

# Terminais Eólicos Offshore Geotecnia das Estruturas Portuárias

**Marlene Dias**



moffatt & nichol

Organização



## PROJECTOS EM CURSO



(1) Porto de Humboldt (Califórnia)



(2) Porto de Long Beach (Califórnia)



(6) Porto de New Jersey (NJWP)



(3) Searsport (Maine)



(4) State Pier (Connecticut)



(5) Portsmouth (Virginia)





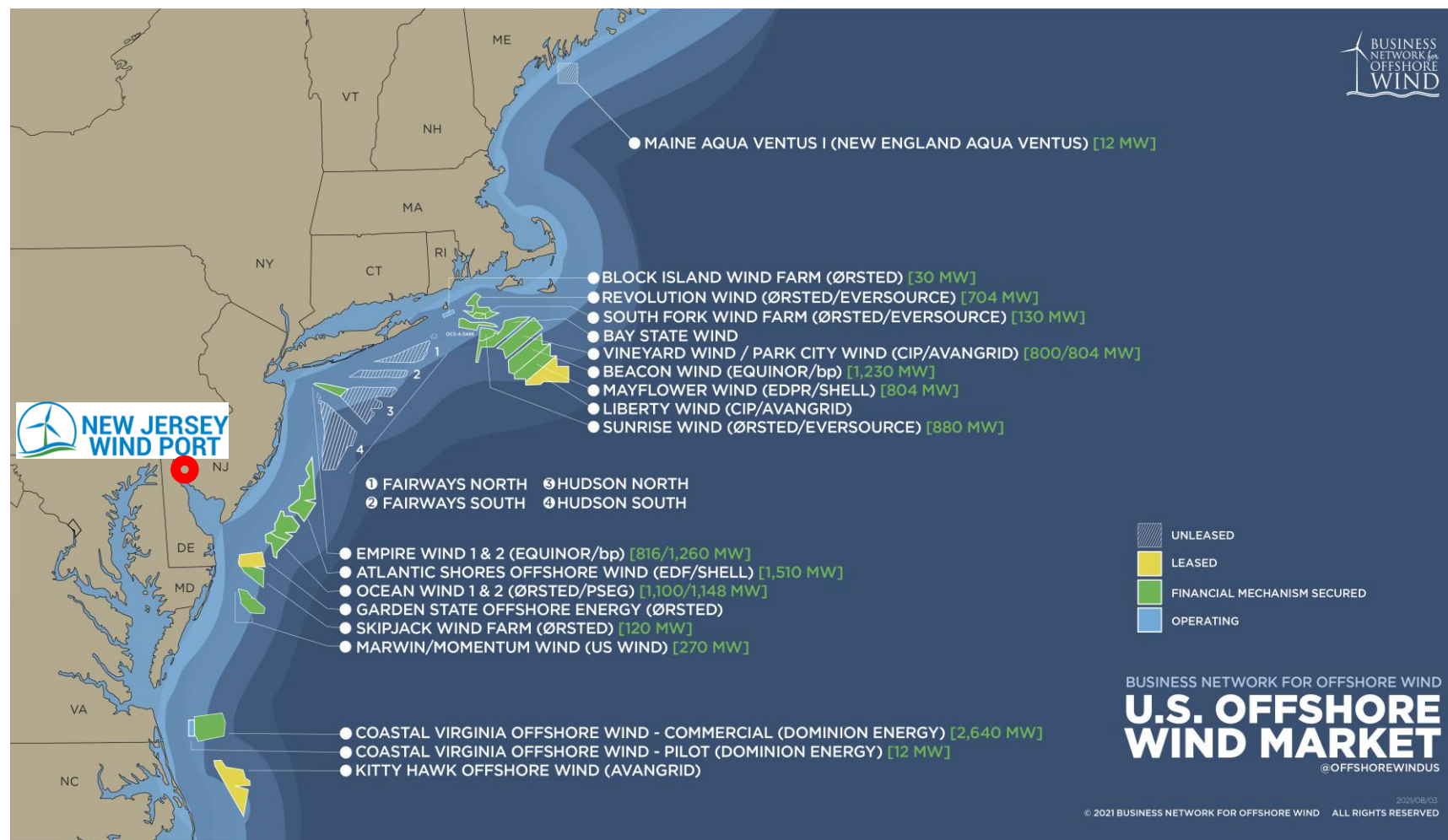
# Master Plan do Estado de Nova Jérсия

- Objectivos do Estado de Nova Jérсия:
  - Economia 100% suportada em energia limpa **até 2050**
  - Atingir **7.5 GW de energia eólica offshore até 2035**



- O Porto Eólico Offshore de Nova Jérсия (**NJWP – New Jersey Wind Port**) é o primeiro porto construído de raiz, especificamente dedicado à indústria eólica *offshore*
- Concebido como uma plataforma para o **fabrico e montagem** dos componentes de geração de energia eólica *offshore*, com mais de **80 ha** de área portuária, com capacidade para **11 GW até 2040**
- 1º Leilão (**1100MW** em 2020)
- 2º Leilão (**2658MW** em 2021)
- 3º Leilão (**3742MW** em 2024)
- 4º Leilão (**1200 a 4000 MW** em curso)

