



OIPS – Offshore Island Porto Santo



M1420-01-0247-FEDER-000020



UNIÃO EUROPEIA

Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

- ▶ Projeto iniciado no 2º semestre de 2019, teve uma duração de 24 meses, co-financiado por fundos europeus:

Madeira 14-20 – PROCIENCIA 2020

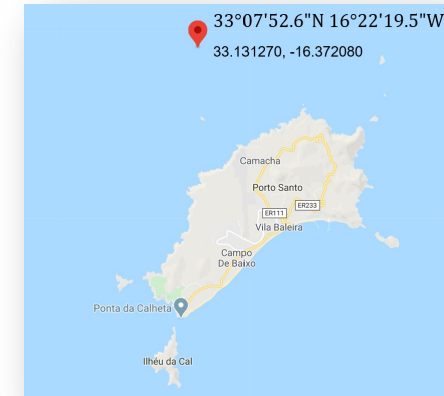
M1420-01-0247-FEDER-000020-OIPS

- ▶ Consórcio entre:

- ❖ Innovakeme, Lda
- ❖ Empresa Eletricidade da Madeira (EEM)
- ❖ Agência Regional da Energia e Ambiente da RAM (AREAM)

- ▶ Objetivo: estudo e desenvolvimento de uma plataforma flutuante offshore para produção de energia eólica e de peixes sustentável na ilha do Porto Santo

- Modelação de uma Plataforma flutuante offshore
- Pesquisa, processamento e análise de dados meteoceânicos;
- Conceito de Implementação de Aquacultura sustentável.

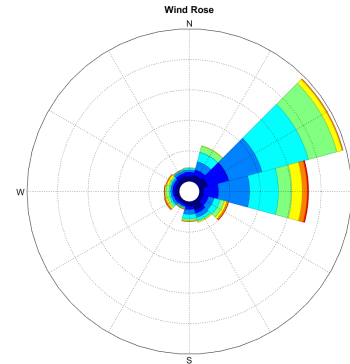
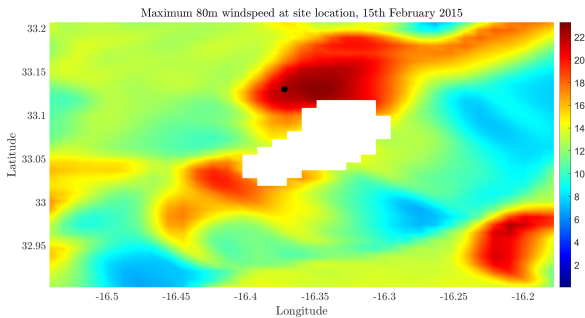
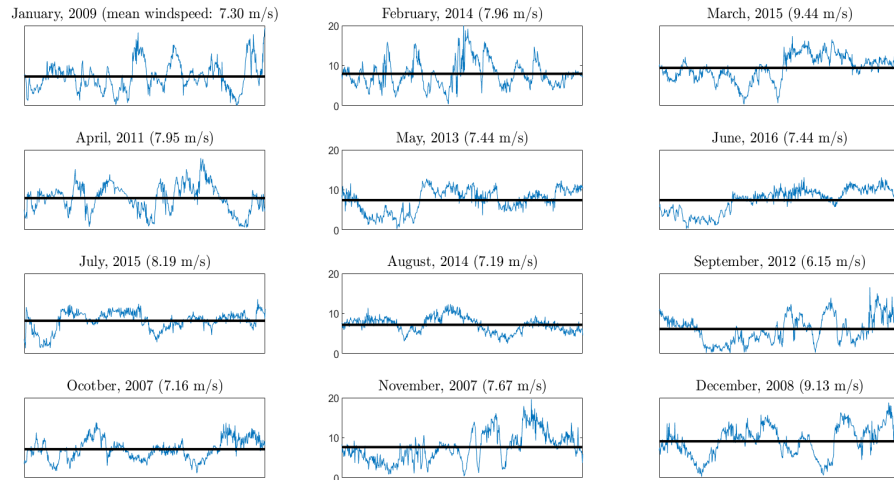


- Tarefa 1 - Estado da Arte
 - ✓ Projetos semelhantes que usam plataformas flutuantes offshore com implementação de aquacultura e/ou de outras tecnologias para partilhar sinergias (hidrogénio, fotovoltaica, etc)
- Tarefa 2 - Estudos preliminares e preparatórios
 - ✓ Análise das condições meteorológicas – Recurso eólico e Oceanográfico
 - ✓ Potencial da aquacultura em plataformas flutuantes offshore
- Tarefa 3 - Modelações matemáticas
 - ✓ Modelação elétrica dos vários cenários de implementação nas ilhas
 - ✓ Análise do design do projeto
- Tarefa 4 - Engenharia dos componentes
 - ✓ Análise e design das amarrações da plataforma flutuante
 - ✓ Opções de design estrutural, fabricação, transporte e instalação. Operação e Manutenção
- Tarefa 5 - Estudo de viabilidade técnico-económico
 - ✓ Estudo do plano de concessão, licenciamento e autorização de exploração
 - ✓ Plano de ação e replicação

Plano de Atividades:

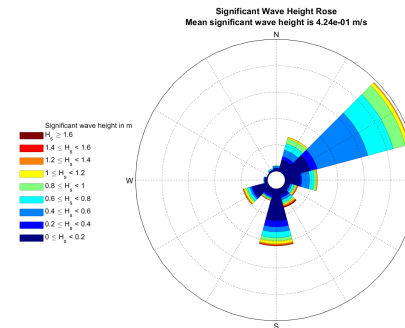
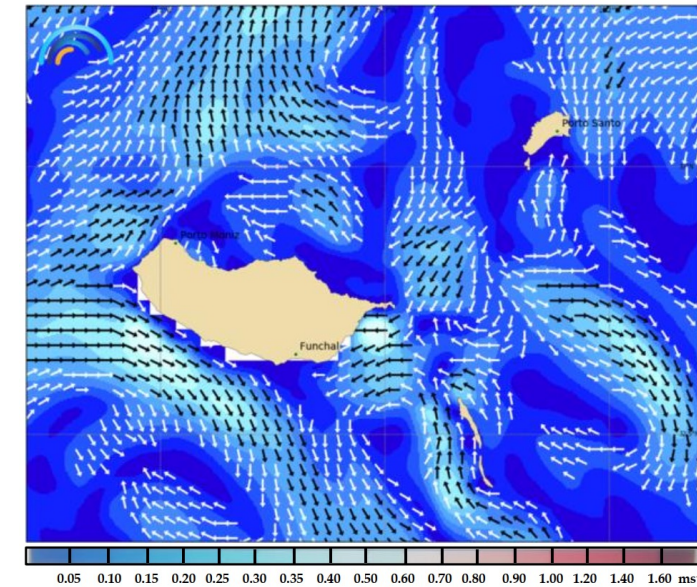
MA, xy MT, xy	2019				2020												2021								
	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	
Tarefa 1 #1 - Estado da Arte																									
A1.1																									
A1.2																									
A1.3																									
A1.4																									
A1.5																									
Tarefa 2 #2 - Estudos preliminares e preparatórios																									
A2.1																									
A2.2																									
A2.3																									
A2.4																									
A2.5																									
Tarefa 3 #3 - Modelação matemática																									
A3.1																									
A3.2																									
A3.3																									
A3.4																									
A3.5																									
Tarefa 4 #4 - Engenharia dos componentes																									
A4.1																									
A4.2																									
A4.3																									
A4.4																									
A4.5																									
A4.6																									
Tarefa 5 #5 - Estudo de viabilidade técnico-económico																									
A5.1																									
A5.2																									
A5.3																									
A5.4																									
A5.5																									
Tarefa 6 #6 - Promoção e divulgação de resultados																									
A6.1																									
A6.2																									
Tarefa 7 #7 - Gestão de projecto																									
A7.1																									
A7.2																									
A7.3																									

Ventos a 80m altura

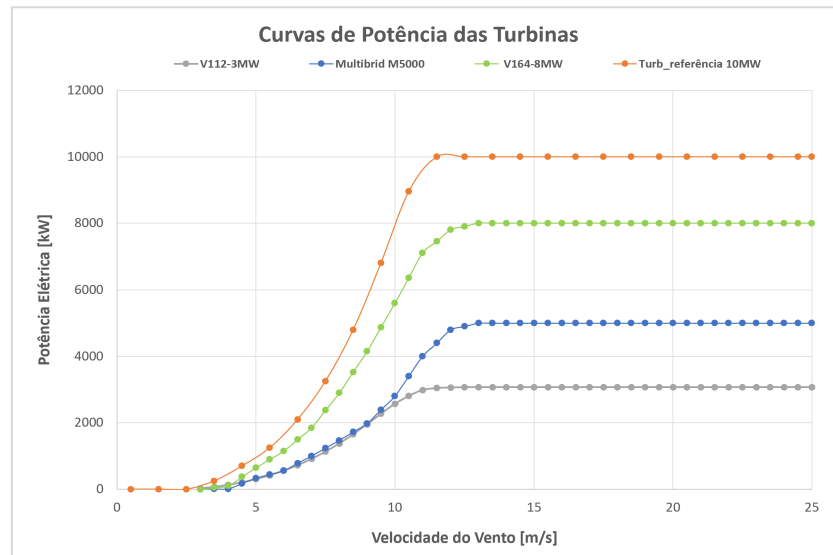
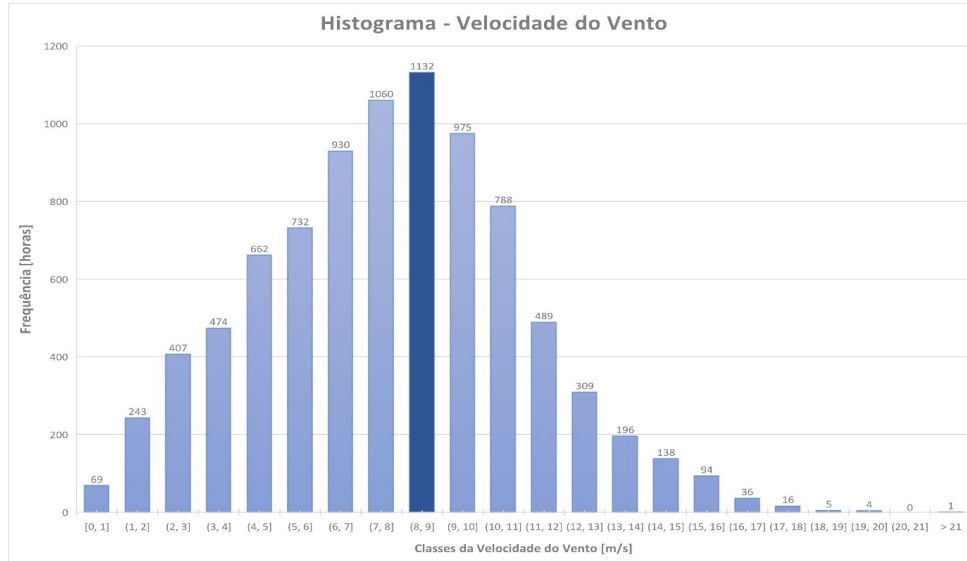


