas de NNE, representando 56,4 % dos registros, seguida por ondas de S, com frequência de 18,9%. As alturas significativas neste ponto não ultrapassam 0,4 m, sendo que 97,9% das ondas permanecem mesmo abaixo de 0,1 m.



**Figura 5** – Rosa da altura significativa das ondas no ponto P2.

**Tabela 6** – Diagrama de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção das ondas no ponto P1.

Hs (m)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	%
0,0-0,1	0	45146	5493	2344	1613	1736	2001	3716	15688	3623	0	0	0	0	0	0	81360	97,9
0,1-0,2	0	1407	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1407	1,7
0,2-0,3	0	282	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	282	0,3
0,3-0,4	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0
<b>Total</b>	0	46859	5493	2344	1613	1736	2001	3716	15688	3623	0	0	0	0	0	0	83073	
<b>%</b>	0	56,4	6,6	2,8	1,9	2,1	2,4	4,5	18,9	4,4	0	0	0	0	0	0		
<b>Média</b>	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Máxima</b>	0	0,34	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	

## 4. DOWNTIME

Com base nas análises do clima de ondas apresentadas no item 3.2, frente aos limiares ambientais típicos para operações portuárias (discutidos no item 2.1), a análise de *downtime* foi realizada somente para os pontos P0 e P1, por estes apresentarem maior variabilidade e maiores valores de  $H_s$  registrados. Como no ponto P2 não ocorreram ondas acima de 0,4 m, este não foi incluído para análise de *downtime*.

As análises de *downtime* foram realizadas visando fornecer subsídios em dois aspectos principais:

- 1) Avaliar a frequência mensal com que se espera a interrupção de atividades do porto devido a condições ambientais adversas;
- 2) Avaliar por quanto tempo consecutivo se espera a interrupção das operações, ou seja, estimar a duração das janelas não-operativas.

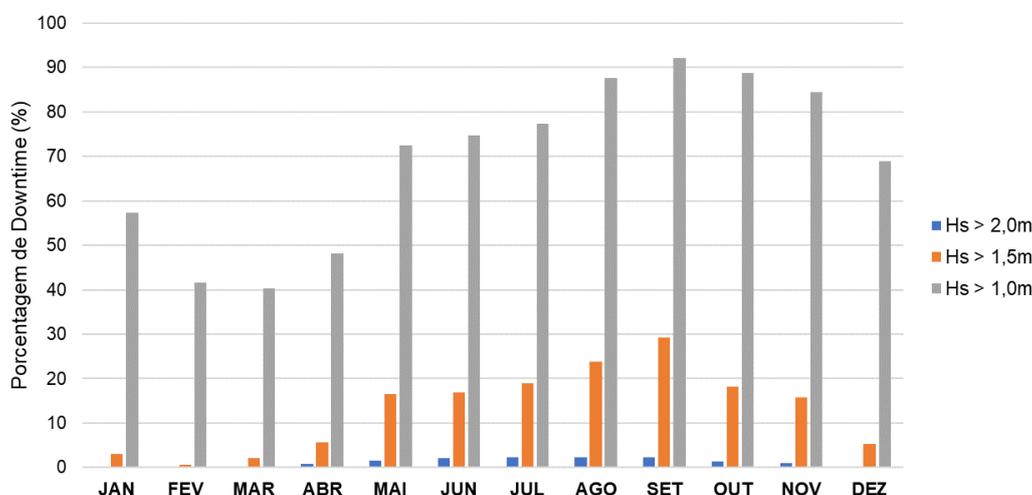
Para a determinação do *downtime* foram computadas todas as ocorrências de violação dos limiares estabelecidos para velocidade do vento ou altura significativa das ondas (conforme valores dados na Tabela 1) registrados no período de dados analisados, tanto para o ponto externo (P0) quanto para o ponto da bacia de evolução (P1).

### 4.1. DOWNTIME NO PONTO EXTERNO (P0)

A Figura 6 e apresenta os resultados referentes à frequência mensal de *downtime* no ponto P0, comparando os três limiares propostos para altura significativa das ondas: de 2,0 m, 1,5 m e 1,0 m. Vale ressaltar que em todos os cenários para ondas foi considerado conjuntamente o limiar de 13,9 m/s para velocidade do vento.