# Localização



A um dia de navegação de 50% das áreas concessionadas

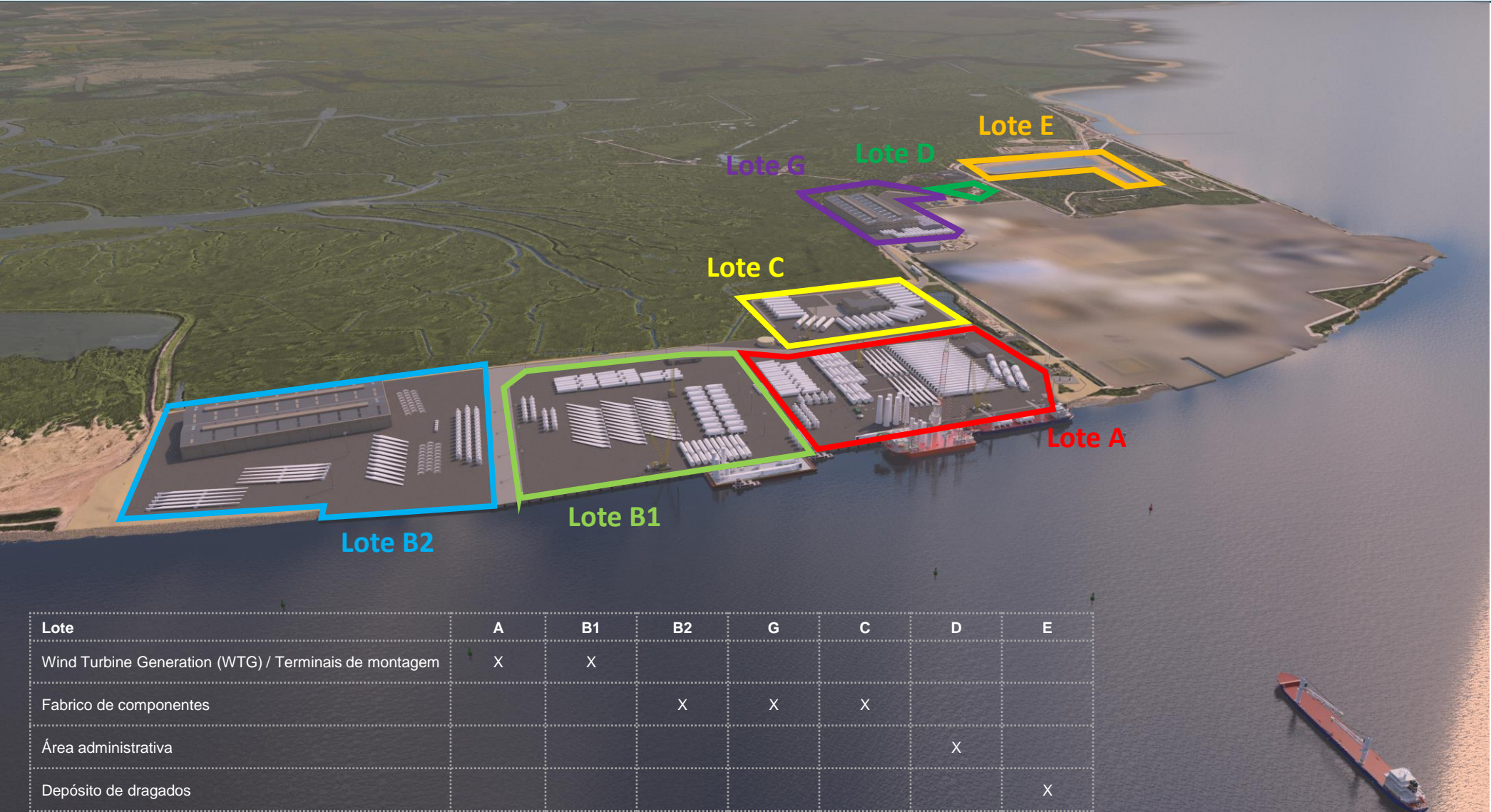


# Vantagens do local seleccionado



- Ausência de restrições de tráfego aéreo
- Fácil acesso ao canal de navegação
- Zona abrigada de agitação marítima
- Proximidade da área de depósito de dragados
- Região industrializada e com mão-de obra qualificada
- Proximidade e fácil acesso às áreas concessionadas da Costa Leste dos EUA

# Arranjo geral do Porto





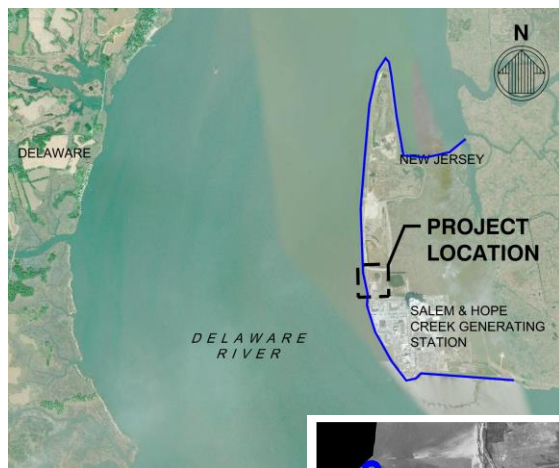
# Lote A – Terminal de montagem

O porto funciona como uma unidade de montagem de turbinas eólicas *offshore*:

- Os componentes (pás, naceles e secções de torres) são descarregados no porto, provenientes de diversos locais de fabrico.
- As secções das torres são montadas no local e carregadas, juntamente com as pás e as naceles, numa embarcação para instalação *offshore*.
- As embarcações de instalação transportam os componentes finalizados até ao parque eólico e realizam a instalação da turbina eólica no local final.



# Área de implantação

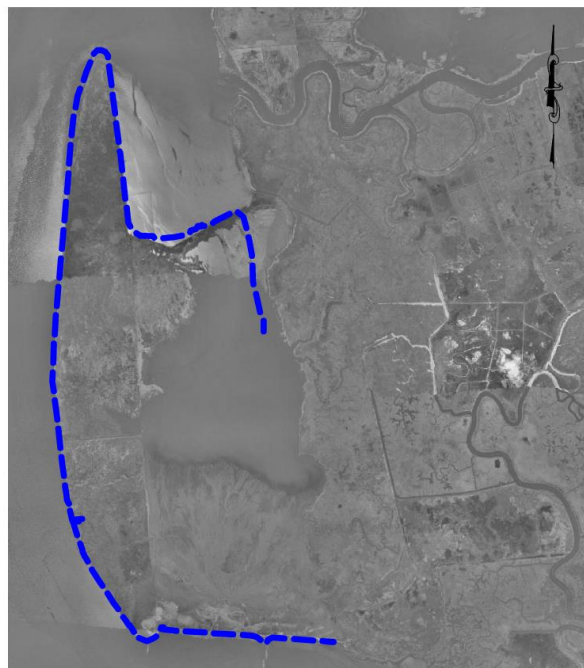


O NJWP localiza-se numa área designada ***Ilha Artificial***, construída pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (*United States Army Corp of Engineers*) no início do século XX.