- ▶ Velocidade media = 7,75m/s
- ▶ Ventos predominantes de Nordeste / Este

Ondas / Correntes



- ▶ Altura significativa = 0.64 m
- ▶ Correntes de Nordeste / Este



Velocidade do Vento [m/s]	Altura = 110 m		V112-3MW		Multibríd M5000		Vestas V164-8.0		Turbina referência 10MW	
	Probabilidade [%]	Frequência [horas]	Potência [kW]	AEP [MWh]	Potência [kW]	AEP [MWh]	Potência [kW]	AEP [MWh]	Potência [kW]	AEP [MWh]
0.5	1%	65	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	3%	228	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	4%	382	0	0	0	0	0	0	0	0
3.5	5%	454	68	31	5	2	50	23	250	114
4.5	7%	597	206	123	170	101	375	224	700	418
5.5	8%	706	418	295	445	314	900	635	1250	883
6.5	10%	846	720	609	780	660	1500	1269	2100	1777
7.5	11%	968	1130	1094	1235	1195	2375	2299	3250	3146
8.5	13%	1130	1654	1869	1725	1949	3525	3983	4800	5424
9.5	11%	1002	2272	2277	2390	2395	4875	4885	6800	6814
10.5	10%	843	2808	2367	3400	2866	6350	5353	8950	7545
11.5	7%	570	3046	1736	4400	2508	7450	4247	10000	5700
12.5	4%	350	3073	1076	4900	1715	7900	2765	10000	3500
13.5	3%	244	3075	750	5000	1220	8000	1952	10000	2440
14.5	2%	158	3075	486	5000	790	8000	1264	10000	1580
15.5	1%	116	3075	357	5000	580	8000	928	10000	1160
16.5	1%	56	3075	172	5000	280	8000	448	10000	560
17.5	0%	29	3075	89	5000	145	8000	232	10000	290
18.5	0%	8	3075	25	5000	40	8000	64	10000	80
19.5	0%	5	3075	15	5000	25	8000	40	10000	50
20.5	0%	2	3075	6	5000	10	8000	16	10000	20
21.5	0%	0	3075	0	5000	0	8000	0	10000	0
22.5	0%	0	3075	0	5000	0	8000	0	10000	0
23.5	0%	1	3075	3	5000	5	8000	8	10000	10
24.5	0%	0	3075	0	5000	0	8000	0	10000	0
25	0%	0	3075	0	5000	0	8000	0	10000	0
Total	100%	8760	-	13380	-	16802	-	30635	-	41509

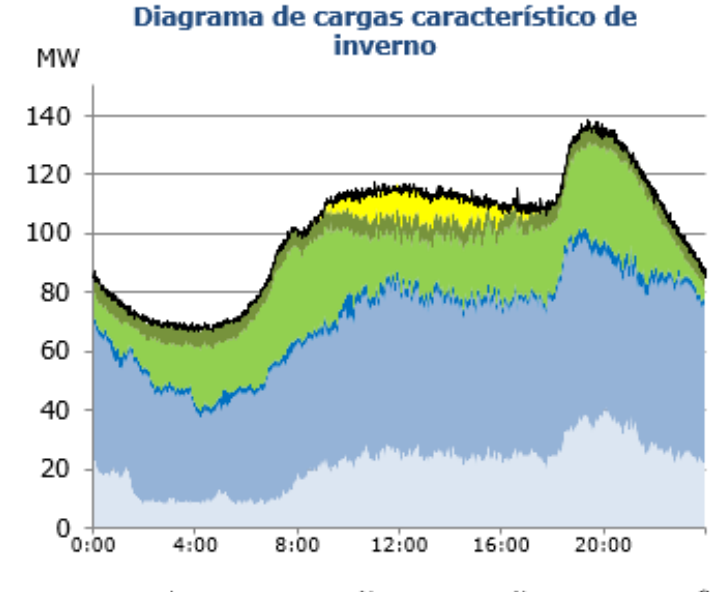
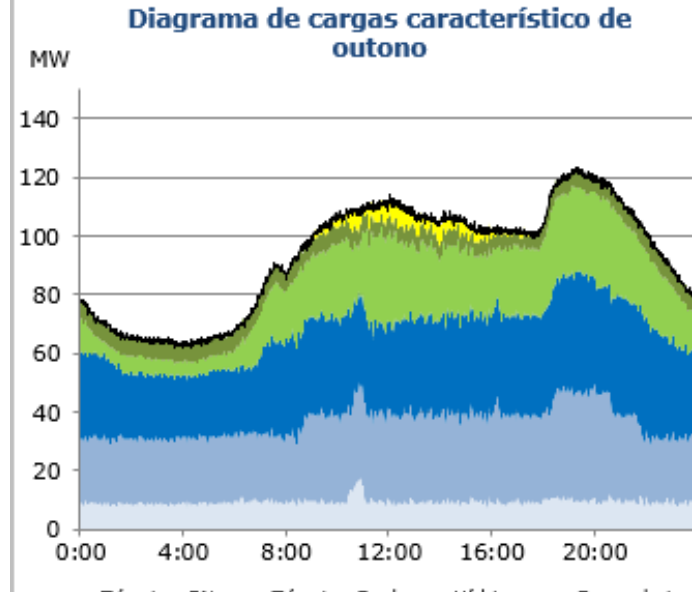
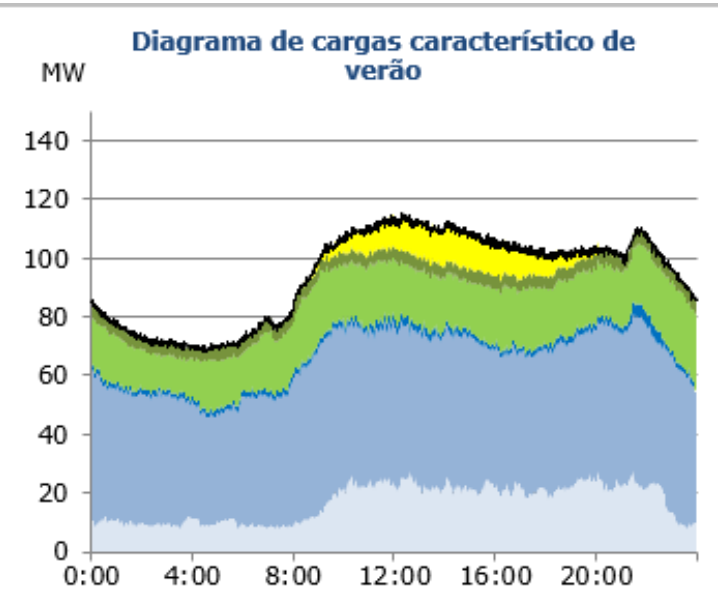
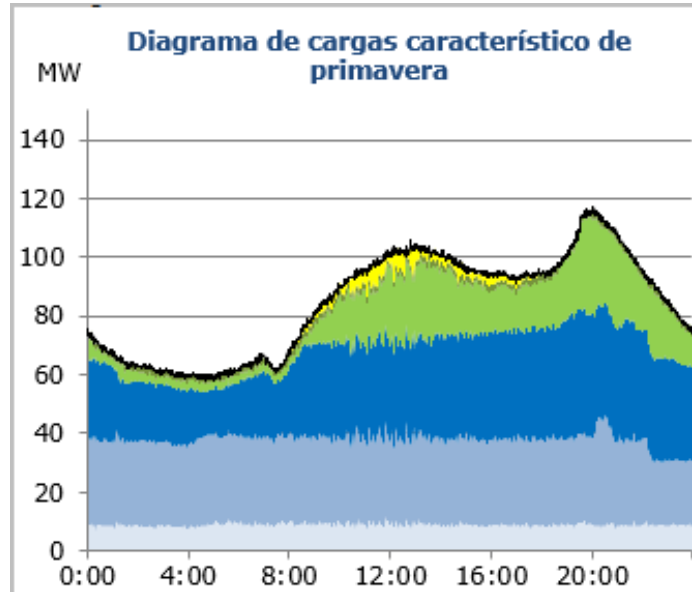
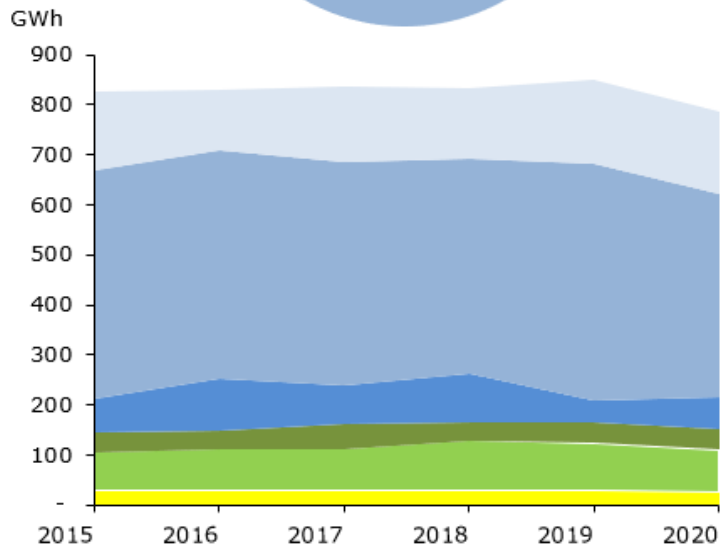
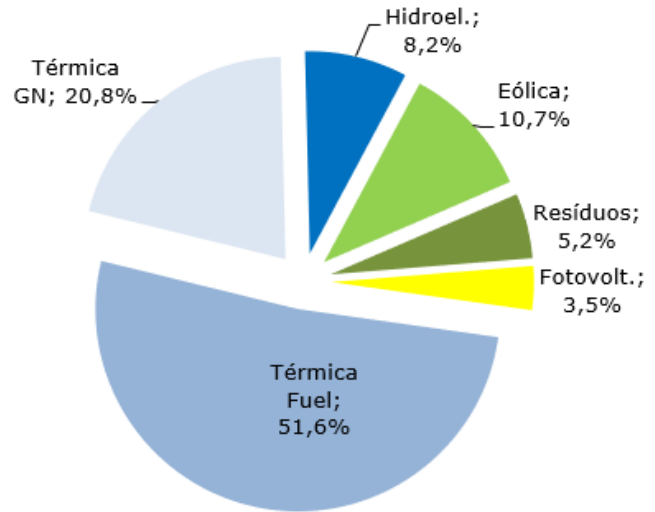
AEP_{Gross}	1x Plataforma com 2x turbinas [GWh]	26.8	33.6	61.3	83.0
----------------------------	-------------------------------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Disponibilidade = 95%	12711	15961	29103	39434
Factor de Capacidade	48%	36%	42%	45%

