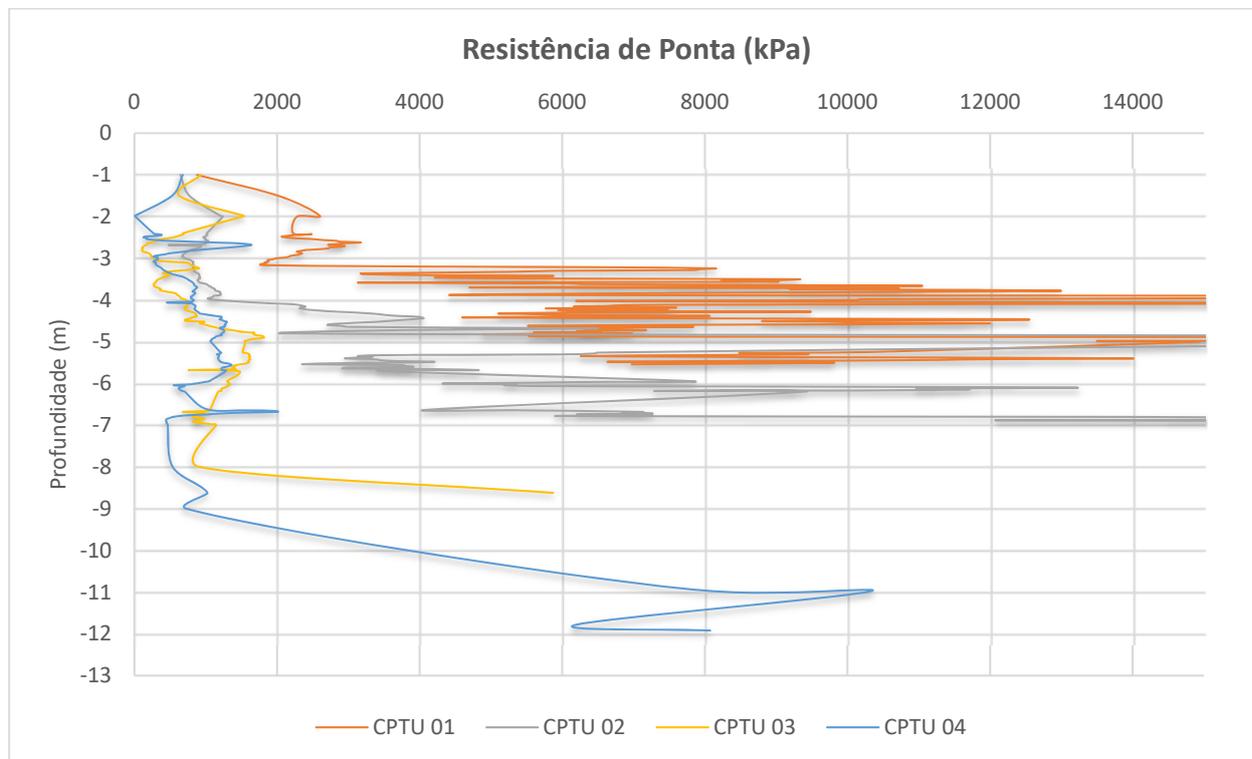


consideravelmente. Já o Furo 03 ocorre profundidade de baixa renitência até 8,5 metros. No Furo 04 podemos observar baixas resistências até 9 metros de profundidades.