Resulta do depósito de material dragado, quando da criação do canal de navegação ao longo do rio Delaware.



PANEL 1: 1931 HISTORIC AERIAL IMAGE



PANEL 2: 1940 HISTORIC AERIAL IMAGE



PANEL 3: 1963 HISTORIC AERIAL IMAGE



# Duração dos projectos e construção

## Duração total

- 5 anos (2020 a 2024)

## Estudos e Projectos (Moffatt & Nichol)

- Estudo Prévio e Licenciamento: 7 meses (Fevereiro 2020 a Setembro 2020)
- Projecto de Execução: 10 meses (Setembro 2020 a Julho 2021)

## Materiais de construção

- 3 meses (Outubro a Dezembro 2021)

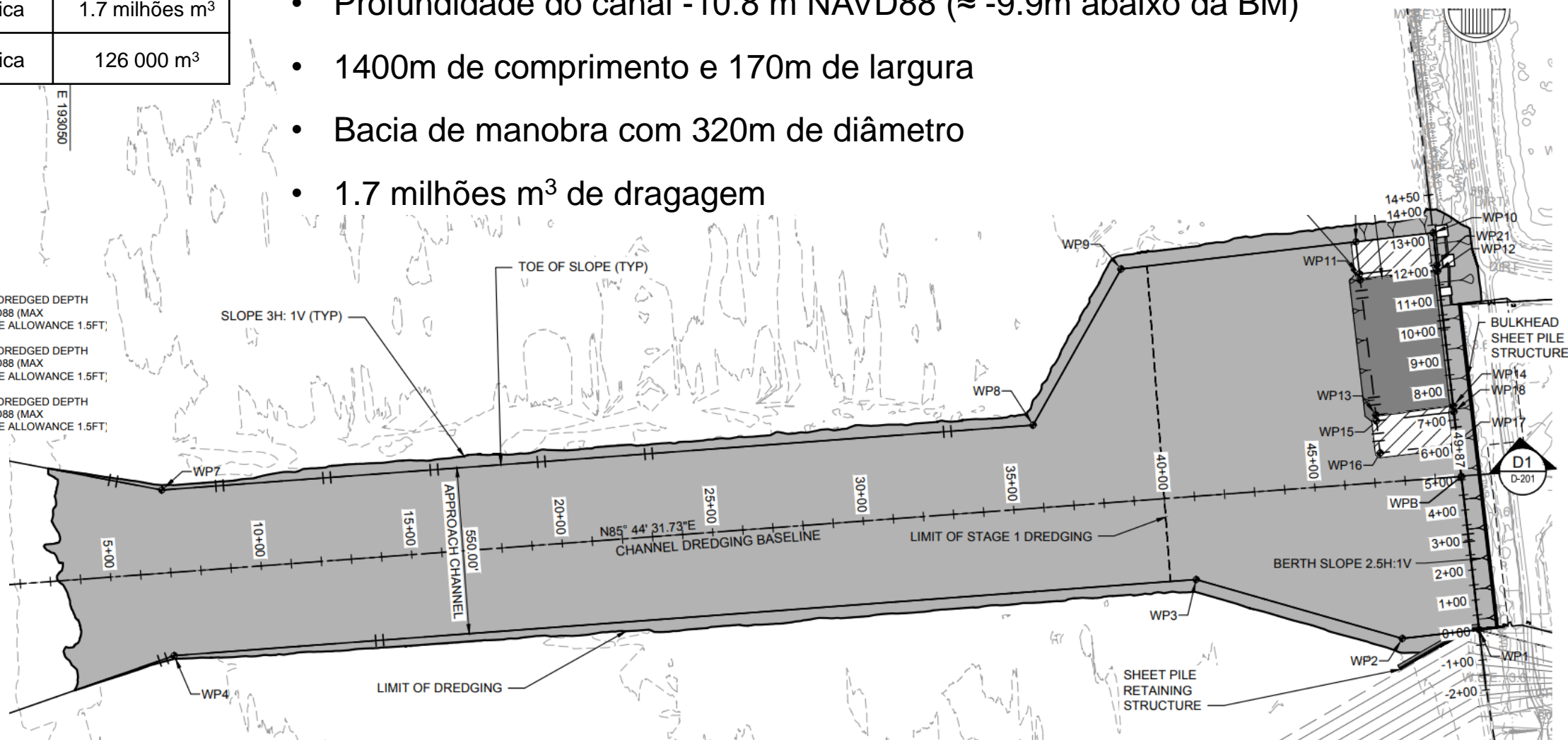
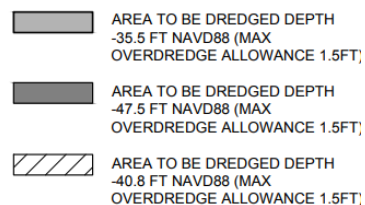
## Construção

- Trabalhos preparatórios: 7 meses (Junho a Dezembro de 2021)
- Cais, dragagem e trabalhos terrestres: 29 meses (Janeiro 2022 a Maio 2024)
- Trabalhos marítimos reduzidos a 8 meses por ano devido a restrições ambientais



Dragagem hidráulica	1.7 milhões m³
Dragagem mecânica	126 000 m³

- Profundidade do canal -10.8 m NAVD88 ( $\approx$  -9.9m abaixo da BM)
- 1400m de comprimento e 170m de largura
- Bacia de manobra com 320m de diâmetro
- 1.7 milhões m<sup>3</sup> de dragagem