AEP_{NET}	1x Plataforma com 2x turbinas [GWh]	25.4	31.9	58.2	78.9
--------------------------	-------------------------------------	-------------	-------------	-------------	-------------

↓
Cálculo de LCOE
 para viabilidade económica

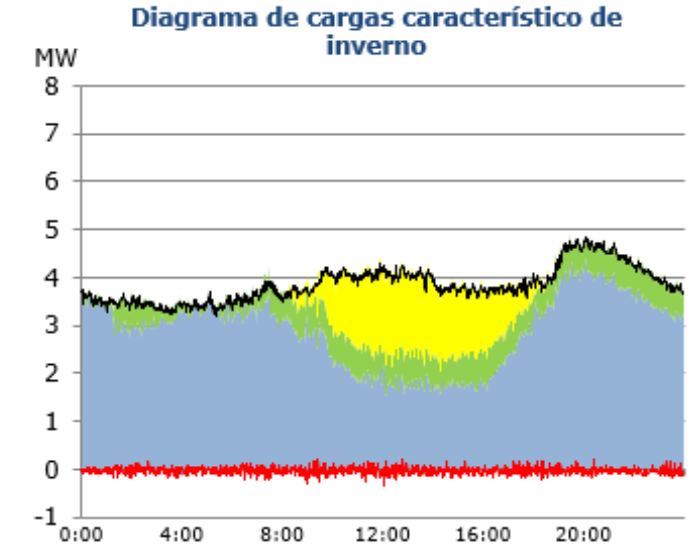
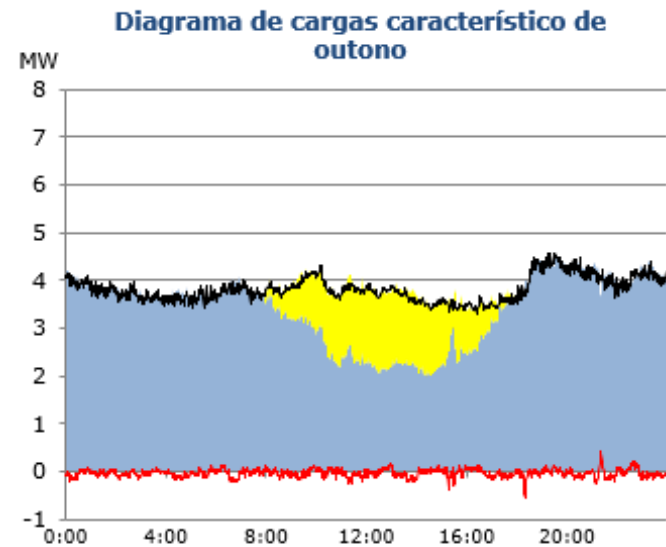
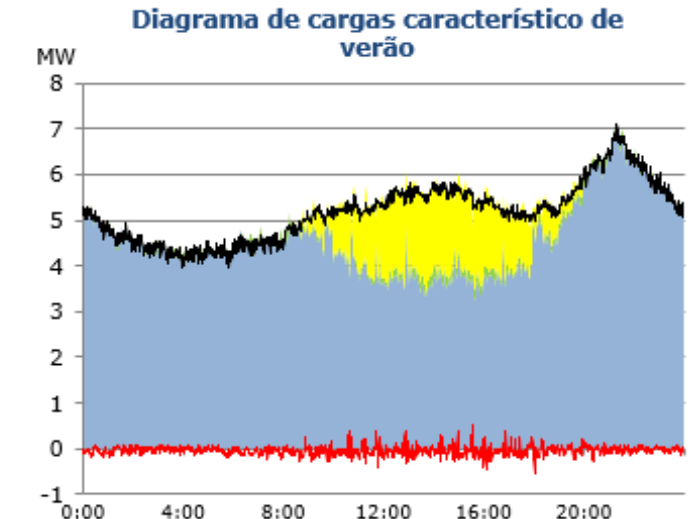
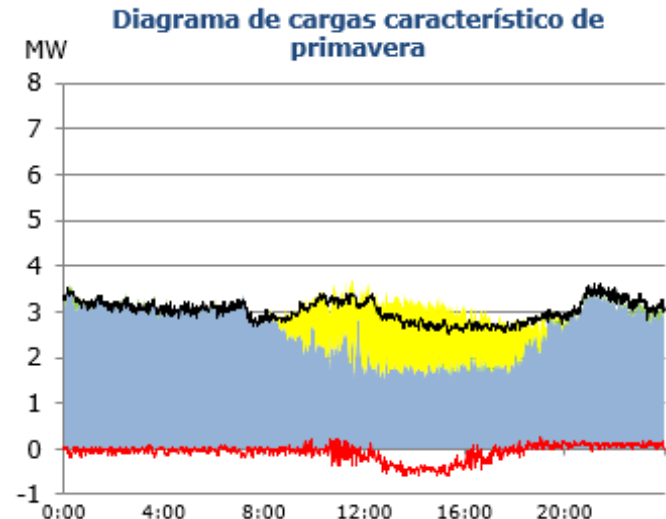
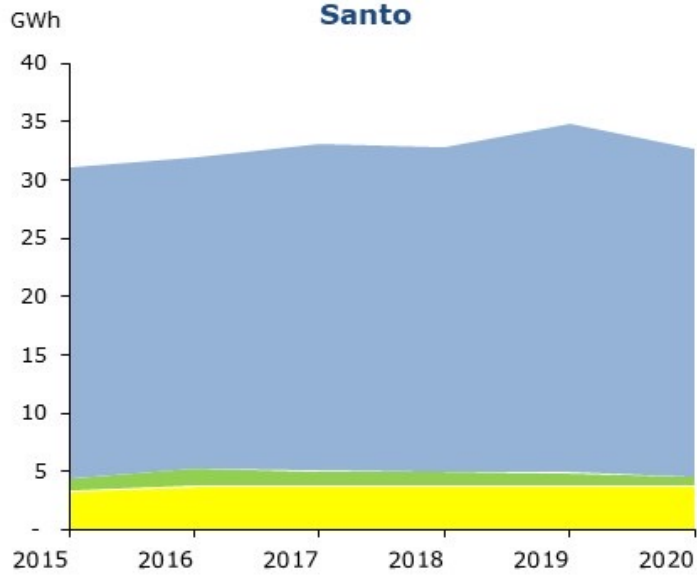
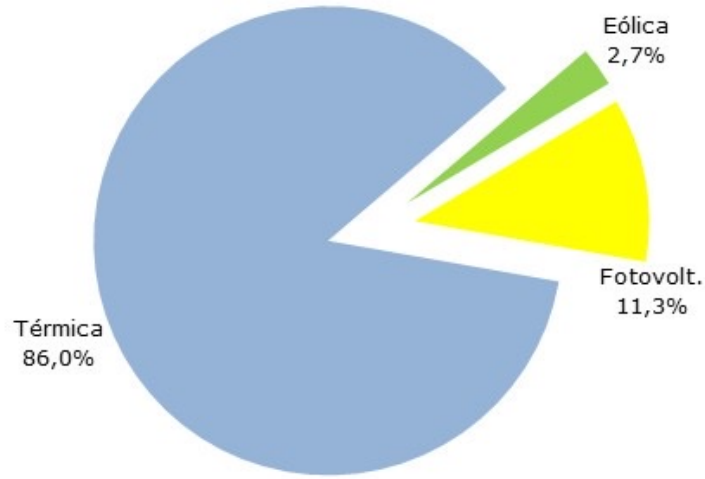
Ilha da Madeira



■ Térmica GN
 ■ Térmica Fuel
 ■ Hídrica
 ■ Fotovoltaica
 ■ Bombagem
 ■ Resíduos
 ■ Eólica
 — Carga*