Figura 14 - Resistência de Ponta

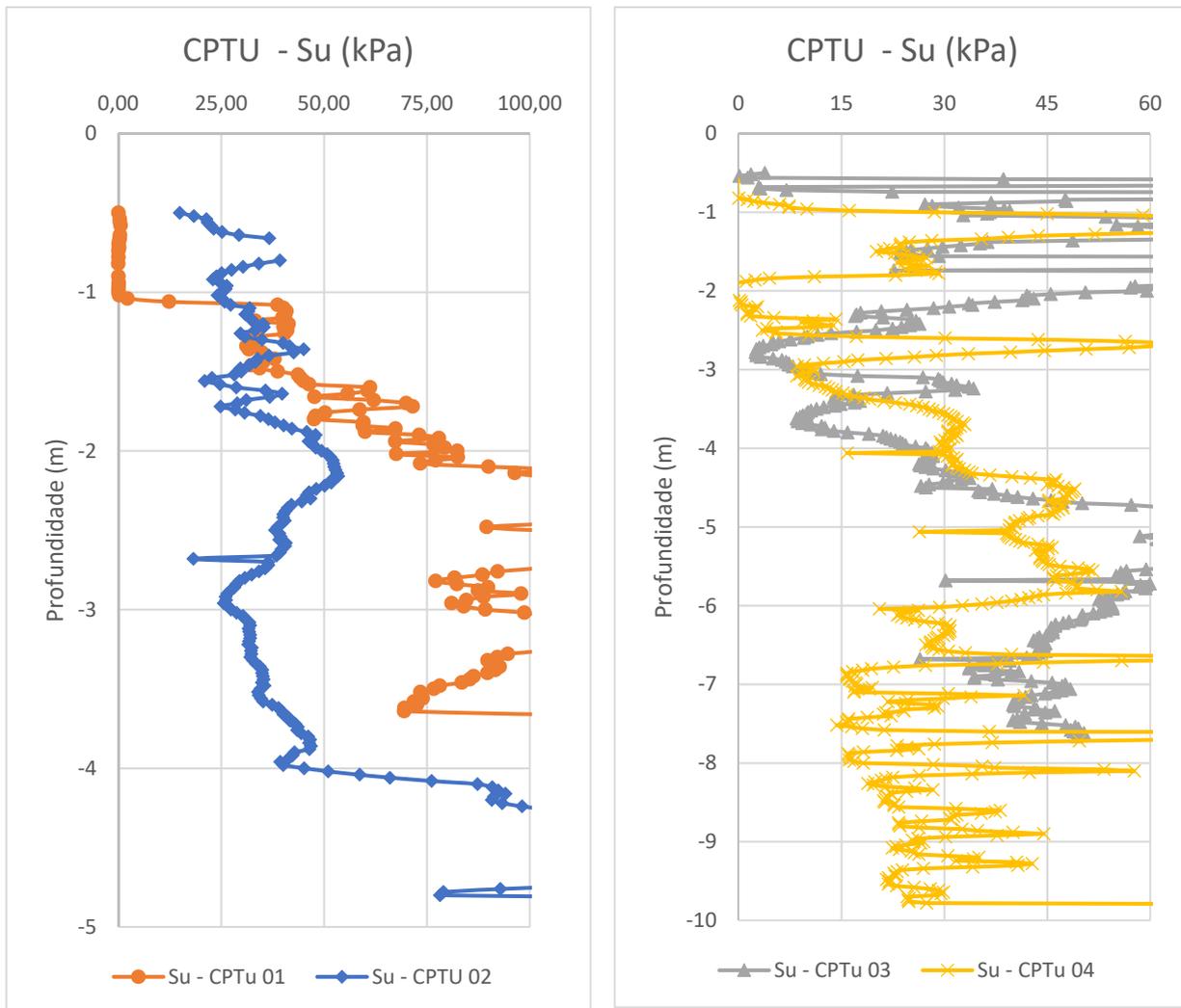


Fonte: Consultora (2019)

No que diz respeito a resistência não drenada, Figura 15, encontrada nos ensaios CPTU podemos observar que no Furo 01 os valores se encontram na ordem de 30 kPa até a profundidades de 1,5 metros aproximadamente. Após os valores se elevam para valores superiores de 50 kPa. Já o Furo 02 podemos encontrar valores de 30 kPa até profundidade de 4,00 metros. Após os valores se elevam consideravelmente. Para o Furo 03 é possível verificar alta resistência nos primeiros 2 metros, após a resistência não drenada diminui para valores próximos a 15 kPa e depois mantém uma tendência de alta. Por fim o Furo 04 demonstra uma variação significativa ao longo da profundidade, contudo sempre valores de baixa resistência, com variação de 5 kPa até valores de 45 kPa. Tais valores serão confrontados com os ensaios de adensamento.

