



CONTRATO 174/2015
AS N°042/2019

**MUNICÍPIO DE VILA PAVÃO
DISTRITO SEDE**

**MELHORIA NO SAA DE VILA PAVÃO
RELOCAÇÃO DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA
DA SEDE**

VOLUME V – PROJETO ESTRUTURAL

TOMO A – MEMORIAL DE CÁLCULO

C-017-000-10-4-MC-0001

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do contrato nº 174/2015, celebrado entre a **GANEM Engenharia EPP Ltda** e a **Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN)**.

Este contrato visa atender as demandas de análise operacional e projetos da **Gerência do Interior (O-GIN)**, da **Diretoria Operacional (D-OP)**, e está sendo acompanhado pela **Divisão de Projetos Operacionais (E-DPO)**, da **Gerência de Projetos (E-GPJ)**, da **Diretoria de Engenharia e Meio Ambiente (D-EM)**.

Quanto a operação do sistema a Gerência do Interior está dividida em quatro divisões, nomeadamente a **Divisão de Operação e Manutenção Noroeste (O-DNO)**, **Divisão de Operação e Manutenção Centro Norte (O-DCN)**, **Divisão de Operação e Manutenção Serrana (O-DSE)**, e **Divisão de Operação e Manutenção Sul (O-DSU)**. As divisões encontram-se ainda subdivididas em 9 polos de operação, conforme segue: Divisão Noroeste (Polo Barra de São Francisco e Polo São Gabriel da Palha); Divisão Centro Norte (Polo Nova Venécia, Polo Montanha e Polo Conceição da Barra); Divisão Serrana (Polo Santa Teresa e Polo Venda Nova do Imigrante); e Divisão Sul (Polo Muqui e Polo Castelo).

A **GANEM Engenharia EPP Ltda.** apresenta a seguir o memorial de cálculo do projeto estrutural para a relocação da captação de água bruta da sede do município de Vila Pavão. A captação projetada neste trabalho tem um cunho emergencial, tendo em vista a urgência por parte da CESAN da sua instalação. Este projeto visa melhorar o sistema de abastecimento de água do distrito sede do município de Vila Pavão / ES, com a relocação da nova captação de água bruta.

O projeto completo da melhoria do SAA de Vila Pavão com a elaboração da relocação da atual captação de água bruta está apresentado conforme descrito abaixo:

- Volume I – Estudo de Concepção: Relatório Técnico (C-017-000-00-5-ES-0001).
- Volume II – Topografia:
 - Tomo A: Caderneta Topográfica (C-017-000-10-1-CT-0001);
 - Tomo B: Desenhos.
- Volume III – Sondagem: Relatório Técnico (C-017-000-10-3-SD-0001).
- Volume IV – Projeto Hidráulico:
 - Tomo A: Memorial Descritivo e de Cálculo (C-017-000-10-5-MD-0001);
 - Tomo B: Desenhos.

- Volume V – Projeto Estrutural:
 - Tomo A: Memorial de Cálculo (C-017-000-10-4-MC-0001);
 - Tomo B: Desenhos.
- Volume VI – Projeto Elétrico:
 - Tomo A: Memorial de Cálculo (C-017-000-10-6-MC-0001);
 - Tomo B: Desenhos.
- Volume VII – Orçamento (C-017-000-10-0-OR-0001):
 - Planilha Orçamentária (C-017-000-10-0-PL-0001).

Seguem listados abaixo os desenhos produzidos neste projeto estrutural e apresentado no Tomo B desse volume

Número da CESAN		Referência do Desenho
01	C-017-000-10-4-XX-0001	EEAB – Fundação – Forma e armação
02	C-017-000-10-4-XX-0002	EEAB – Plantas e cortes – Forma / Escada – Armação
03	C-017-000-10-4-XX-0003	EEAB – Lajes, pilares e bases – Armação
04	C-017-000-10-4-XX-0004	EEAB – Vigas e tomada de água – Forma e armação
05	C-017-000-10-4-XX-0005	EEAB – Caixa de válvula – Forma e armação