* Exclui o consumo com bombagem hidroelétrica

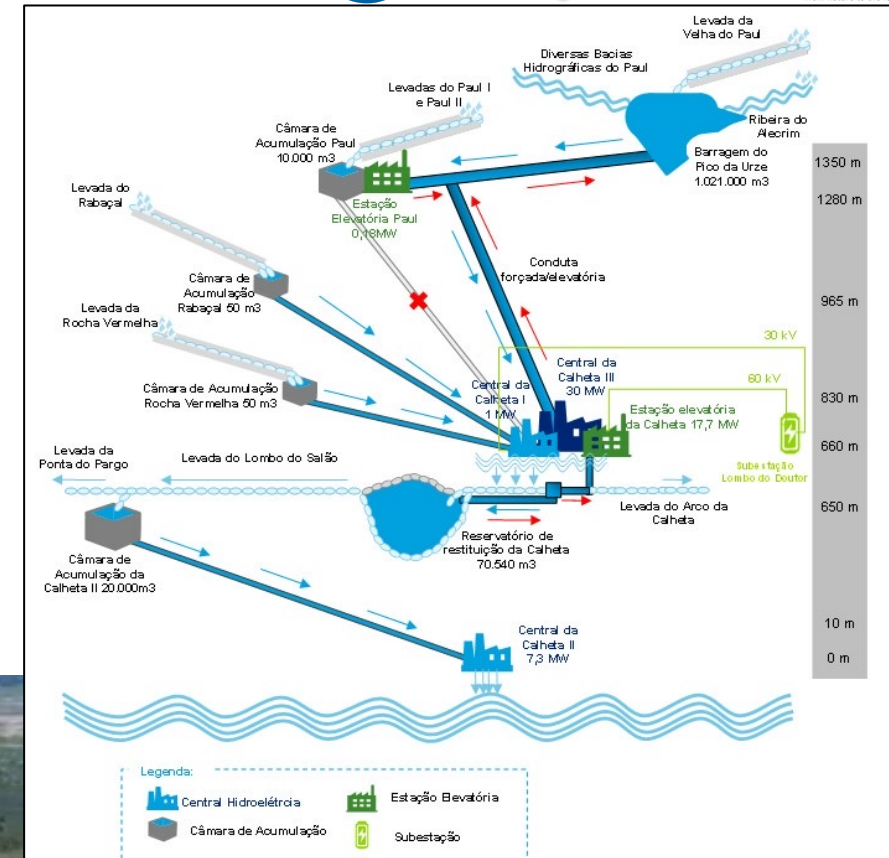
Ilha do Porto Santo



■ Eólica
 ■ Fotovoltaica
 — C. Baterias

■ Térmica
 — Carga*

Sistemas de armazenamento de energia



► Cenários de Produção em função dos sistemas de armazenamento – baterias (EEM):

- ❖ Cenário 1 → 2 x 3MW = 6 MW
- ❖ Cenário 2 → 2 x 5MW = 10MW
- ❖ Cenário 3 → 3 x 2 x 5MW = 30MW

[interligação com cabo à ilha da Madeira]



Resultados preliminares de simulação síncrona, do encaixe possível das plataformas offshore Porto Santo*

Plataforma	Com sistemas de armazenamento instalados na ilha				Unidades
	P IEC I	P IEC II	P IEC I	P IEC II	
	2 x 3,45 MW	2 x 3,45 MW	2 x 5 MW	2 x 5 MW	
Eólica adicional _Offshore	6.90	6.90	10.00	10.00	MW
Eólica adicional _Onshore	2.0	2.0	2.0	2.0	
Solar adicional	1.0	1.0	1.0	1.0	MW
PRE encaixada	76.5%	79.8%	83.1%	85.9%	%
Eólica rejeitada	31%	34%	50%	53%	%
Solar rejeitada	3.2%	3.7%	2.3%	2.1%	%
BESS atual e prevista					
Bateria Energia	15.0	15.0	15.0	15.0	MWh
Bateria Potência	10.0	10.0	10.0	10.0	MW
Térmica	7.7	6.6	5.5	4.6	GWh
Solar encaixada (Global)	4.8	4.8	4.8	4.8	GWh
Eólica encaixada (Global)	20.4	21.5	22.5	23.4	GWh
Horas Equiv. Encaixada**	2129	2246	1777	1846	Horas

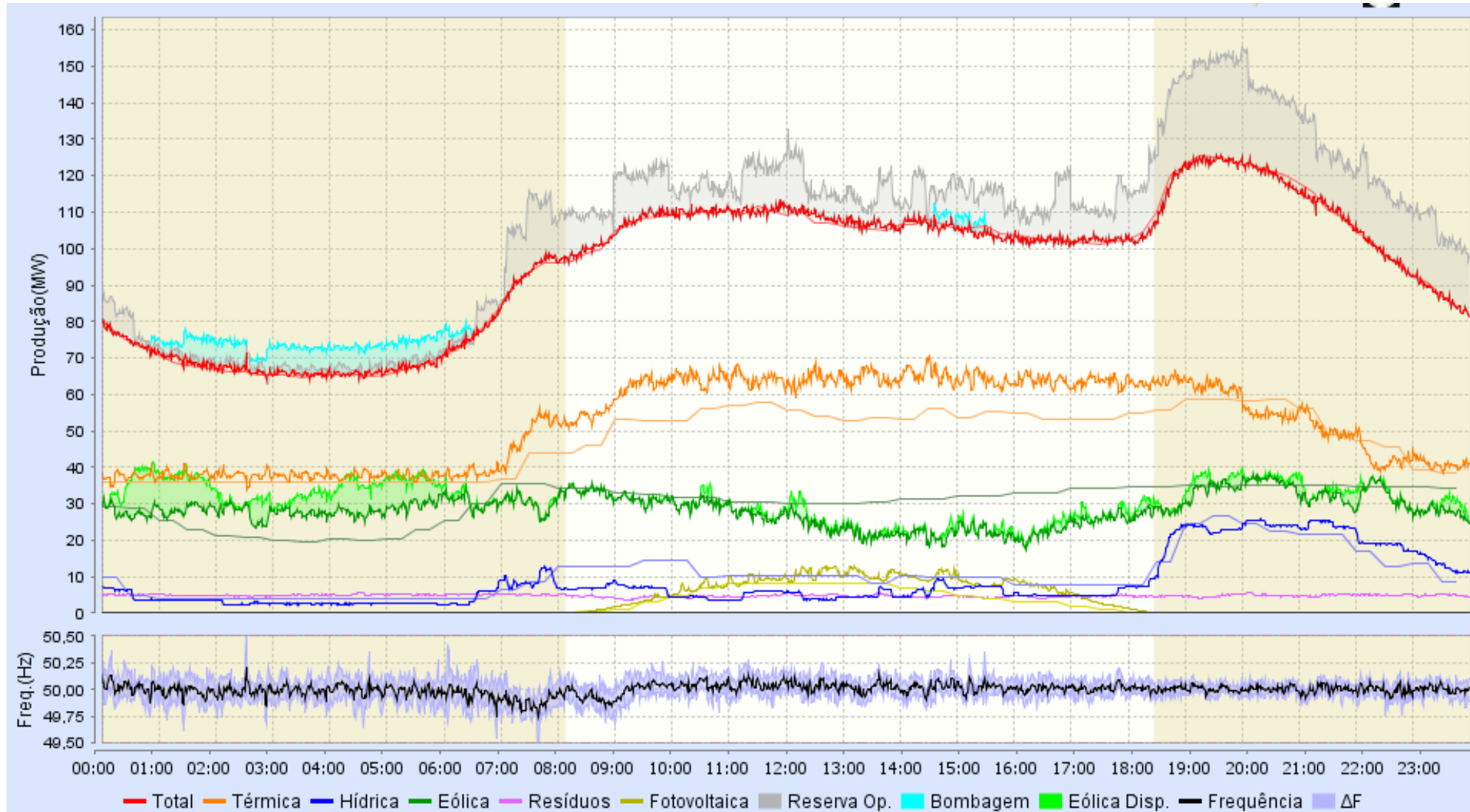
Alternativa	Ponto de Ligação	Pot. Nominal Plataforma	Disponibilidade Pot. Ligação	Niv. Tensão	CC Máx.	CC Mín.
1	Porto das Salemas	6 MW	19,5 MVA	30 kV	86 MVA	28 MVA
2	Porto das Salemas	10 MW	19,5 MVA	30 kV	86 MVA	28 MVA
3 - Opção 1	Ribeiros	30 MW	31,2 MVA	30 kV	174 MVA	107 MVA
3 - Opção 2	Porto das Salemas	30 MW	31,2 MVA	30 kV	153 MVA	93 MVA

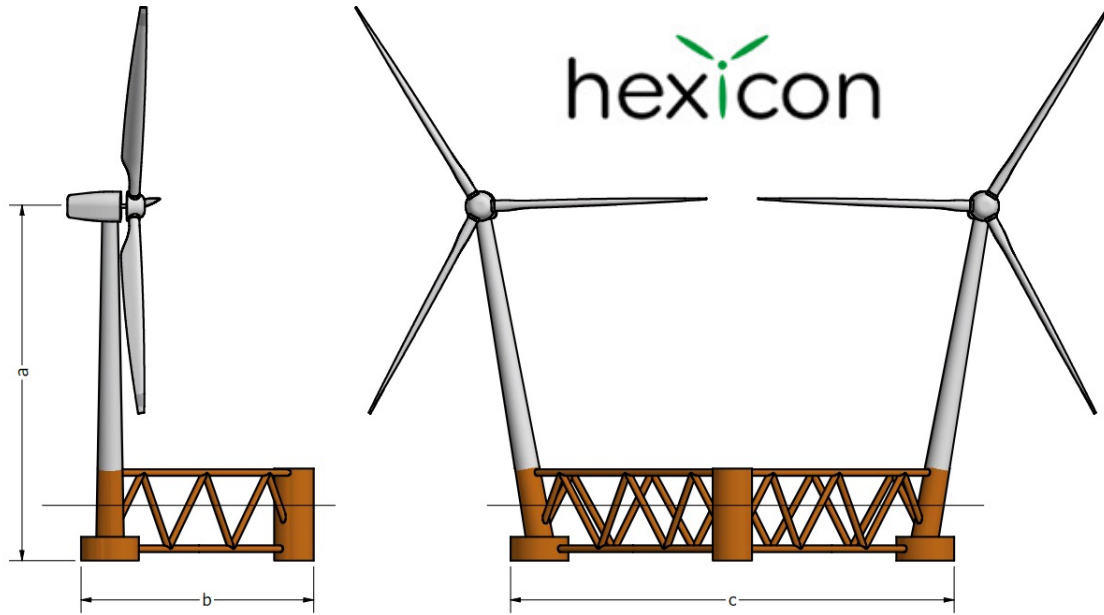


Analise da produção possível das 3 alternativas consideradas:

- ✓ Foram utilizadas, desenvolvidas e adaptadas, ferramentas de simulação cronológica (desenvolvidas pela EEM), onde se procura simular, para um período de tempo no passado, a produção possível de produzir de cada alternativa, face ao seu potencial, no contexto de produção local e carga, mediante as condicionantes de exploração e do sistema electroprodutor e considerando as condições de segurança no abastecimento estabelecidas para as ilhas da Madeira e Porto Santo;
- ✓ Por se tratar de redes isoladas, nem toda a energia disponível de origem renovável poderá ser entregue à rede, porque para um dado momento, a energia renovável disponível pode exceder a carga mais os mínimos térmicos que são necessários manter.
- ✓ Para qualquer fonte renovável, a simulação recorre ao despacho da energia disponível (EMS) por fonte e por cada instalação de produção, existente ou projetada, mediante as condições de receção da rede. No entanto, procura maximizar a integração da mesma, dentro das condições mínimas de qualidade de serviço. No caso da ilha da Madeira, há dois sistemas reversíveis que procuram armazenar e bombear água quando a renovável é excedentária.