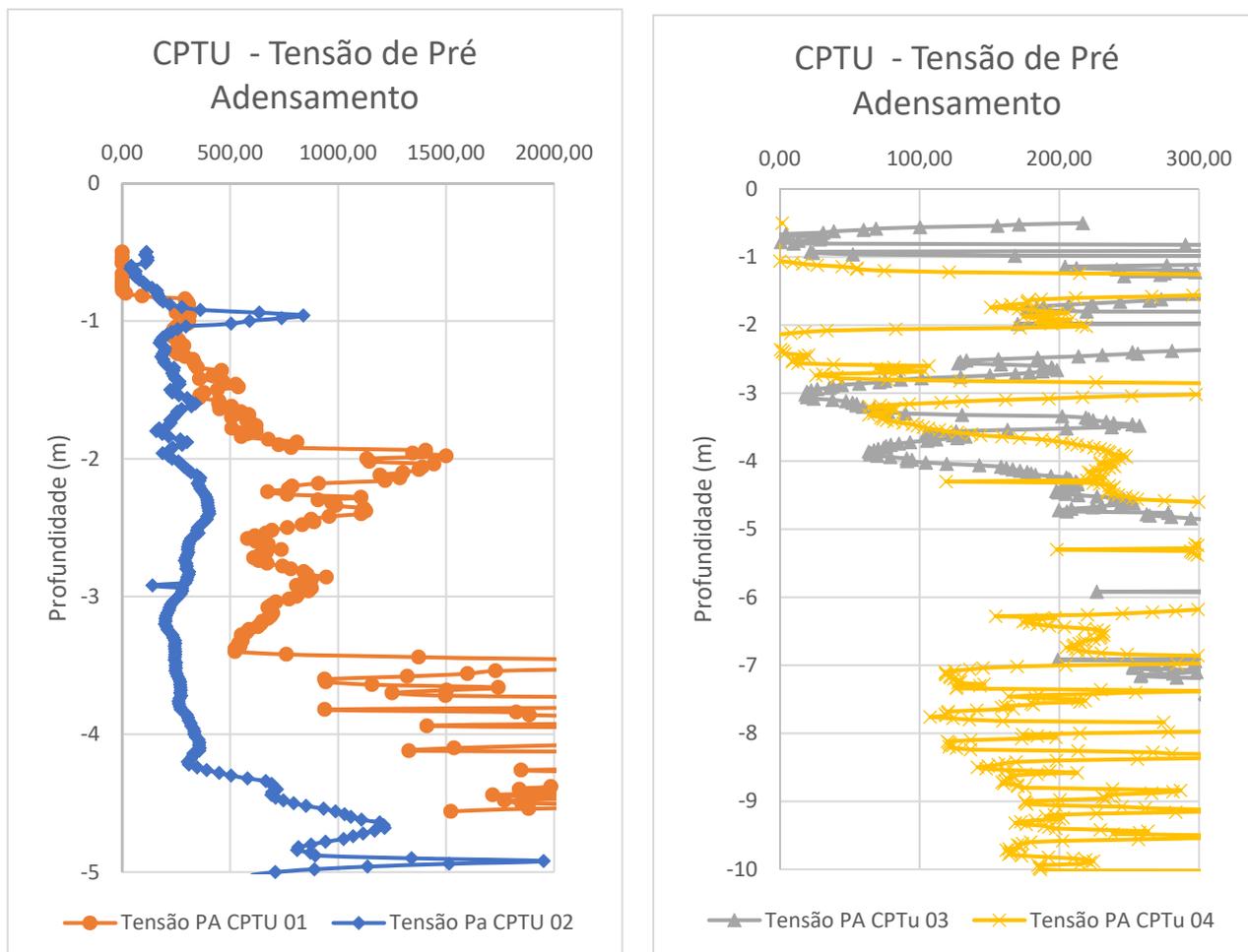
Quanto aos valores de tensões de pré-adensamento (Figura 16)), os valores encontrados quatro furos são de elevada grandeza, o que denota região de solos pré adensados quando comparados com as tensões efetivas medidas pelo ensaio CPTu.

Figura 15 – Gráfico de Resistência Não Drenada por meio dos ensaios de CPTu



Fonte: Consultora (2019)

Figura 16 – Gráfico de tensão de pré - adensamento dos ensaios de CPTu



Fonte: Consultora (2019)

5.2.2.3 Dissipação no CPTu

Os valores do coeficiente de adensamento horizontal (C_h) e do C_v (coeficiente de adensamento vertical do solo) utilizado no cálculo do tempo de recalque estão apresentados nos itens a seguir.