.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES.....	IV
ÍNDICE DE TABELAS	V
1. ESPECIFICAÇÕES GERAIS	7
1.1. Objetivo	7
1.2. Documentos de referência.....	7
1.2.1. Captação de água bruta	7
1.3. Normas técnicas	7
1.4. Estruturas de concreto integrantes do projeto.....	7
2. CONSIDERAÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO	8
2.1. Critério de projeto	8
2.2. Dados gerais	8
2.2.1. Concreto	8
2.3. Parâmetros geotécnicos	8
2.4. Cargas.....	9
2.4.1. Cargas permanentes	9
2.4.2. Cargas acidentais	9
2.4.3. Peso específico	9
2.4.4. Carregamento nas lajes de fundo	9
2.4.5. Carregamento nas paredes lado interno	9
2.4.6. Carregamento nas paredes lado externo	9
2.5. Combinações.....	10
2.6. Software utilizados.....	11
3. DIMENSIONAMENTO – EEAB	12
3.1. Modelagem estrutural	12
3.2. Resultados da análise estrutural.....	14
3.3. Armação das lajes	24
3.4. Fundações.....	29
3.5. Verificação do anel de concreto.....	31
ANEXO 01 – BOLETINS DE SONDAGEM.....	34

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelo estrutural 3D – Vista 1.	12
Figura 2 – Modelo estrutural 3D – Vista 2.	13
Figura 3 - Numeração das barras.	15
Figura 4 - Momento na direção X na laje de piso.	25
Figura 5 - Momento na direção Y na laje de piso.	25
Figura 6 - Locação e identificação das estacas.	29
Figura 7 - Especificações perfis metálicos para estacas.	30
Figura 8 - Esforços de compressão nos anéis de concreto.	31

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros geotécnicos para cada unidade.....	9
Tabela 2 – Coeficientes.....	11
Tabela 3 – Status de utilização.	16
Tabela 4 - Esforços nas vigas e pilares.....	22
Tabela 5 – Quadro de cargas.....	30
Tabela 6 - Element Forces - Area Shells.....	32

MEMORIAL DE CÁLCULO

1. ESPECIFICAÇÕES GERAIS

1.1. Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a memória de cálculo do projeto estrutural para melhoria do SAA de Vila Pavão – Relocação da captação de água da sede, localizado no município de Vila Pavão / ES.

1.2. Documentos de referência

1.2.1. Captação de água bruta

- C-017-000-10-5-XX-0004 a C-017-000-10-5-XX-0007.

1.3. Normas técnicas

- NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas;
- NBR 6122 – Projeto e execução de fundações;
- NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações;
- NBR 7191 – Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado;
- NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;
- NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento.

1.4. Estruturas de concreto integrantes do projeto

- EEAB.

2. CONSIDERAÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO

2.1. Critério de projeto

O dimensionamento das peças estruturais será feito seguindo as recomendações das normas da ABNT. Foram considerados os estados limites últimos (ELU) e os estados limites de serviço (ELS). O modelo estrutural trata-se de caixas prismáticas aérea, enterradas e/ou semienterradas, com ou sem tampa sendo que serão considerados os esforços devido ao peso próprio, sobrecarga e empuxo interno de água, empuxo externo do solo nas paredes enterradas ou semienterradas.

2.2. Dados gerais

2.2.1. Concreto

- Classe de agressividade = III (forte)
- Abertura máxima das fissuras = 0.3 mm
- Dimensões do agregado = 19 mm
- $f_{ck} = 30$ MPa
- Cobrimento de 4.0 cm
- Aço CA-50 e CA-60

2.3. Parâmetros geotécnicos

Para determinação dos parâmetros geotécnicos e tipo de fundações, foram realizadas campanhas de sondagem e apresentada no documento C-017-000-10-3-SD-0001. Conforme as locações dos furos de sondagem, foram determinados os parâmetros geotécnicos para cada estrutura. Os parâmetros calculados em função no número NSPT para cada local foram a tensão admissível e o coeficiente de recalque vertical, determinados pelas seguintes equações:

$$\sigma_{adm} = N_{SPT}/5 = \text{kgf/cm}^2 \text{ (Alonso 1989)}$$

Os parâmetros comuns adotados para todas as estruturas são peso específico ($\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$) e coeficiente de empuxo determinado pela equação abaixo, considerado o ângulo de atrito $\varphi = 30^\circ$:

$$K = tg^2(45^\circ - \varphi/2) = tg^2(45^\circ - 30^\circ/2) = 0,333$$

A tabela a seguir apresenta os demais parâmetros adotados no dimensionamento de cada estrutura:

Tabela 1 – Parâmetros geotécnicos para cada unidade.