Exemplo de um dia com corte de produção renovável

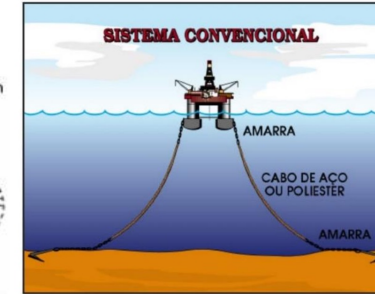
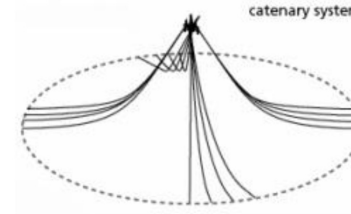




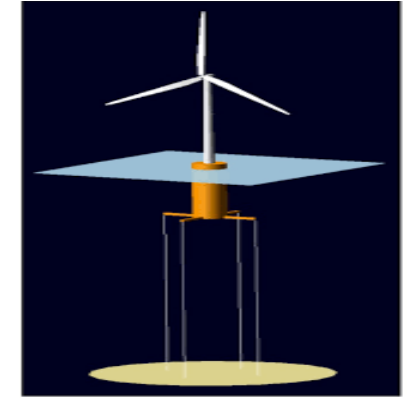
Dimensão	Catenária	TLP	Catenária	TLP
	5.2 MW		10 MW	
a	106 m	114 m	136 m	143 m
b	85 m	71 m	94 m	90 m
c	121 m	126 m	190 m	185

Tipos de Amarração:

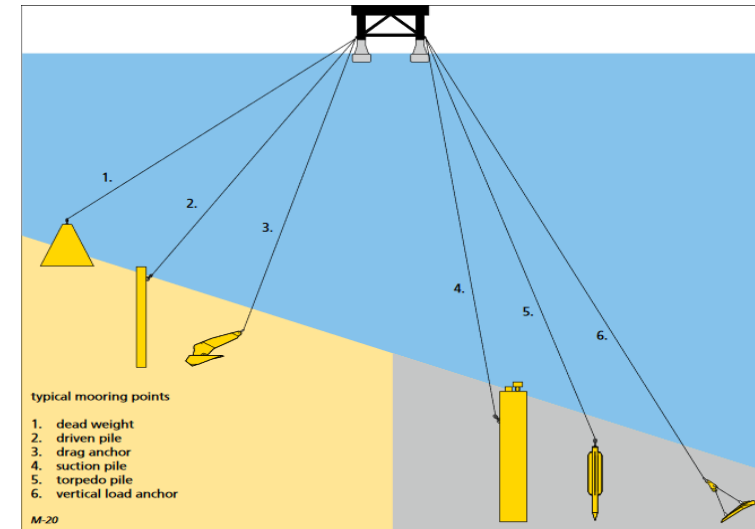
* Catenária:



* *Tension leg platform* TLP:

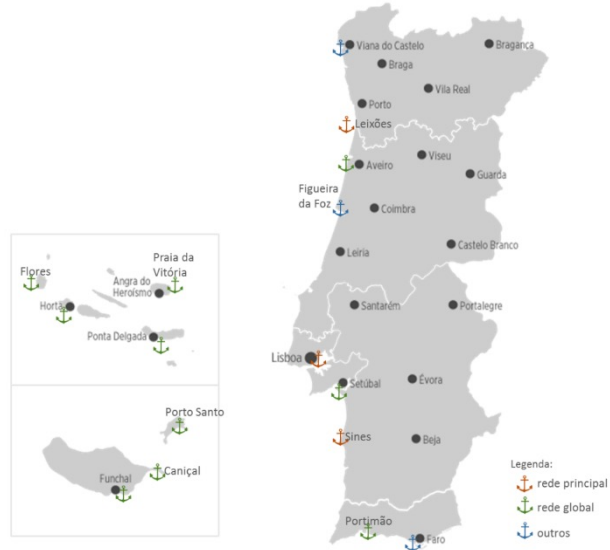


* Ancoragem:



Principais Portos nacionais e regionais:

- Porto do Caniçal
- Porto de Viana do Castelo
- Porto de Aveiro
- Porto de Setúbal
- Porto de Sines



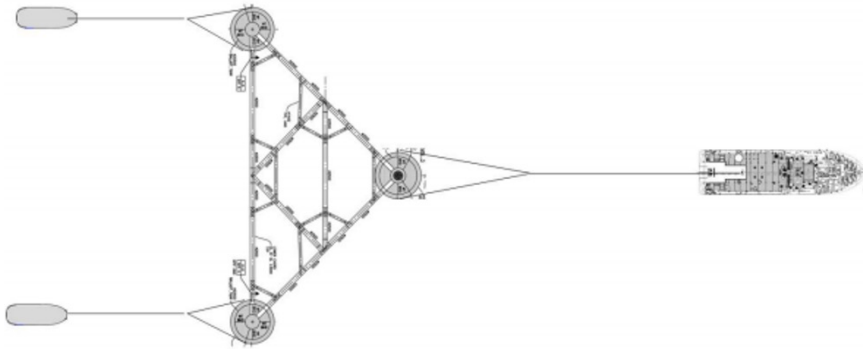
Exemplos de fabricação e montagem nos estaleiros da Lisnave:



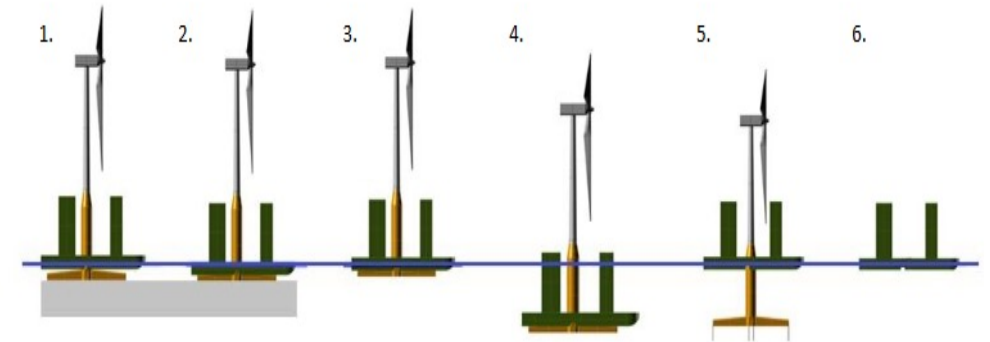
PORTO DE PARTIDA	PONTO DE CHEGADA	Distância (aprox.)
Porto do Porto Santo	Plataforma OIPS	30 km
Porto do Caniçal		65 km
Porto de Sines		880 km
Porto de Setúbal (Lisnave)		905 km
Porto de Ferrol		1415 km



Exemplo de Reboque de uma plataforma semi-submersível:



Exemplo de transporte através de barcaça semi-submersível:



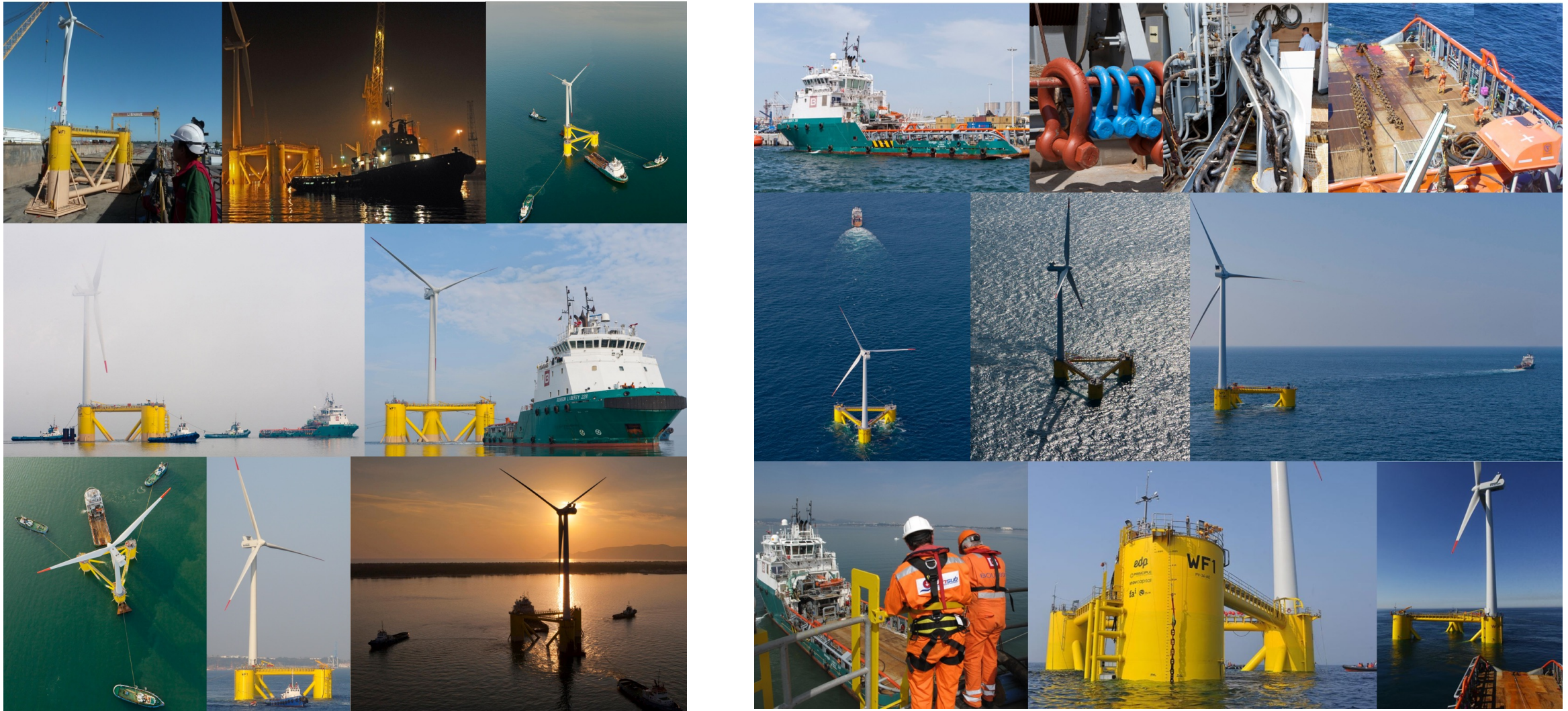
FABRICAÇÃO DA PLATAFORMA:

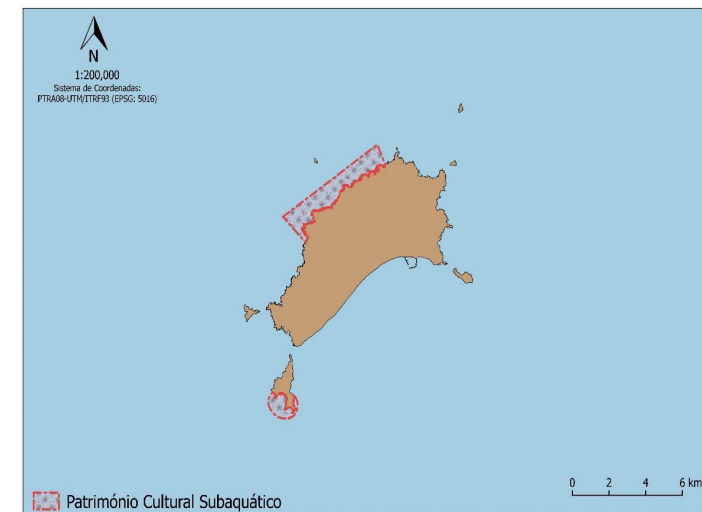
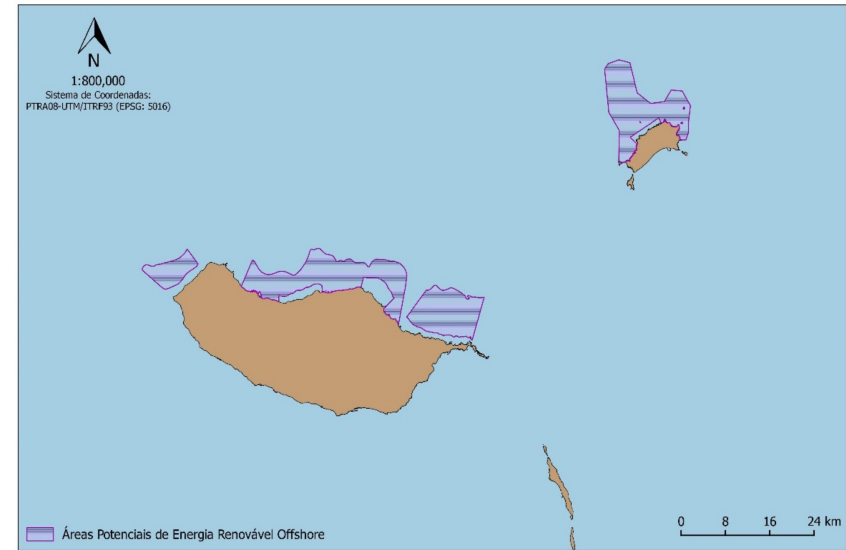
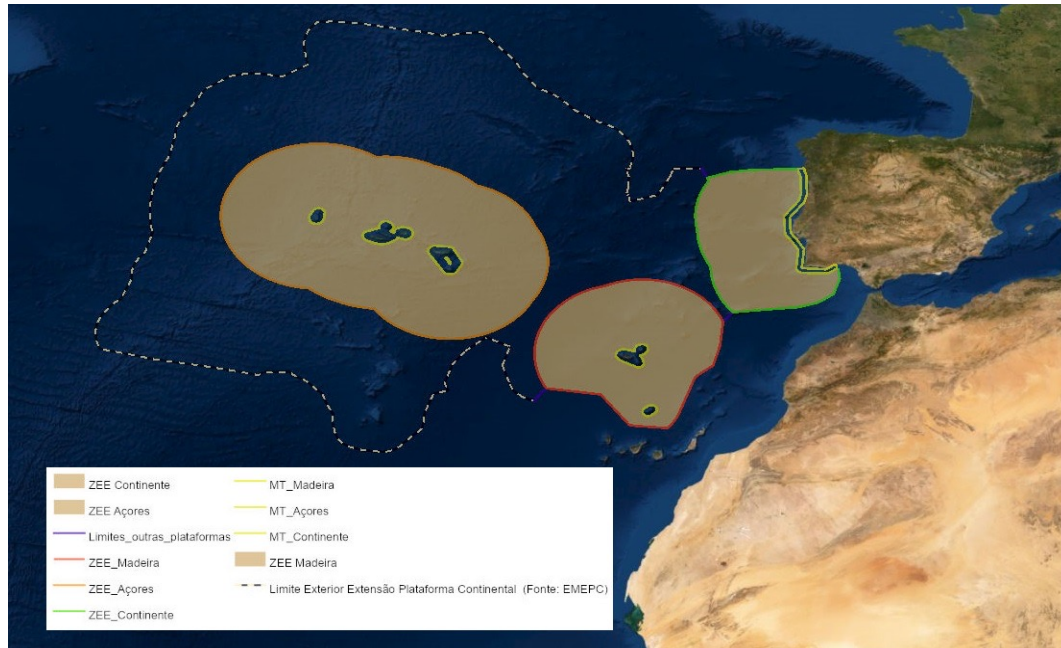


MONTAGEM TORRES EÓLICAS:



TRANSPORTE DA PLATAFORMA + TORRE EÓLICA



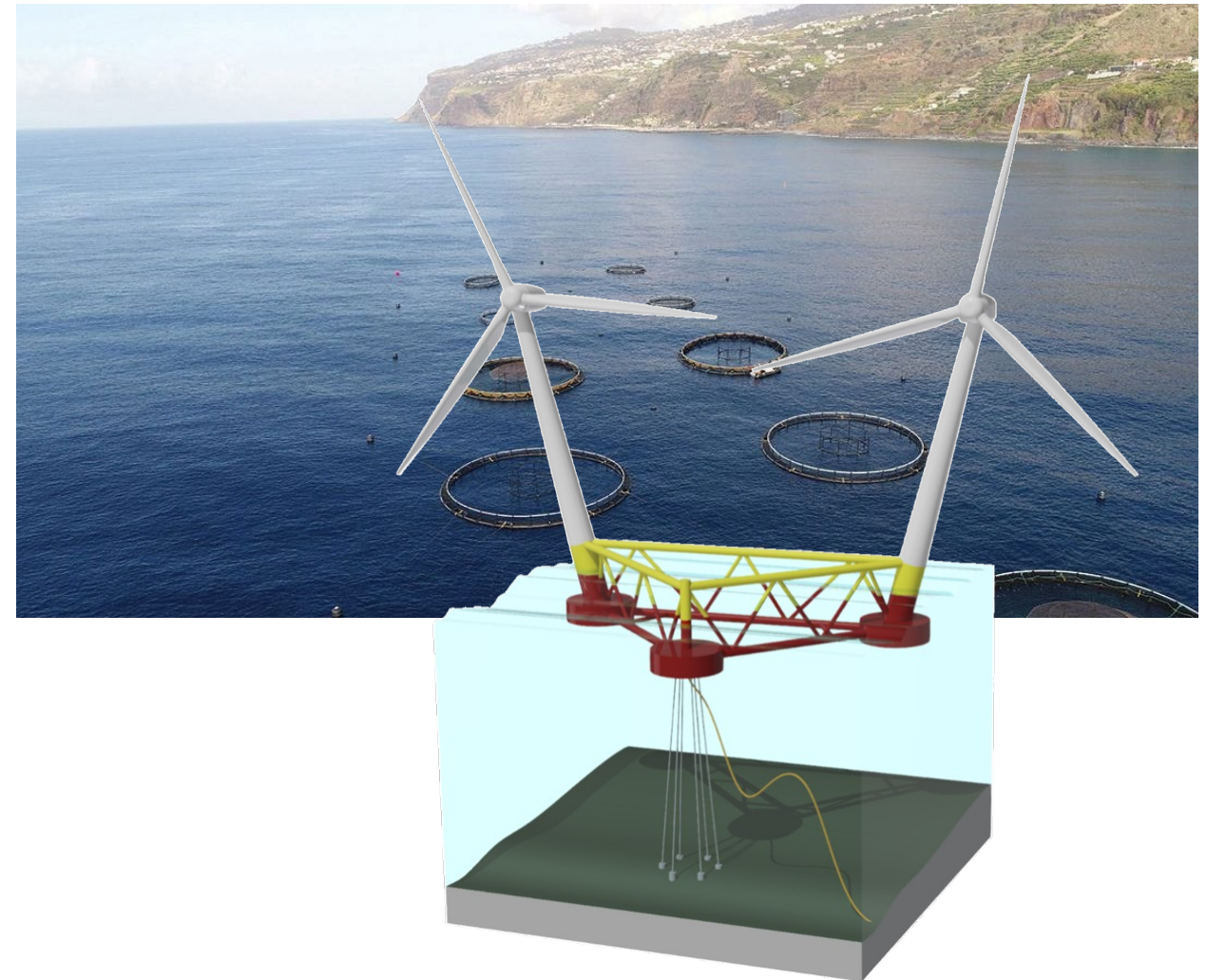
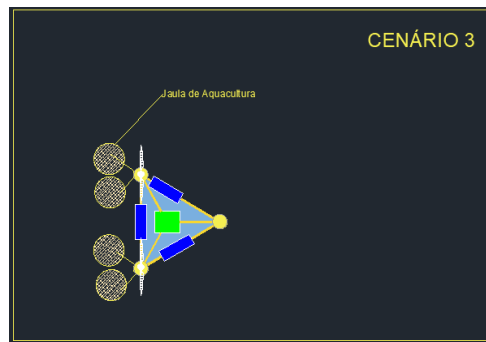
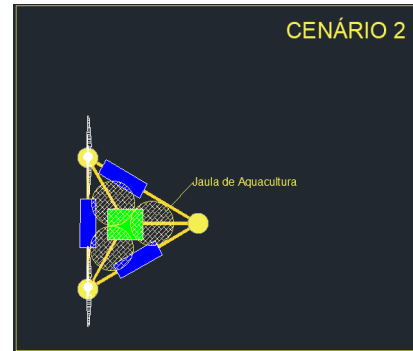