# Implantação das cargas



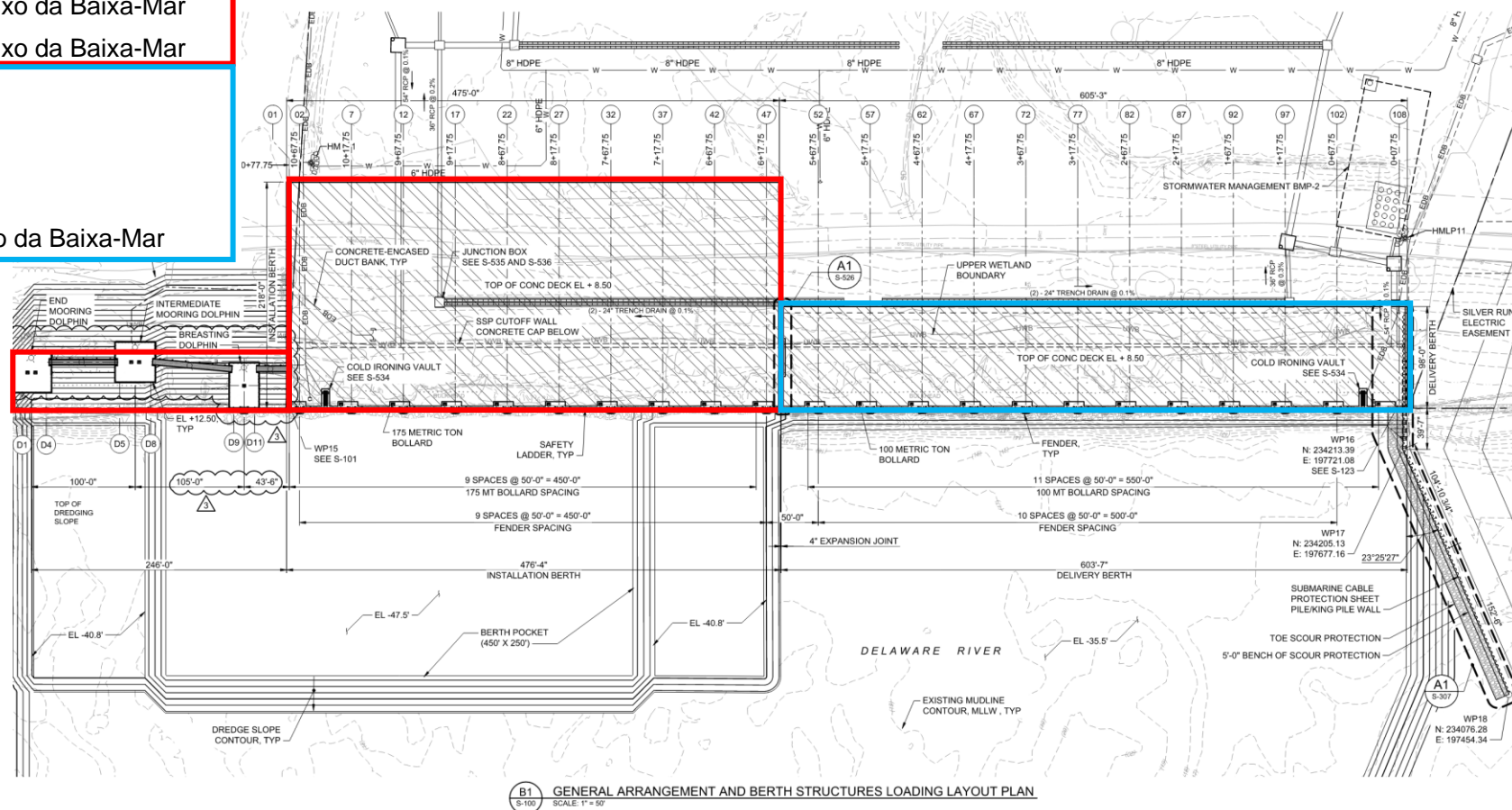
Legenda:

-  300 kN/m<sup>2</sup>
-  144 kN/m<sup>2</sup>
-  50 a 144 kN/m<sup>2</sup>
-  100 a 144 kN/m<sup>2</sup>

# Cais

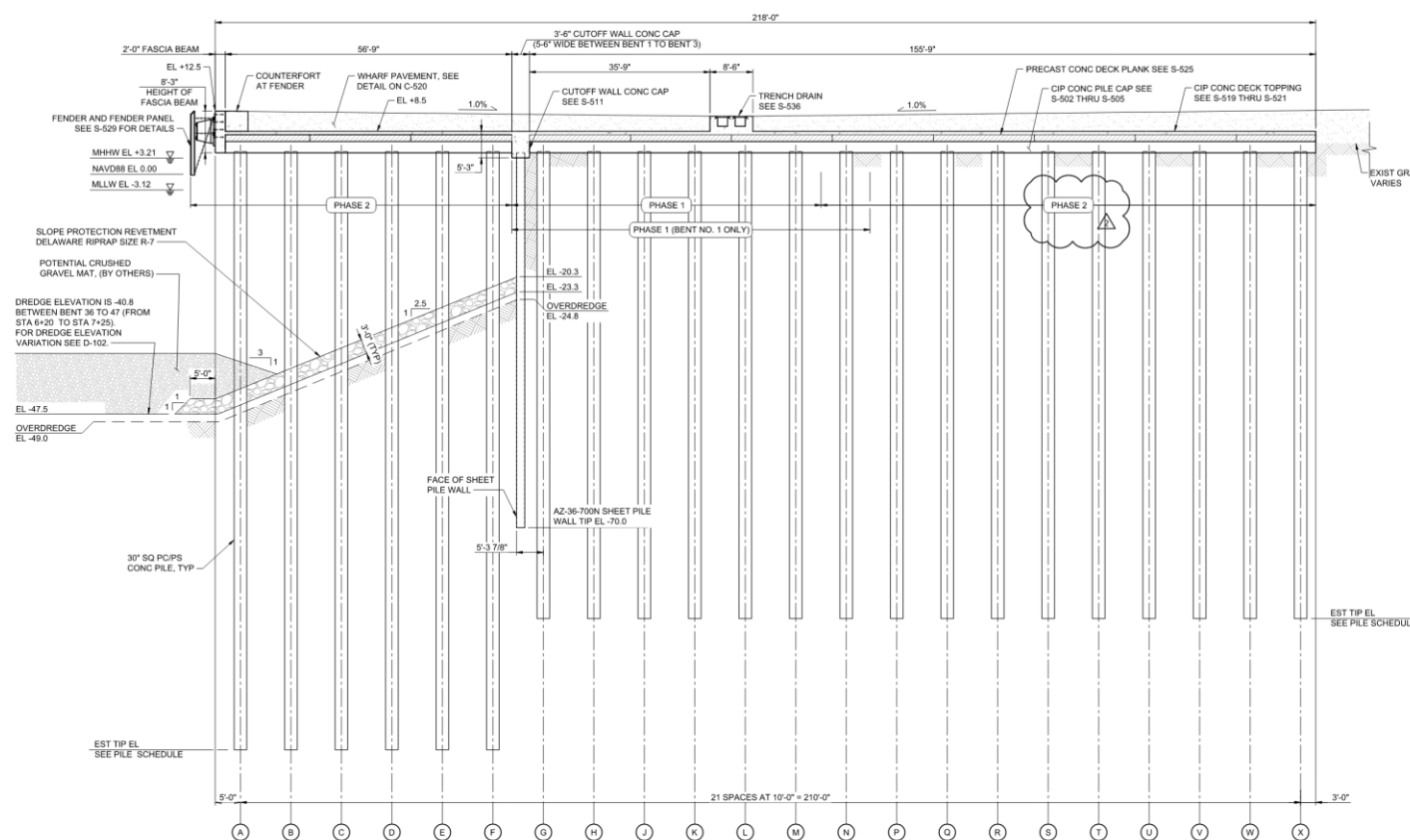
Comprimento total	410 m
<b>Cais de instalação</b> (Installation Berth)	
Comprimento	226 m
Largura	66 m
Profundidade	11.5 m abaixo da Baixa-Mar
Profundidade da área da jack-up	13.5 m abaixo da Baixa-Mar