O cenário mais restritivo foi representado neste estudo pelos limiares de 1,0 m para altura significativa das ondas e 13,9 m/s para velocidade do vento. Ao considerar estes valores como limitantes das operações portuárias no ponto P0 foram encontradas condições não-operativas em mais de 60% do tempo entre os meses de maio e dezembro, chegando a até 92% em setembro. Em outras palavras, ao adotar estes limiares para este ponto fica inferido que o porto tenha condições de realizar operações durante somente 8% do mês de setembro, o que equivale a aproximadamente 2 dias e

meio. Analogamente, estes resultados apontam que entre maio e dezembro as operações possam ser realizadas por 12 ou menos dias por mês.



**Figura 6** – Frequência mensal de downtime no ponto P0.

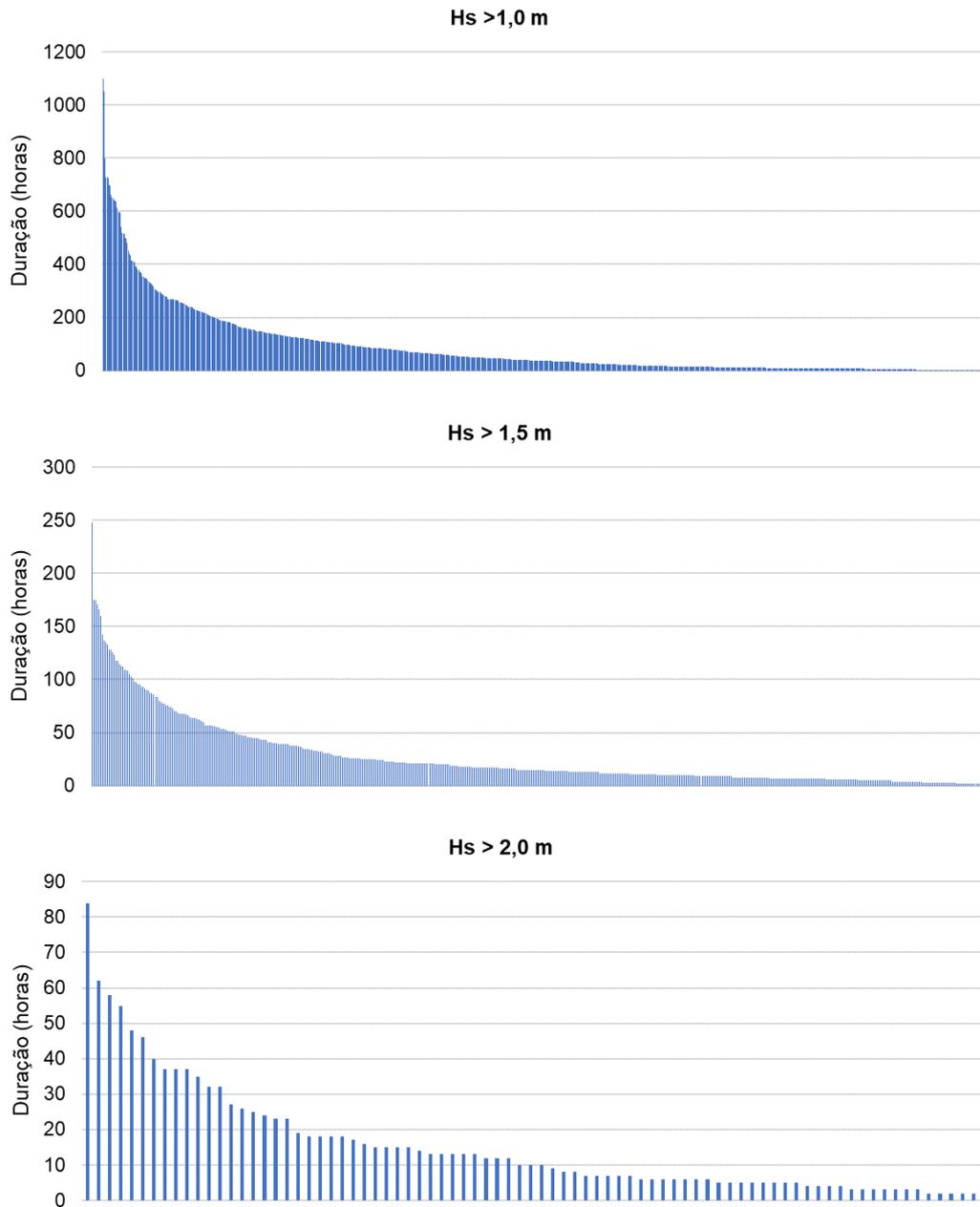
Num cenário intermediário para esta análise foram considerados os limiares de 1,5 m para altura significativa das ondas e 13,9 m/s para ventos. Sob este cenário a maior frequência de condições não operativas também ocorre no mês de setembro no ponto P0, atingindo 29,3%. Entre os meses de maio e novembro a frequência de *downtime* observada foi acima de 10%, ou seja, estabelecendo que não sejam realizadas atividades durante ao mesmo 3 dias no mês.