5.2.3 Ensaio Vane Test

O Ensaio Vane Test ou ensaio de Palheta tem procedimento normatizado segundo a MB-3122/1989 – Solo – Ensaio de palheta in situ. O equipamento utilizado na presente ocasião enquadra-se na tipologia B da norma, ou seja, para a realização do ensaio é necessária perfuração prévia até 50 cm antes da posição de cravação da palheta.

O ensaio consiste basicamente em obter a resistência não drenada do solo (S_u) a partir do cisalhamento do solo provocado por um torque aplicado a uma palheta de dimensões específicas. Torque e ângulo de rotação são medidos segundo procedimento

normativo. Os valores das resistências não drenadas através do ensaio de Vane estão resumidos no Quadro 4, enquanto os resultados de cada ensaio realizado estão apresentados na sequência. Através de correção, o Ensaio Vane test também permite a estimativa do valor de OCR (Over Consolidation Ration) ou Razão de Sobre Adensamento. O OCR é um parâmetro específico dos materiais ditos de comportamento argiloso que avalia o histórico de tensões e também indica o quanto pré-adensado está aquele solo.

Cabe observar que a resistência amolgada apresentou valores inconsistentes, não sendo coerente a avaliação de sensibilidade das argilas.

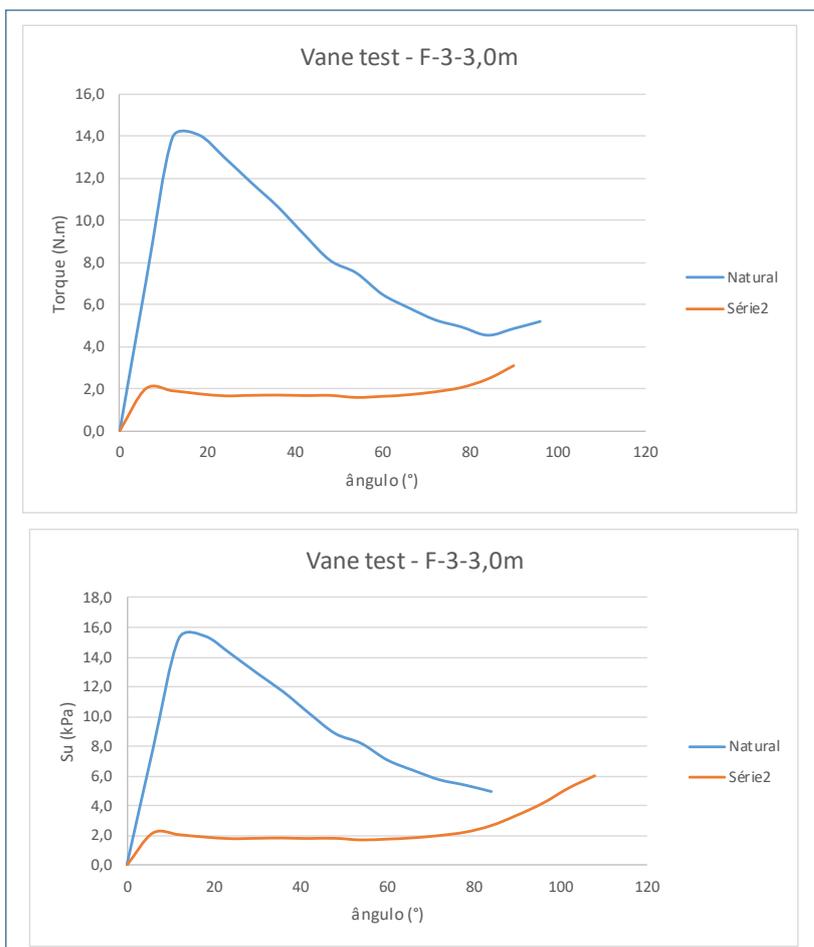
Quadro 4 - Resumo dos valores de resistência não drenada (Su)

Posição	Prof. (m)	Su (pico) (kPa)	Su (corrigido) (kPa)	Su (amol.) (kPa)	IP (%)	OCR (vane)
C03	3,00	15,4	14	7,9	16	2,1
C03	6,00	31,8	29	2,1	22	2,9
C04	4,00	16,3	15	10,6	18	3,8

Fonte: Consultora (2019)