<b>Cais de descarga dos componentes</b> (Delivery Berth)	
Comprimento	184 m
Largura	29.9 m
Profundidade	9.9m abaixo da Baixa-Mar



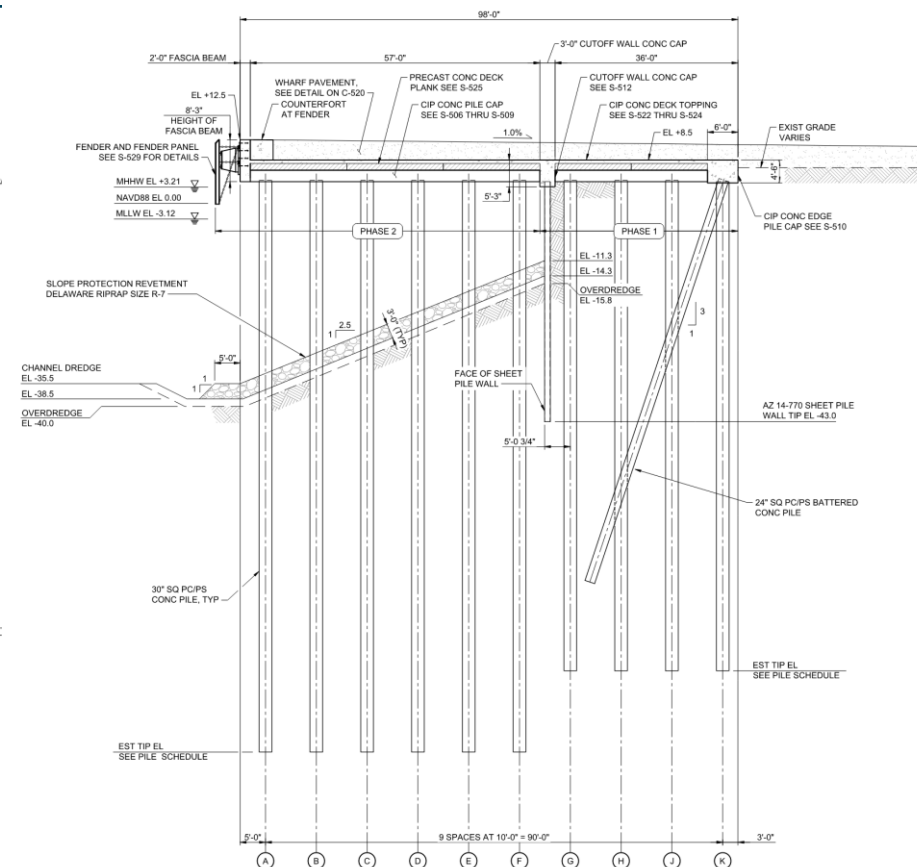


# Cortes tipo



**Cais de instalação**

- Coroamento a +3.8 m NAVD88
- Sobrecarga de 300 kPa de carga
- Estacas de betão (PC/PS) quadradas com 76 cm



**Cais de descarga**

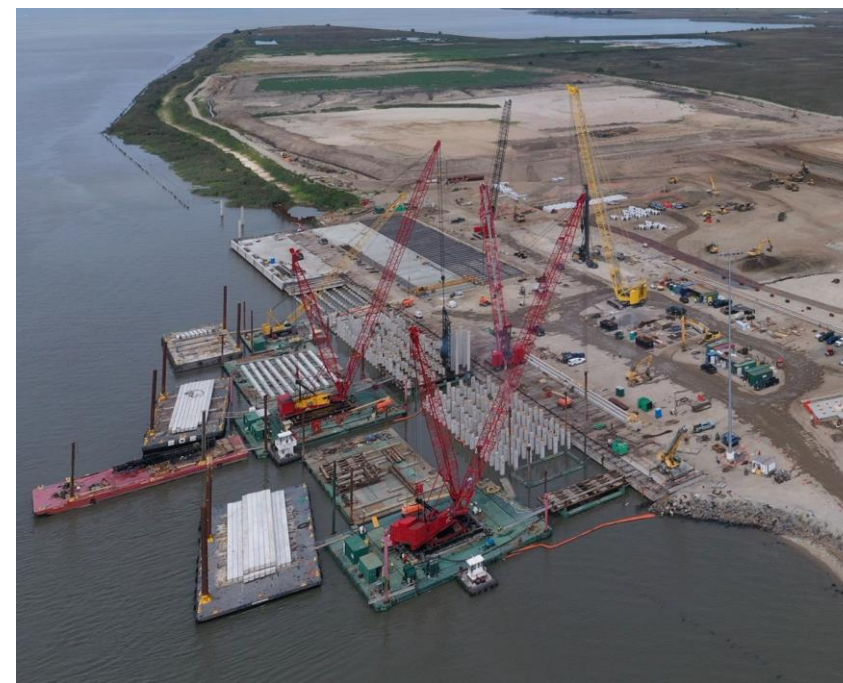
- Vigas e lajes pré-fabricadas, solidarizadas com betão in-situ
- Pavimento em agregado britado