No cenário menos restritivo, determinado pelos limiares de 2,0 m para onda e 13,9 m/s para ventos, no ponto P0 a frequência de ocorrência de condições não-operativas representou somente 2,3% do tempo durante os meses de julho e agosto, sendo ainda menores no restante do ano. Entre os meses de janeiro a março não foi registrada nenhuma ocorrência de violação dos limiares em P0 durante todo o período de dados analisados.

Com relação à duração do *downtime*, ou seja, a extensão temporal dos períodos não-operativos, foram verificados dentre os dados analisados as máximas durações de:

- 84 horas consecutivas (3,5 dias) de *downtime*, para o cenário com Hs > 2,0m
- 248 horas consecutivas (10,7 dias) de *downtime*, para o cenário com Hs > 1,5m
- 1097 horas consecutivas (47,5 dias) de *downtime*, para o cenário com Hs > 1,0m

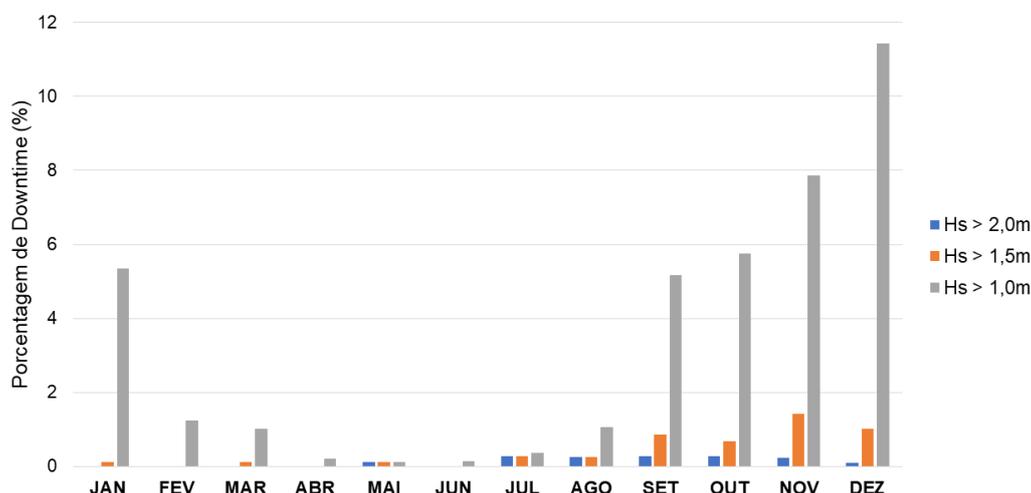
Complementarmente, a Figura 7 apresenta a distribuição das ocorrências de *downtime* quanto à sua duração, onde cada barra representa um registro de *downtime* e o eixo y indica a sua respectiva duração. Nesta figura é possível verificar que janelas de *downtime* mais longas são menos frequentes.