Figura 17 – Resultado do Furo C03 profundidade 3,0 m profundidade

C-03-3,0m	
Su=μ.Su(palheta)	
μ=	0,9
Su (natural)=	13,9
Su (amolgado)=	7,9
St=	6,0
Sensitiva	
IP=	16,0 %
α=	5,8
σ'v0=	27,8 kPa
NA=	0,6 m
OCR=	2,1
t'v0=	37,6 kPa
ko=	0,5
NATURAL	
L máx =	1102,439
torque máx (N.m)=	14,05
Su = 0,86 (T / pi D^3)	
D =	0,06295 m
Su =	15,4 kPa
AMOLGADO	
L máx =	565,439
torque máx (N.m)=	7,21
Su = 0,86 (T / pi D^3)	
D =	0,06295 m
su =	7,9 kPa



Fonte: Consultora (2019)

Figura 18 – Resultado do Furo C03 profundidade 6,0 m profundidade

C-3-6,0m	
Su=μ.Su(palheta)	
μ=	0,9
Su (natural)=	28,6
Su (amolgado)=	2,1
St=	26,5 Quick Clay

IP=	22,8 %
α=	5,0
NA=	0,6 m
σ'v0=	43,0 kPa
OCR=	2,9
τ'v0=	49,8 kPa
ko=	0,4

NATURAL

L máx = 2272,75
torque máx (N.m)= 28,96

$Su = 0,86 (T / \pi D^3)$
D = 0,06295 m

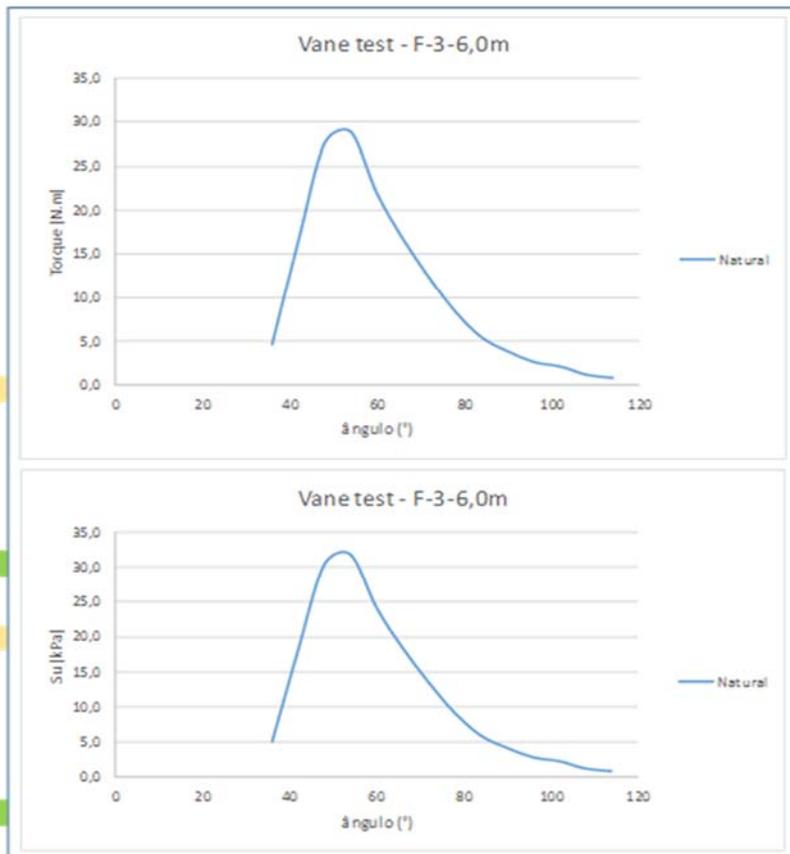
Su = 31,8 kPa

AMOLGADO

L máx = 153
torque máx (N.m)= 1,95

$Su = 0,86 (T / \pi D^3)$
D = 0,06295 m

su = 2,1 kPa



Fonte: Consultora (2019)

Figura 19 – Resultado do Furo C04 profundidade 4,0 m profundidade

C-04-4,0m	
Su=μ.Su(palheta)	
μ=	0,9
Su (natural)=	14,7
Su (amolgado)=	10,6
St=	4,1 Sensitiva