Planeamento preliminar para o Licenciamento de projetos de energia renovável marinha

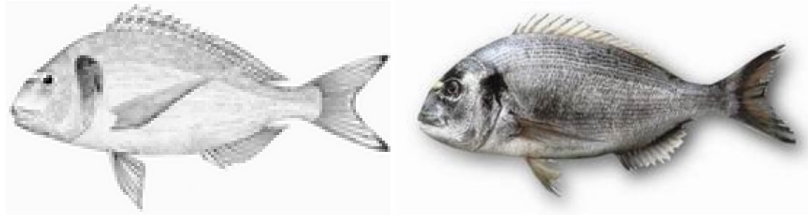
Promotor	Entidade competente	Outras entidades	Ano		1º												2º												
			Meses		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1) Título para a utilização privativa do espaço marítimo - TUPEM																													
Elaboração do Requerimento para utilização privativa do EMN																													
Requerimento junto da Entidade licenciadora (DGRM)																													
Saneamento e apreciação liminar pela entidade competente																													
Se requerimento estiver corretamente instruído, Consulta às entidades																													
Consulta a outras entidades																													
Se não houver Omissões ou irregularidades nos instrumentos instrutórios, emissão de parecer, autorização ou aprovação.																													
Apreciação do pedido pela DGRM																													
Consulta pública e se não houver objeções consideradas procedentes atribuído o TUPEM																													
2) Licenciamento da atividade de produção de energia																													
Estudo prévio de Avaliação de Incidências Ambientais																													
Pedido de informação sobre a existência de capacidade de receção e condições de ligação à rede (implica pagamento do serviço)																													
Informação prestada pelo operador da Rede nacional																													
Elaboração do Pedido dirigido à entidade licenciadora																													
Estudo de Incidências Ambientais																													
Pedido dirigido à DGEG para atribuição de licença de produção																													
Apreciação do processo, se não for necessário informação adicional																													
Pagamento da taxa à DGEG pela apreciação do pedido																													
Publicação de éditos em jornal nacional e internet																													
Consulta a outras entidades (operador da rede ou outras)																													
Apreciação do processo, se não for necessário informação adicional																													
Decisão sobre a atribuição da licença de produção																													
Se Decisão favorável ou condicionalmente favorável, Emissão da licença de Produção pela DGEG																													
Pedido de atribuição de licença de exploração à DGEG																													
Vistoria pela DGEG, operador de rede e outras entidades																													
DGEG produz relatório da vistoria																													
Se não for necessário alguma modificação e se o relatório estiver em conformidade com os condicionamentos legais e licença de produção																													
Atribuição da licença de exploração																													
3) Licenciamento de projetos e instalações acessórias em terra;															se aplicável														
4) Avaliação Ambiental.																													

► Cenários de para as jaulas de aquacultura

- ❖ Cenário 1 → jaulas em órbita
- ❖ Cenário 2 → jaulas internas
- ❖ Cenário 3 → jaulas conectadas à coluna 1 e 2



Dourada - *Sparus aurata* (1758)



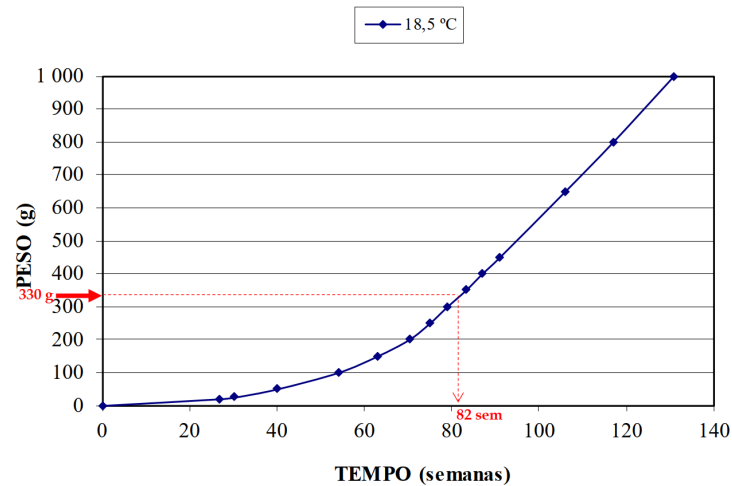
Intervalo de temperatura aceitável – 15 - 27 °C

Melhor temperatura para crescimento – 18 - 26 °C

Salinidade – 35 - 37 ‰

10 g - 1 ano - 350 a 400 g

CURVA DE CRESCIMENTO - Dourada



Espécie - Dourada <i>Sparus aurata</i> (gilthead seabream)		Unidades	2 000 Ton Px/Ano	4 000 Ton Px/Ano		
ECOs	Diâmetro da ECO	m	31.8	31.8	41.4	
	Volume por ECO	m ³	15 924	15 924	40 366	
	Volume habitat necessário	m ³	125 000	250 000		
	Nº de ECOs <i>(Com +1 jaula por cada 10, para atrasos nas capturas com antecipação de chegada de juvenis)</i>	nº	8 9	16 18	6 7	
Peixes	Nº total de Peixes a capturar	nº	6 060 606	12 121 212		
	Nº de Juvenis a alimentar	nº	6 734 007	13 468 013		
	Nº de Juvenis a alimentar por ECO	nº	857 835	857 835	2 244 669	
Rações	Necessidade de ração/Px na fase juvenil	g		127.5		
	Necessidade de ração/Px na fase adulta	g		391		
	Necessidade Total de Ração	Ton	3 492	6 983		
	Ração por ECO	Ton	445	445	1 164	
	Nº de Períodos de Alimentação	nº		730		
	Ração por ECO e Período de Alimentação					
		kg/ECO*Período		150	150	392
				459	459	1 202
	Juvenis	Peso de Ração em Stock	Ton	49	99	
		Volume de Ração em Stock	m ³	112	225	
Adultos	Peso de Ração em Stock	Ton	151	303		
	Volume de Ração em Stock	m ³	344	689		

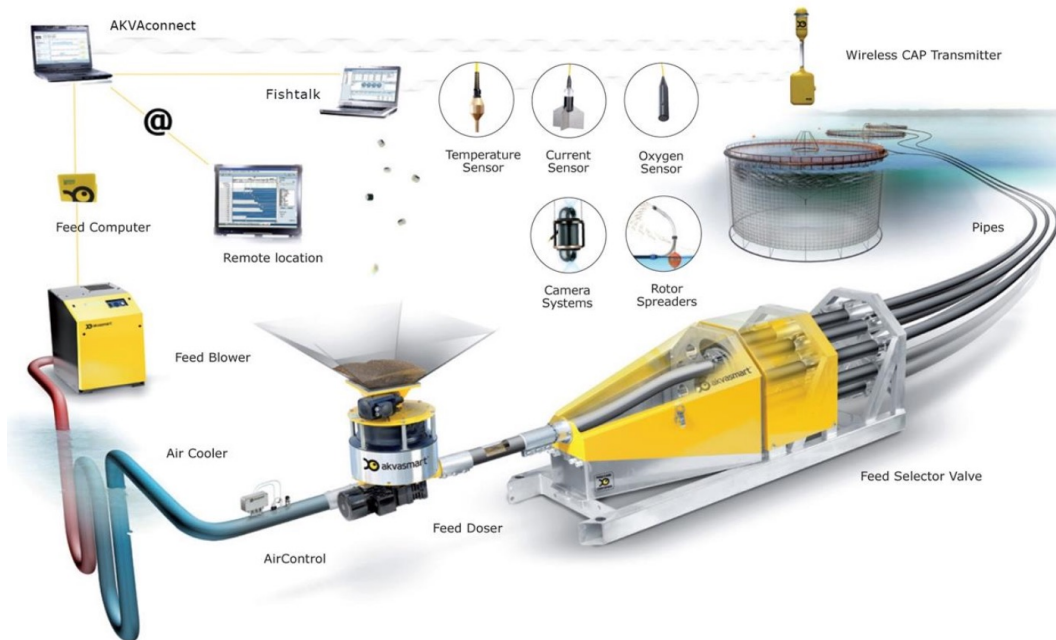
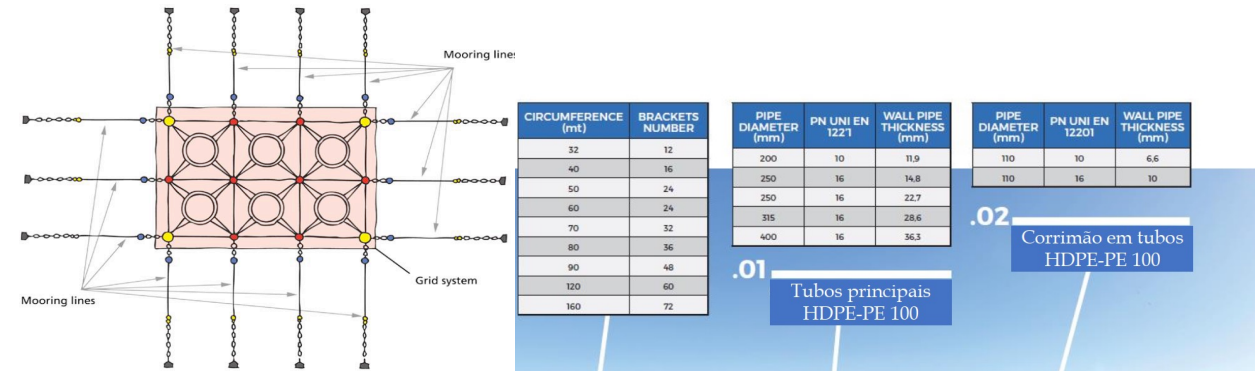
ECO - Estrutura de Cultura Offshore

Exemplos de sistemas automáticos de alimentação:



Fig. 7 - Equipamentos do sistema de alimentação
 a) Contentor de stockagem; b) Distribuidores de alimentação; c) Soprador de canal lateral

Exemplo de Estrutura de cultura offshore de Superfície ou Flutuantes:



.03 Os suportes de polietileno podem ser fornecidos por:

- Roto-moldagem
- Extrusão
- ou em alternativa feitos de
- Aço galvanizado.