Unidade	Nº SPT	NSPT	Tensão Admissível (kgf/cm²)	Coefficiente de Recalque Vertical (kN/m³)
EEAB	02	10	2,00	40.000,00

2.4. Cargas

2.4.1. Cargas permanentes

- Peso próprio gerado eletronicamente pelo programa.

2.4.2. Cargas acidentais

- Sobrecarga = 3.00 kN/m²;
- Sobrecarga de equipamentos sobre as lajes.

2.4.3. Peso específico

- Concreto = 25.00 kN/m³;
- Água = 10.00 kN/m³;
- Material de enchimento = 22.00 kN/m²;
- Demais itens conforme a NBR 6120.

2.4.4. Carregamento nas lajes de fundo

- Peso da água considerando o pior cenário com a estrutura 100 % cheia.

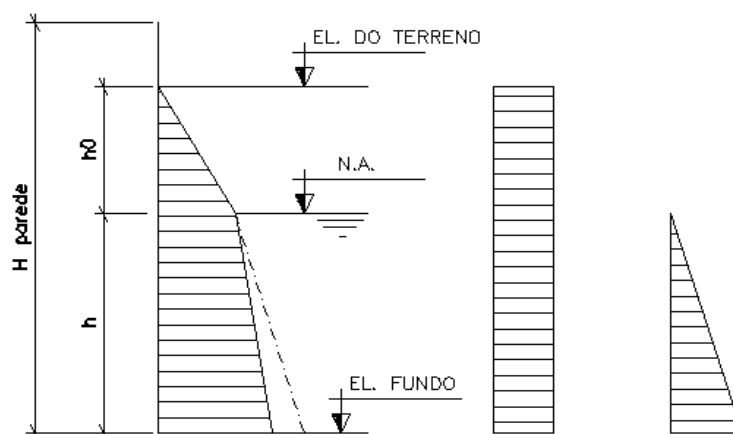
2.4.5. Carregamento nas paredes lado interno

- Considerando a caixa cheia de água temos:

$$P_{agua} = \gamma_{agua} \cdot h_{agua}$$

2.4.6. Carregamento nas paredes lado externo

- Para o trecho aéreo a carga externa será igual a 0;
- Para o trecho enterrado ou semienterrado temos:



A carga q para carga retangular será utilizada nas estruturas sobre efeito de tráfego de veículos, cujo valor será de 25.00 kN/m².

2.5. Combinações

Para o dimensionamento das estruturas foram considerados, de acordo com as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os estados limites de utilização (flechas, aberturas de fissuras) e o último (segurança), sempre considerando as questões relativas à durabilidade da estrutura.

As combinações de ações de ações usadas no cálculo foram de acordo com NBR 8691:2003.

Combinações últimas (ELU), que para o edifício em causa são consideradas Normais, “Esgotamento da capacidade resistente para elementos estruturais de concreto armado”, sendo o cálculo das solicitações:

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + \gamma_q \left[F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \Psi_{0j} F_{Qj,k} \right]$$

De acordo com a tabela 11.3 da NBR 6118:2014.

Os valores dos coeficientes de ponderação das ações (γ_f) no estado-limite último (ELU) foram os utilizados nas tabelas 11.1 e 11.2 da NBR 6118:2014.