IP=	18,0 %
α=	5,5
NA=	0,6 m
σ'v0=	16,4 kPa
OCR=	3,8
τ'v0=	21,0 kPa
ko=	0,4

NATURAL

L máx = 1164,67
torque máx (N.m)= 14,84

$Su = 0,86 (T / \pi D^3)$
D = 0,06295 m

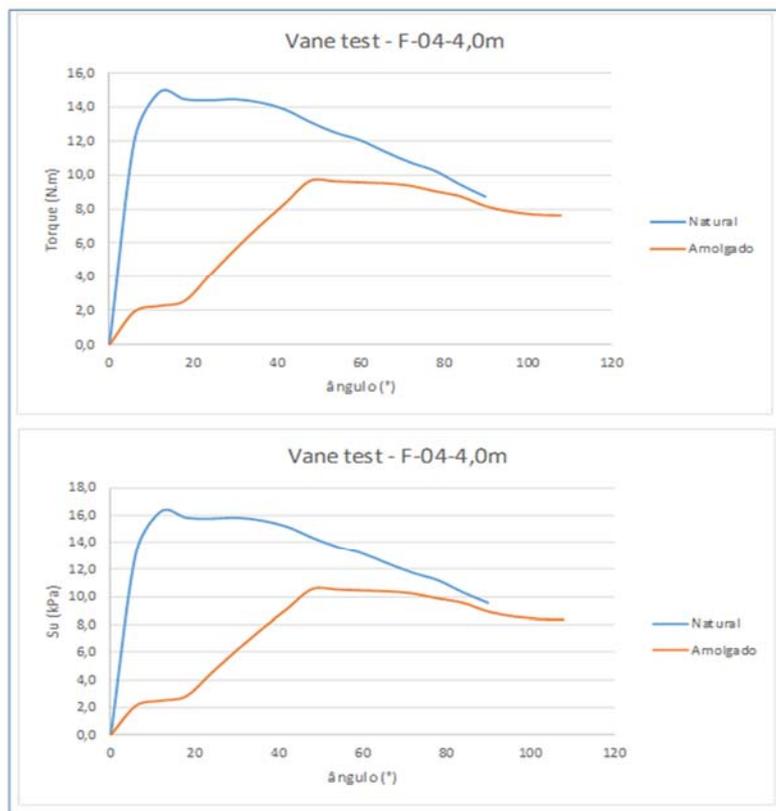
Su = 16,3 kPa

AMOLGADO

L máx = 757
torque máx (N.m)= 9,65

$Su = 0,86 (T / \pi D^3)$
D = 0,06295 m

su = 10,6 kPa



Fonte: Consultora (2019)

Foto 3- Vista do Furo C03 no momento da execução do ensaio



Foto 4 - Vista do Furo C03 no momento da execução do ensaio



Foto 5 - Vista do Furo C04 no momento da execução do ensaio



Foto 6 - Vista do Furo C04 no momento da execução do ensaio



5.2.4 Ensaio de Adensamento

A amostra indeformada coletada em campo foi levada para o laboratório de Mecânica dos Solos da PUCRS. A amostra, foi cortada em três partes, sendo utilizado apenas o terço central para o referido ensaio com a intenção de preservar ao máximo as condições naturais e extrair um corpo de prova representativo.

O procedimento do ensaio seguiu basicamente as orientações da antiga NBR 12007 MB 3336 e a ASTM D2435M-11 no que tange aos procedimentos. Os resultados constam no Relatório dos Ensaio Geotécnicos na Atualização de Projetos das Estruturas do Pôlder Mato Grande, configurado como a segunda entrega.