**Figura 7** – Distribuição da duração (em horas) das janelas não-operativas no ponto P0.

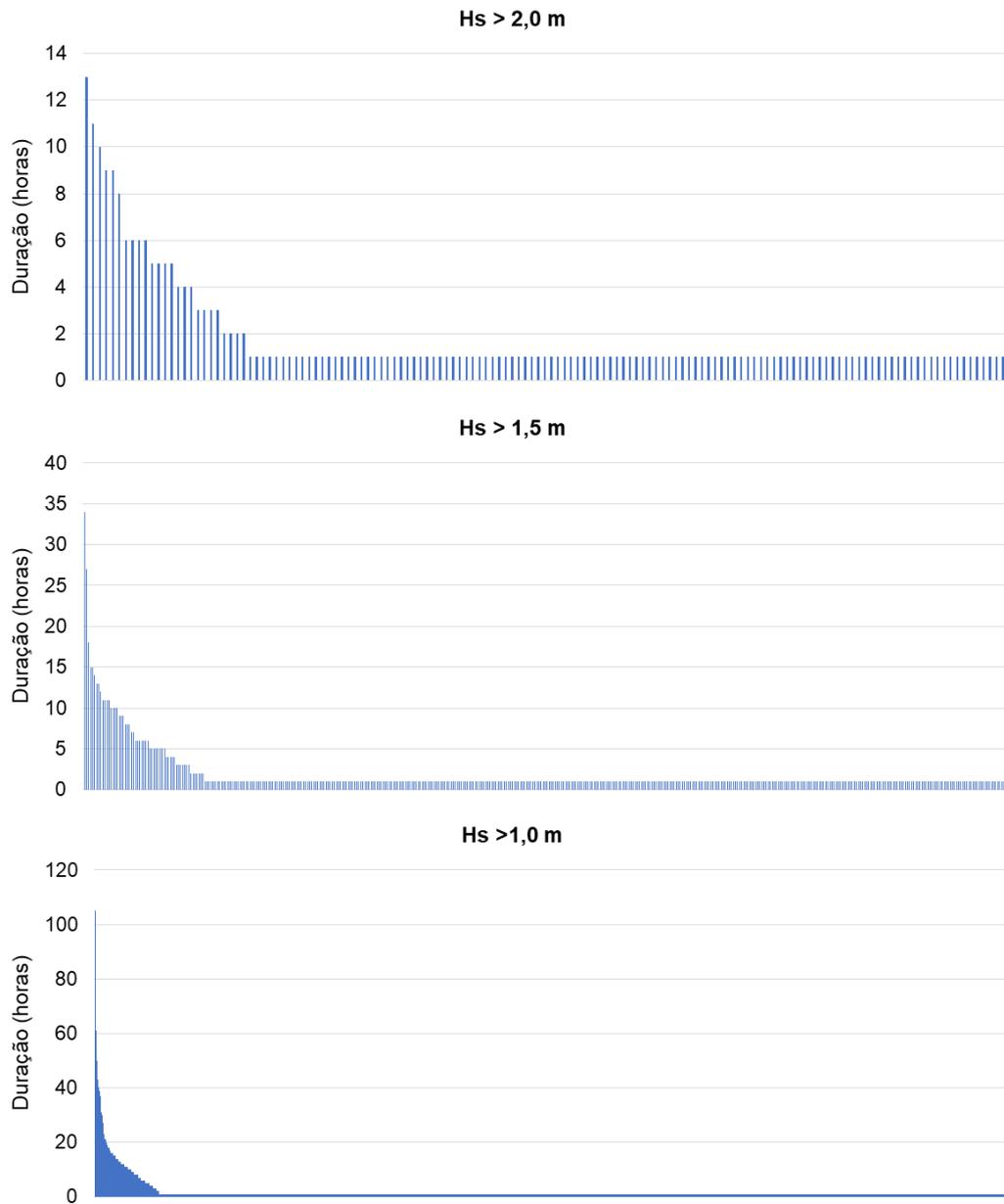
## 4.2. DOWNTIME NO PONTO CENTRAL DA BACIA DE EVOLUÇÃO (P1)

Na Figura 8 é apresentada a análise de frequência mensal de *downtime* no ponto P1 para os três limiares de  $H_s$ , combinados com o limiar de intensidade dos ventos. Para o cenário que considera o limiar de altura significativa das ondas de 2,0 m, a frequência de ocorrência de *downtime* fica abaixo de 0,3% durante todo o ano neste ponto de análise. Para o cenário com limiar de 1,5 m a frequência varia entre 0,7% e 1,4% de setembro a dezembro, sendo inferior a 0,3% no restante do ano. Para o cenário mais restritivo, cujo limiar considerado é de 1,0 m para altura significativa das ondas, a frequência de *downtime* varia entre 5,2% e 11,4% nos meses de setembro a janeiro, sendo o máximo registrado em dezembro, enquanto no restante do ano a frequência fica abaixo de 1,2%.