# Estacas



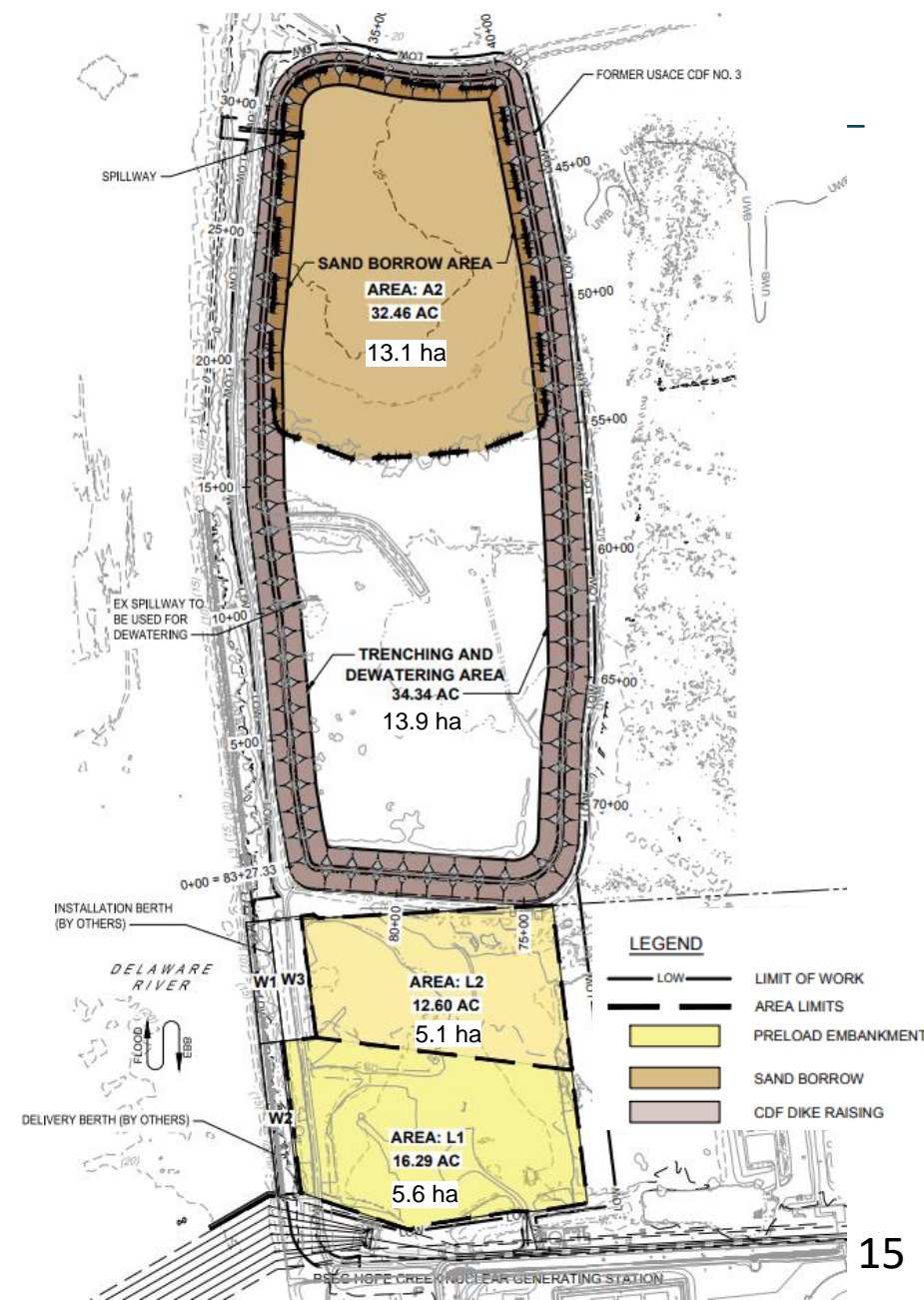
- 1771 estacas de betão (PC/PS) quadradas com 76 cm
- Malha de 3m x 3m
- 38 m de comprimento máximo (profundidade máxima de -37 m NAVD88)
- Capacidade de carga mínima:
  - 10100 kN à compressão
  - 4720 kN à tracção
- Ensaios:
  - 20 PDA com CAPWAP
  - 2 estáticos