Foto 7 - Vista da Coleta Shelby C03 no momento da execução do ensaio



Foto 8 - Vista do amostrador Shelby furo C03 no momento da execução do ensaio



Foto 9 - Vista do amostrador Shelby furo C04 no momento da execução do ensaio



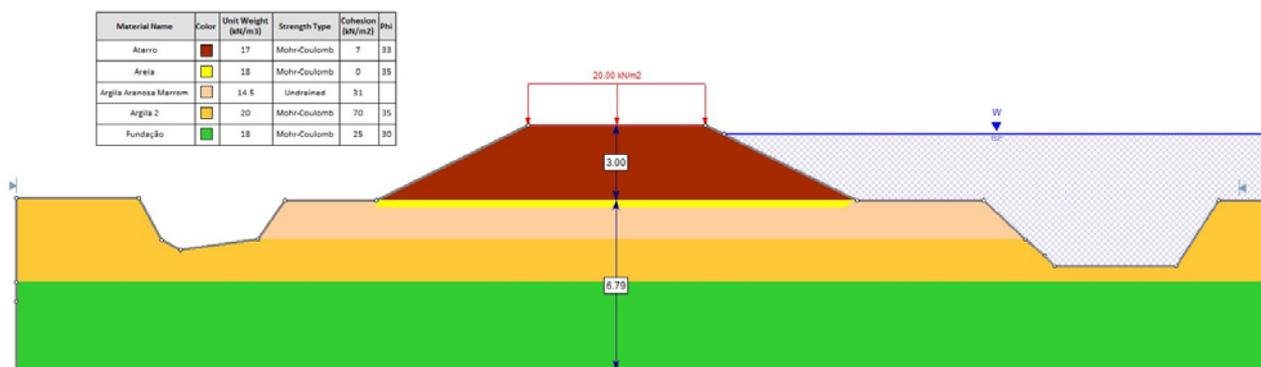
Foto 10 - Vista do furo de coleta do C04 no momento da execução do ensaio



5.3 DEFINIÇÃO DO PERFIL GEOTÉCNICO

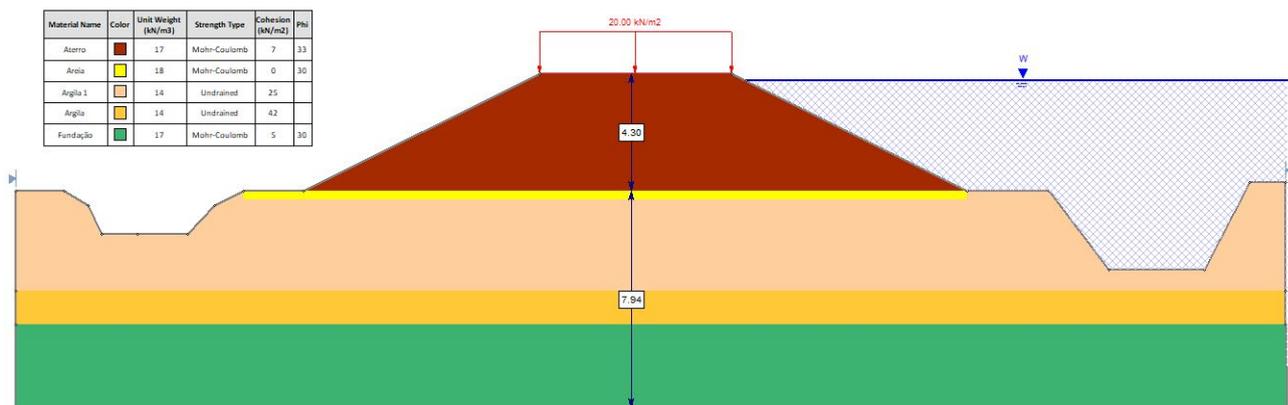
Conforme os resultados de ensaios realizados, pode-se segmentar o trecho do dique em 3 setores para fins de análise geotécnica. O primeiro setor compreende da estaca 0+0+240. O segundo setor vai da estaca 0+240 até 0+900. Já o setor 3 inicia-se na estaca 0+900 e percorre até à estaca final 2+350.

Figura 20 - Características do subleito e aterro projetado do setor 01:



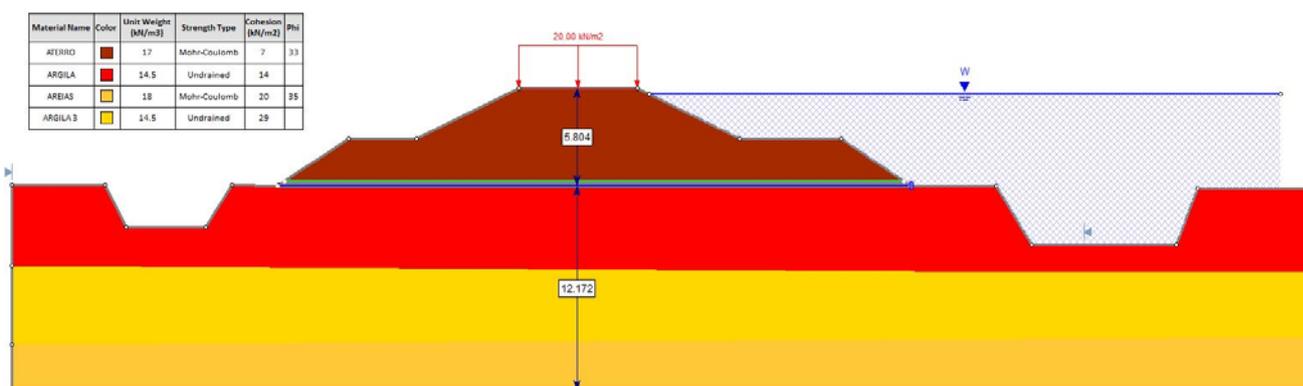
Fonte: Consultora (2019)