**Figura 8** – Frequência mensal de *downtime* no ponto P1.

A máxima duração de *downtime* registrada no ponto P1 para o cenário com  $H_s > 2,0$  m é de 13 horas consecutiva, para o cenário com  $H_s > 1,5$  m é de 34 horas, e finalmente para o cenário com  $H_s > 1,0$  m é de 105 horas (aproximadamente 4,4 dias). Na Figura 9 é apresentada a distribuição das ocorrências de *downtime* quanto à sua duração, onde cada barra representa um registro de *downtime* e o eixo y indica a sua respectiva duração, onde observa-se que janelas de *downtime* mais longas são menos frequentes.



**Figura 9** – Distribuição da duração (em horas) das janelas não-operativas no ponto P1.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente relatório apresentou um estudo de *downtime* a fim de dar suporte à Odebrecht Engenharia & Construção nos estudos ambientais para implantação do Complexo Portuário Petrocity.

Inicialmente foi realizada uma caracterização do padrão de ventos e ondas incidentes na região de estudo, sendo que o clima de ondas foi verificado em três pontos distintos: um externo à localização do píer, um no centro da bacia de evolução, e finalmente um ponto interno.

Com relação às janelas não-operativas, denominadas de períodos de *downtime*, este estudo teve como objetivo avaliar dois aspectos principais: sua distribuição anual e duração. Para tanto foram avaliadas as condições de vento e ondas no ponto P0 (ponto externo), representando a situação mais conservadora para planejamento de atividades no porto, e também no ponto P1, já sob influência da implantação do layout 1.

Foram avaliados três cenários de *downtime* nos quais foram adotados os limiares de  $H_s$  acima de 1,0 m, 1,5 m ou 2,0 m como limitantes das operações no porto, sendo que em todos os cenários o limiar de velocidade dos ventos foi de 13,9 m/s, com base na classificação da escala Beaufort.

A avaliação da distribuição mensal demonstrou que as maiores frequências de *downtime* ocorrem no ponto P0 entre os meses de maio e novembro, ou seja, nestes meses ocorrem mais condições ambientais restritivas às operações do porto. Observou-se ainda uma significativa diferença entre os cenários propostos, a depender do limiar de onda adotado, sendo que no cenário mais restritivo no ponto P0 a frequência de *downtime* atingiu mais de 90% no mês de setembro, enquanto no menos restritivo não passou de 2,3% neste ponto. Já no ponto P1 somente o cenário com  $H_s > 1,0$  m apresentou frequência de *downtime* superior a 5% nos meses de setembro a janeiro, atingindo até 11,4% em dezembro.

## 6. BIBLIOGRAFIA

**BASTOS, C. & FERREIRA, N., 2000.** Análise Climatológica da Alta Subtropical do Atlântico Sul. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro-RJ.

**CANDELLA, R.N., 1997,** Estudo de Casos de Ondas no Atlântico Sul através de Modelagem Numérica. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/ RJ, Brasil 1997.

**OPEN UNIVERSITY, 1989.** Waves, Tides and Shallow-Water Processes. *Pergamon Press*.

**PIANCA, C.; P.L.F. MAZZINI & SIEGLE, E., 2010.** Brazilian Offshore Wave Climate Based on NWW3 Reanalysis. *Brazilian Journal of Oceanography*, 58(1): 53-70.

**SAHA S. and COAUTHORS, 2011.** The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 91, p. 1015–1057. DOI: 10.1175/2010BAMS3001.1.

**SAHA, S. and COAUTHORS, 2014.** The NCEP Climate Forecast System Version 2. *Journal of Climate*, 27, 2185–2208, doi:10.1175/JCLI-D-12-00823.

**TETRA TECH, 2018.** Estudos de Modelagem Numérica Morfodinâmica para Subsídio à Implantação do Complexo Portuário Petrocity. Relatório Técnico O18093-MOG-01-0, 26 de junho de 2018, 55pp+Anexo.

## 7. EQUIPE TÉCNICA

GABRIEL CLAUZET

Físico / Dr. Oceanografia Física  
Coordenação

---

CLARISSA DE LUCA MENIN

Oceanógrafa / Ma. Engenharia de Costas e Portos  
Responsável por todos os capítulos

---

MARIANA LINO GOUVÊA

Meteorologista / Ma Meteorologia  
Responsável por todos os capítulos

---