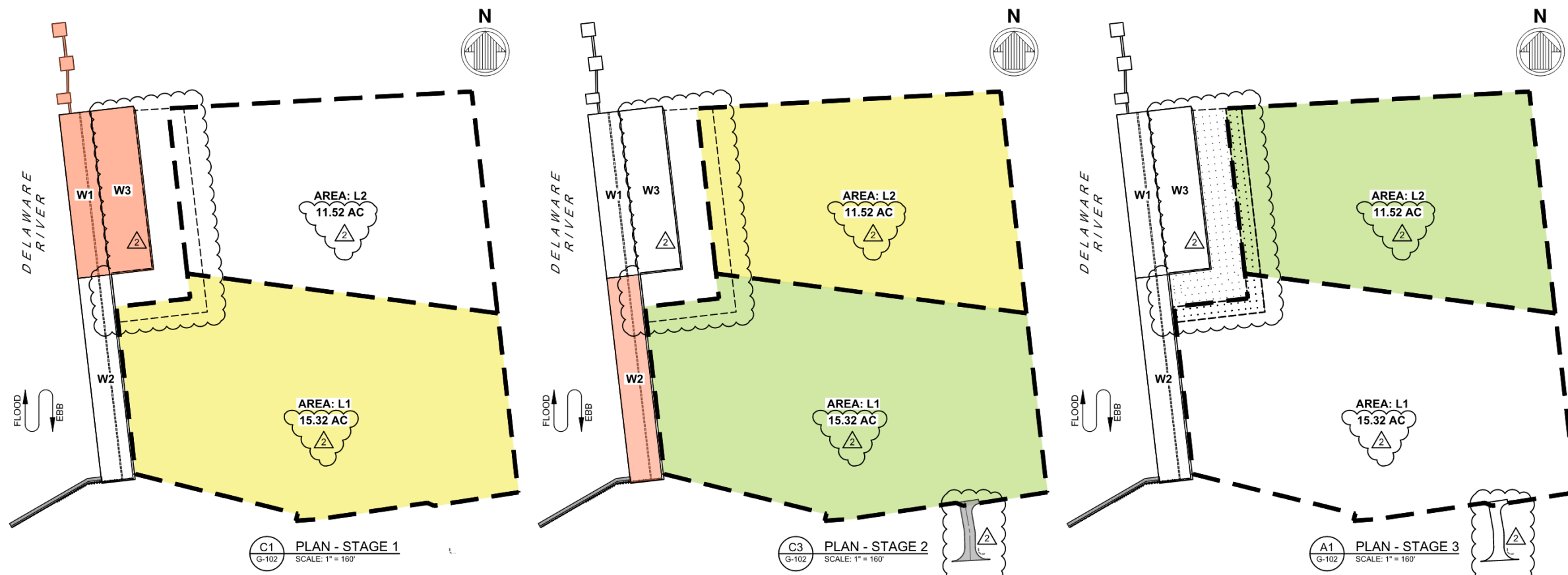
# Melhoramento de solos

- A sobrecarga de projecto no terrapleno é de  $144 \text{ kN/m}^2$  e de  $230 \text{ kN/m}^2$  nas áreas de fundação provisória das naceles.
- O terreno natural é composto por uma camada superficial de depósito de materiais dragados e de aluviões, constituída por siltes e argilas moles, compressíveis e de elevada plasticidade. Sob a camada superficial existem areias e cascalhos médias a densas.
- De modo a controlar os assentamento de longo prazo esperados, resultantes das elevadas cargas de projecto no terrapleno, especificou-se a realização de um **aterro de pré-carga**, com **8m de altura** e  **$144 \text{ kN/m}^2$**  de carregamento.
- O material de empréstimo é arenoso e encontra-se próximo da área de trabalho. Foi necessário realizar a drenagem daquelas areias, através da abertura de valas.





# Faseamento construtivo



## Legenda:

- Construção dos cais (W)
- Aterro de pré-carga
- Construção de infraestruturas terrestres (L)
- Reforço de solos com inclusões rígidas
- Reforço de solos com inclusões rígidas (contingência)



# Trabalhos preparatórios





# Trabalhos preparatórios





# Trabalhos preparatórios





# Trabalhos preparatórios





# Trabalhos preparatórios





# Trabalhos preparatórios





# Trabalhos preparatórios





# Trabalhos preparatórios





# Aterro de pré-carga – sequência de carregamento

- 5 meses de pré-carga aplicada
- Muros de suporte para maximização da área de implantação da sobregarga.
- Monitorização semanal para avaliação da estabilidade e da evolução dos assentamentos.
- Assentamentos estimados em projecto entre 0.9m e 1.8m foram comparados com medições de campo.
- Deslocação da sobrecarga mediante avaliação dos resultados da monitorização.
- Após a remoção do aterro, foram realizados ensaios CPT e ensaios de corte in-situ (vane test), confirmando que as hipóteses de projecto foram razoáveis, não conservativas, demonstrando um aumento da coesão não drenada inicial de 2 a 3 vezes.





# Aterro de pré-carga – Construção (Fase 1)



Início dos trabalhos na zona norte  
do cais (*Installation Berth*)

Início da sobrecarga  
na zona sul (*L1*)

Dezembro 2022





# Aterro de pré-carga – Construção (Fase 2)

Junho 2023



Deslocação da sobrecarga  
para a zona norte

Construção do cais no  
sentido mar-terra e norte-sul





# Aterro de pré-carga – Construção (Fase 3)



Deslocação do aterro de pré-carga do Lote A para o Lote C1

Cais de instalação próximo da sua conclusão (Plataforma parcialmente concluída)