Figura 21 - Características do subleito e aterro projetado do setor 02:



Fonte: Consultora (2019)

Figura 22 - Características do subleito e aterro projetado do setor 03:



Fonte: Consultora (2019)

5.4 ESTUDO DE ADENSAMENTO DA CAMADA DE SOLO MOLE

5.4.1 Cálculo da magnitude dos recalques

De acordo com as investigações geotécnicas realizadas, verificou-se que o nível das tensões efetivas atuantes no terreno de fundação encontrava-se abaixo da tensão de pré-adensamento. Desta maneira, os solos da região foram considerados como pré-adensados. Esta é uma informação extremamente importante, tendo em vista que enquanto o acréscimo de tensão efetiva não superar a tensão de pré-adensamento, os recalques serão ínfimos, porém ao superar, aos recalques terão magnitudes expressivas.

No setor 1 (0+0+240) verificou-se que as tensões de pré-adensamento são muito superiores a tensão efetiva, da mesma forma os valores de OCR. Assim quando comparados com os dados de SPT's pode-se concluir que nesta região não haverá recalques significativos.

Para o setor 2 (0+240+0+900) existe uma variação significativa ao longo da camada da tensão de pré-adensamento, sendo os menores valores na ordem de 100 kPa, passando por camadas intermediárias de 200 kPa até atingir valores de 800 kPa.

No setore 3 (0+900 + fim do trecho) os valores de pré-adensamento são menores que os encontrados nos demais segmentos, sendo na ordem de 50 kPa até valores de 200 kPa nas camadas de argilas de maior profundidade. Assim estes setores foram divididos em duas camadas para estimativa dos recalques. Tais informações foram extraídos dos ensaios de CPTu e corroborado com ensaios de adensamento.

A estimativa dos recalques primários a longo prazo foi realizada por meio da Equação 5, onde os recalques são determinados em função dos seguintes parâmetros: altura inicial do solo compressível (H_0); índice de vazios inicial (e_0); coeficiente de recompressão (C_r); coeficiente de compressão (C_c); tensão efetiva de pré-adensamento (σ'_{vm}); tensão vertical efetiva inicial no ponto médio da camada compressível (σ'_v); tensão efetiva final no ponto médio da camada de solo compressível a longo prazo, após o carregamento (σ'_{vf}).

$$\rho = \frac{H_0}{(1 + e_0)} \left[C_r \cdot \log \left(\frac{\sigma'_{vm}}{\sigma'_v} \right) + C_c \cdot \log \left(\frac{\sigma'_{vf}}{\sigma'_{vm}} \right) \right] \quad \text{Equação 5}$$

Desta forma os parâmetros utilizados para cada setor para estimativa dos recalques estão expressos a seguir:

Quadro 5 - Parâmetros utilizados

Parâmetros	Setor 2	Setores 3	
		Camada 1	Camada 2
H (m)	5	5	4,5
σ'_m (kPa)	50	50	70
σ_{v0} (kPa)	30	21	53
σ_{vf} (kPa)	103	119	152
e_0	1,23	1,19	1,05
C_c	0,213	0,237	0,349
C_r	0,0125	0,0650	0,0181

Fonte: Consultora (2019)

Considerando que o projeto do dique leva em conta que o topo do mesmo deve estar sempre na mesma elevação (7 metros para o projeto do dique Araçá) deve-se aumentar a altura do dique prevendo que após o final do adensamento da camada de argila mole o topo do dique esteja na cota de projeto. Porém, o aumento na altura do dique acarreta o aumento de carga atuante sobre a camada e por consequência um