.04 Para diminuir o efeito da sobretensão exercida pelos cabos das amarrações, nos tubos do colar, pode ser instalado um suporte em HDPE especial.

LCOE – Levelized Cost of Energy

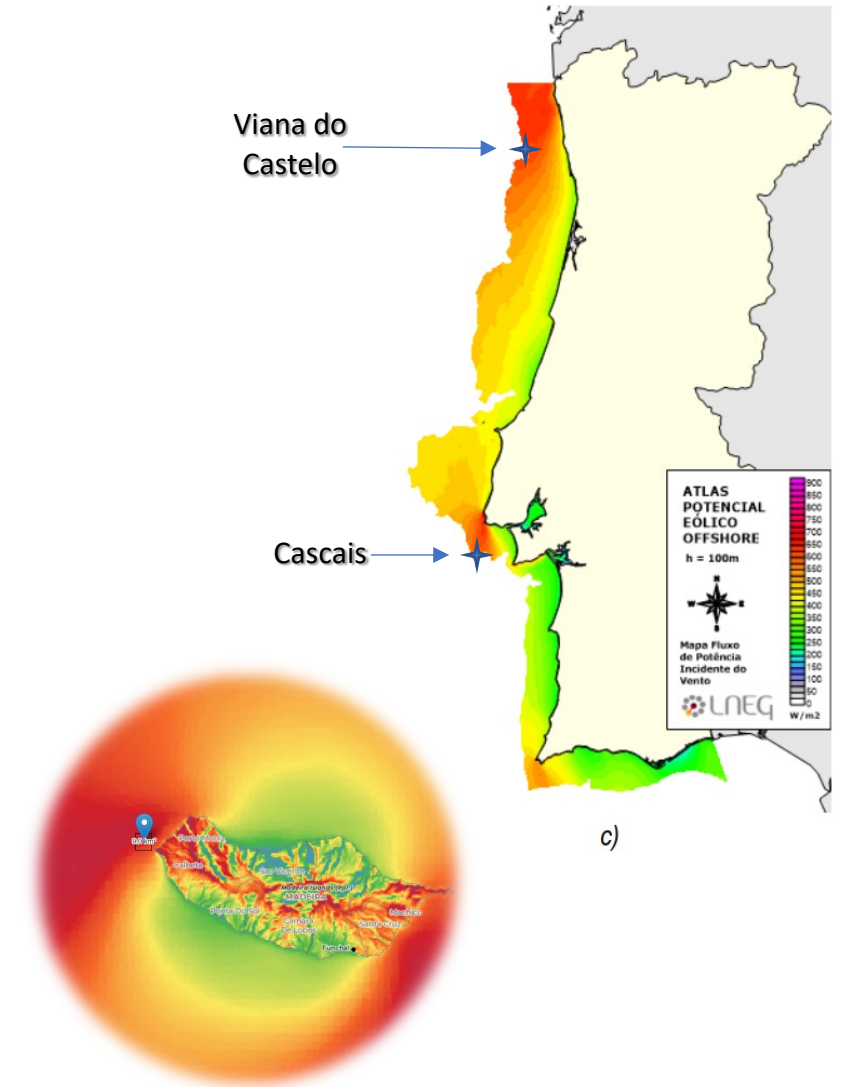
Plataformas	6 MW	10 MW	30 MW (3 x 2 x 5MW)	Unidades
Produção Anual [AEP]	25400	31900	95700	MWh
Inflação	2%	2%	2%	
DEVEX	6	6	9	M€
CAPEX	33.37	43.30	102,450	M€
OPEX	0,9	1,2	2,8	M€/year
Disponibilidade	95%	95%	95%	
Tempo de vida	25	25	25	years
Discount	10%	10%	10%	
LCOE	254.80	253.10	189.77	€/MWh

Aquicultura	
Devex	0,6
Capex	2,7
OPEX	5,5
AQUACULTURA (€/T)	3743

- ✓ Cash flow para estudar uma projecção de projecto estimada durante um período de 25 anos.
 - ✓ Plataforma de 6MW com o custo mais elevado, seguida de 10MW e 30MW → energia gerada e o custo/valor de cada plataforma, onde o fabrico, instalação e O&M são semelhantes.
 - ✓ cenário de 30MW considera 3 plataformas de 10MW, o que reduz o custo de fabrico e instalação devido à aplicação de uma economia escalável.
 - ✓ Aquicultura → Cenário óptimo de 2000 Ton/ano com custo de 3743€/Ton
- retorno de investimento entre 5-7 anos
 - Valores estimativos e dependentes do preço kW/h
 - Projeto Viável → Produção energia eólica + Produção Aquícola = menos custos e mais rentabilidade

Seleção de sites potenciais para instalação da plataforma flutuante:

Zona / Área		Cidade	Distância à costa [km]	Profundidade [m]	Declive [%]	Velocidade média do vento [m/s]	Densidade Energética [W/m ²]	Potência Máx Injetável [MW]
Continente Português	Norte	Viana do Castelo	18	94	0.5%	8.8	751	400
		Porto	32	95	0.3%	8.3	666	650
	Centro	Figueira da Foz	23	100	0.4%	7.9	549	230
		Marinha Grande	36	135	0.4%	8.1	567	230
	Oeste a Lisboa	Lourinhã	22	66	0.3%	8.2	576	500
		Cascais	11	117	1.1%	8.9	703	400
	Sul	Sines	16	140	0.9%	7.6	457	270
Ilha da Madeira	Oeste	Ponta do Pargo	5	95	1.9%	8.6	700	30
Ilha São Miguel	Oeste	Sete Cidades	3	60	2.0%	8.4	664	-



Nº	DOCUMENTO ENTREGÁVEL	RESPONSÁVEL	ESTADO	IMPRESSO PDF?	Comentários
Tarefa 1 #1 - Estado da Arte					
A1.1	Identificação das tecnologias existentes de plataformas flutuantes off-shore	José/ Jorge	100%	SIM	Done
A1.2	Identificação das tecnologias existentes de análise e avaliação do recurso eólico	José	100%	SIM	Done
A1.3	Identificação das tecnologias existentes de análise e avaliação oceanográficas /meteorológicas	José	100%	SIM	Done
A1.4	Identificação das interligações existentes de plataformas flutuantes off-shore	EEM	100%	SIM	Done
A1.5	Identificação de sistemas flutuantes off-shore eólicos acoplados com outras tecnologias/sistemas inovadores	Nuno	100%	SIM	Done
EA1.6	Levantamento de projetos de sistemas de interação com aquicultura_ARDITI	Abílio	100%	SIM	"PARTE 1" Extra doc com levantamento bibliográfico de projetos aquicultura
Tarefa 2 #2 - Estudos preliminares e preparatórios					
A2.1	Análise da capacidade da rede eléctrica e ligação onshore	EEM	100%	SIM	Done
A2.2	Análise do recurso eólico	Nuno	100%	SIM	Done
A2.3	Análise das condições oceanográficas/meteorológicas locais	José	100%	SIM	Done
A2.4	Potencial de aquicultura em plataformas flutuantes offshore	Abílio	100%	SIM	Done - "PARTE 2"
EA2.4	Análise das condições físico-ambientais (meteo-oceanográficas) locais	Abílio	100%	SIM	Done - "Adenda PARTE 2"
A2.5	Potencial da plataforma flutuante offshore com sistema de multi-turbinas	Carlos	100%	SIM	Done
Tarefa 3 #3 - Modelação matemática					
A3.1	Modelação eléctrica dos vários cenários de implementação	EEM	100%	NÃO	Folhas de excel EEM com os vários cenários elétricos
A3.2	Modelação das condições ambientais locais	Nuno/José	100%	NÃO	Folhas de excel com os vários dados meteorológicos
A3.3	Modelação do sistema energético - plataforma flutuante	Nuno	100%	SIM	Cálculo de AEP
A3.4	Modelação do sistema energético integrado com aquicultura	Abílio/Carlos	100%	SIM	Done - "PARTE 3"
A3.5	Análise do design do projecto	Nuno	100%	SIM	Done
Tarefa 4 #4 - Engenharia dos componentes					
A4.1	Análise e design das amarrações da plataforma flutuante	José	100%	SIM	Done
A4.2	Análise e design estrutural local e global	Nuno	100%	SIM	Done
A4.3	Transporte e instalação	José	100%	SIM	Done - A4.3+ A4.5
A4.4	Design eléctrico global	EEM	100%	SIM	Done
A4.5	Opções de fabricação e montagem	Nuno	100%	SIM	Done - A4.3+ A4.5
A4.6	Operação e manutenção	Nuno	100%	SIM	Done
EA4.7	Caso Prático - WindFloat	Nuno/José	100%	SIM	Extra Doc com Caso Prático do Projeto WindFloat em Portugal
Tarefa 5 #5 - Estudo de viabilidade técnico-económico					
A5.1	Desenvolvimento preliminar do impacto ambiental local	AREAM	100%	SIM	Está impresso a metodologia usada para o impacto ambiental offshore.
A5.2	Estudo do plano de concessão, licenciamento e autorização de exploração	Nuno	100%	SIM	Done
A5.3	Estudo de viabilidade técnica	José	100%	SIM	Done
A5.4	Estudo de viabilidade económico	Carlos/ Miriam	100%	SIM	Done
A5.5	Plano de acção e replicação	Nuno	100%	SIM	Done
Tarefa 6 #6 - Promoção e divulgação de resultados					
A6.1	Protecção de propriedade intelectual e industrial	Jorge/ Carlos	Ongoing	-	
A6.2	Promoção comercial e divulgação científica	Jorge/ Carlos	Ongoing	-	
Tarefa 7 #7 - Gestão de projecto					
A7.1	Gestão do projecto	Jorge/ Miriam	Ongoing		
A7.2	Gestão do consórcio e report	Carlos	Ongoing		
A7.3	Traduções	DeLab	100%		



UNIÃO EUROPEIA

Fundo Europeu de
Desenvolvimento Regional