Cravação das estacas no cais de descarga

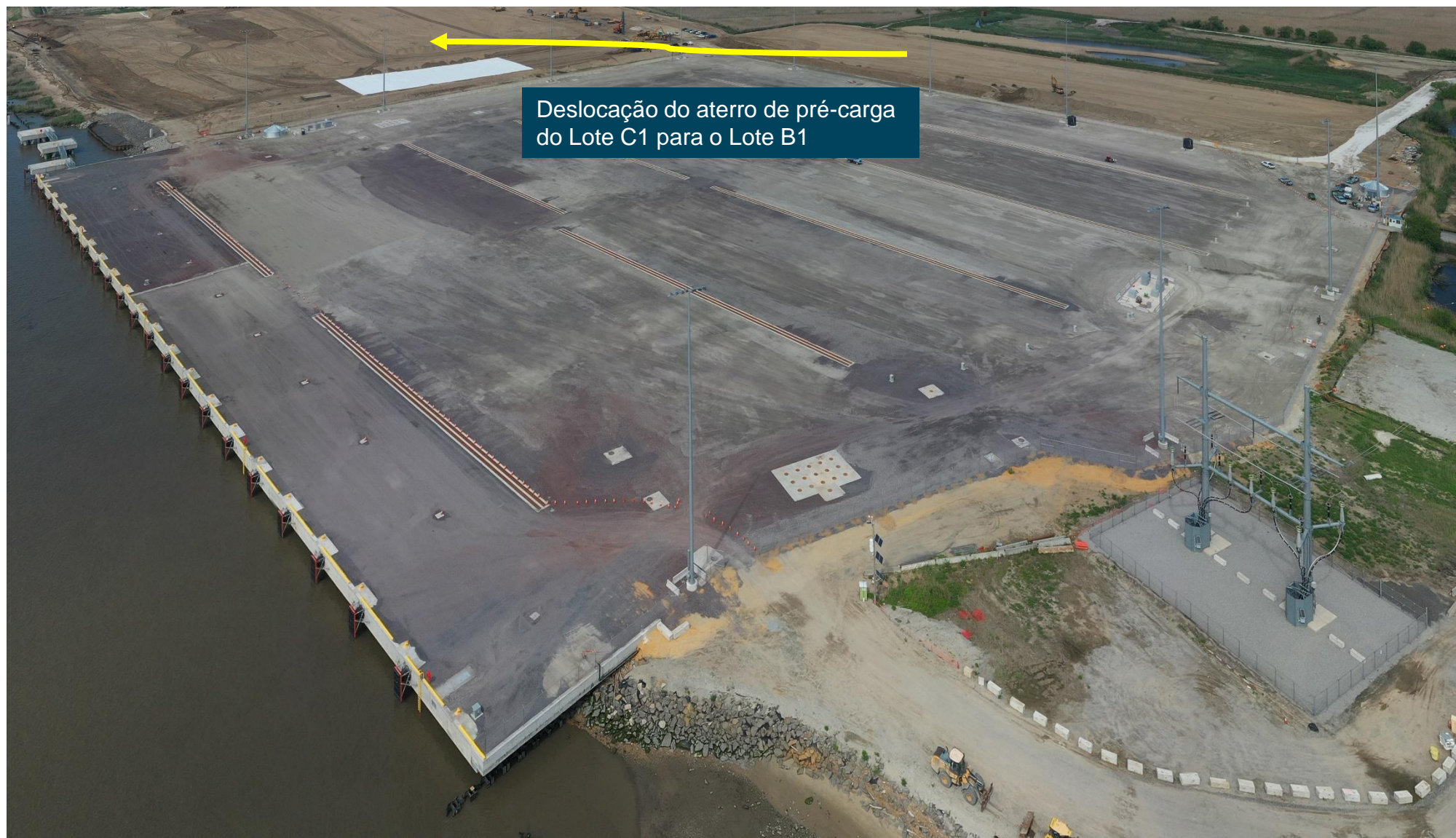
Agosto 2023





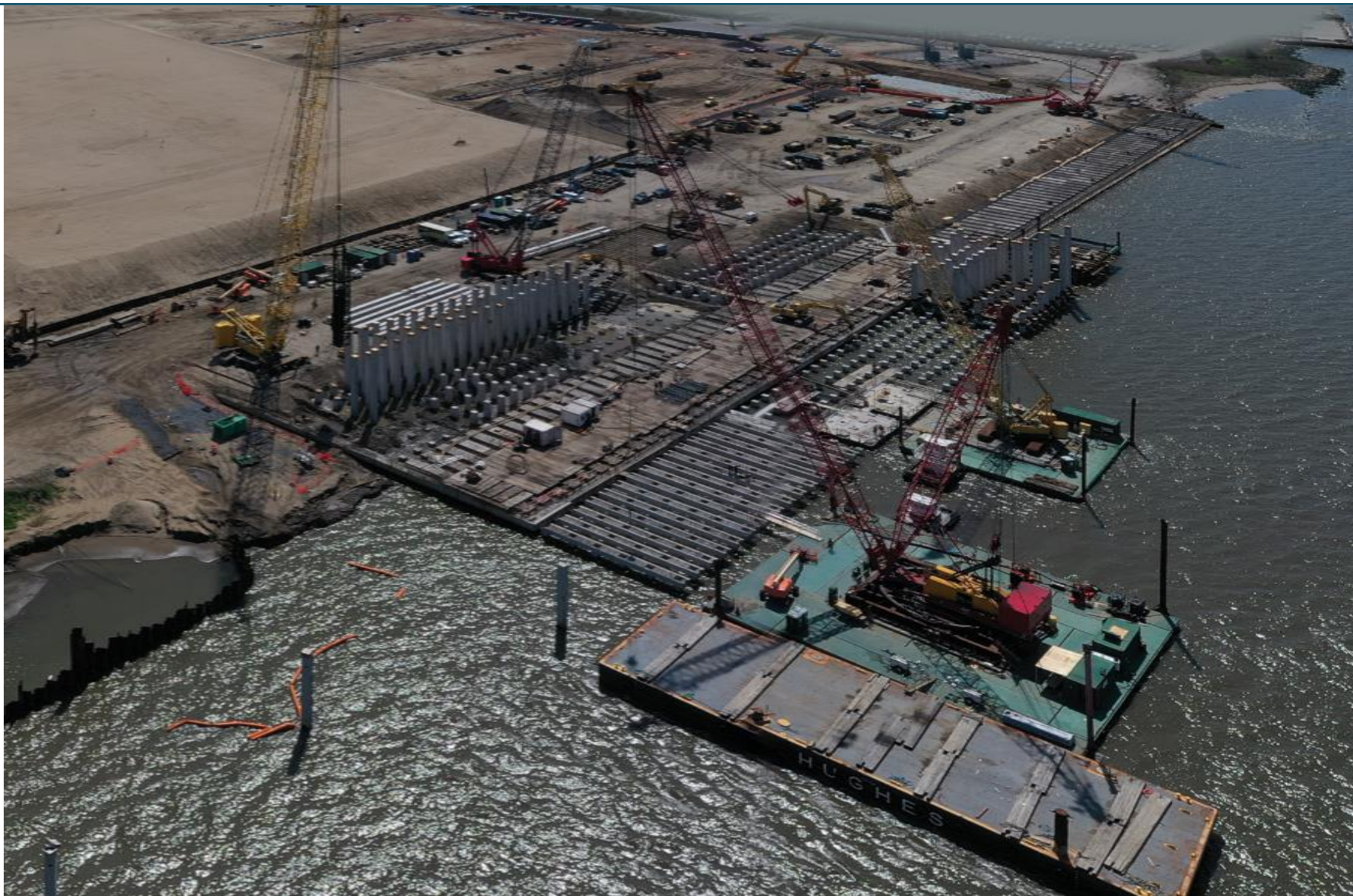
# Aterro de pré-carga – Construção (Conclusão)

Maio 2024





# Construção do Cais





# Construção do Cais





# Construção do Cais





# Construção do Cais





# SEMINÁRIO Geotecnia em Obras Marítimas – Aprender com a Experiência

Auditório Infante D. Henrique (APDL - Porto de Leixões)

02-03 DEZEMBRO 2024



**Obrigada**



moffatt & nichol