Combinações de serviço (ELS):

Combinações quase permanentes (CQP):

$$F_d = \sum F_{gi,k} + \sum \psi_{2j} \cdot F_{gj,k}$$

Combinações frequentes (CF):

$$F_d = \sum F_{gi,k} + \psi_1 F_{q1k} + \sum \psi_2 F_{gj,k}$$

Combinações raras (CR):

$$F_d = \sum F_{gi,k} + F_{q1k} + \sum \psi_1 F_{gj,k}$$

De acordo com a tabela 11.4 da NBR 6118:2014.

Os valores dos coeficientes de ponderação das ações (γ_f) no estado-limite de serviço (ELS) foram os utilizados na tabela 11.2 da NBR 6118:2014.

A Tabela 2 apresenta os coeficientes parciais de segurança utilizados conforme tabela 1 da NBR 8681.

Tabela 2 – Coeficientes.

	Coeficientes parciais de segurança (γ)		Coeficientes de combinação (ψ)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (ψ_p)	Acompanhamento (ψ_a)
Permanente – CP	1,00	1,40	-	-
Sobrecarga – SC	0,00	1,40	1,00	0,80

2.6. Software utilizados

- Programa SAP 2000;
- CypeCAD;
- Planilhas do Excel.

3. DIMENSIONAMENTO – EEAB

3.1. Modelagem estrutural

A EEAB trata-se de uma estrutura composta de pilares, lajes de piso, vigas e cintas engastadas e espaçadas entre si conforme projeto. O dimensionamento das peças estruturais foi feito seguindo as recomendações das normas da ABNT. Foram considerados os estados limites últimos (ELU) e os estados limites de serviço (ELS).

A modelagem estrutural foi feita no software SAP-2000 (Figura 1 e Figura 2) considerando os parâmetros apresentados no item 2.

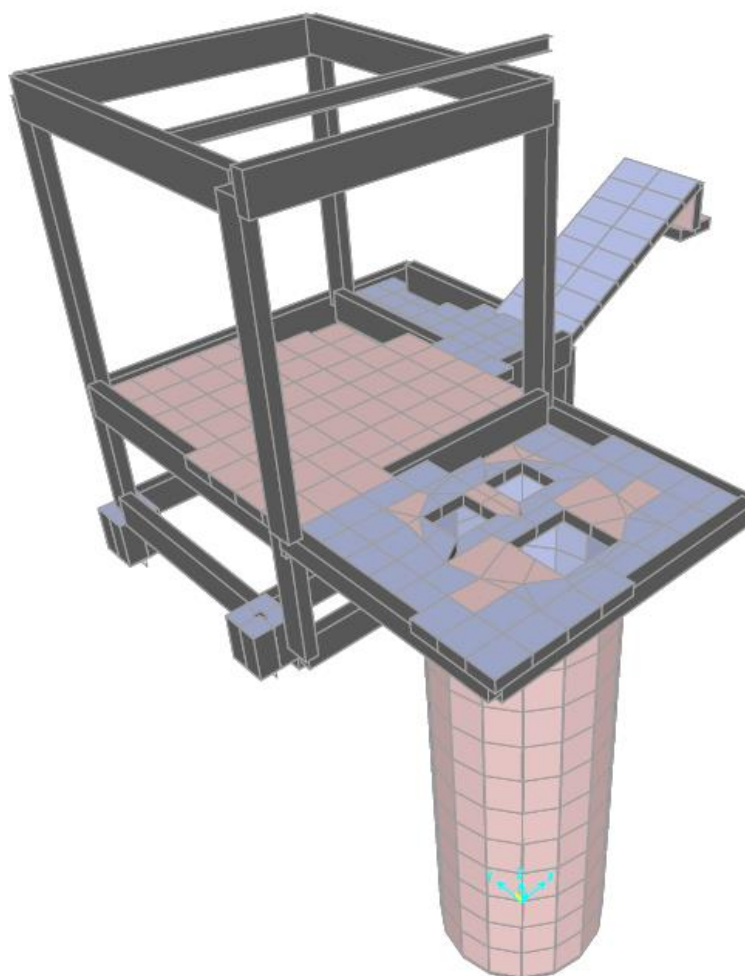


Figura 1 – Modelo estrutural 3D – Vista 1.

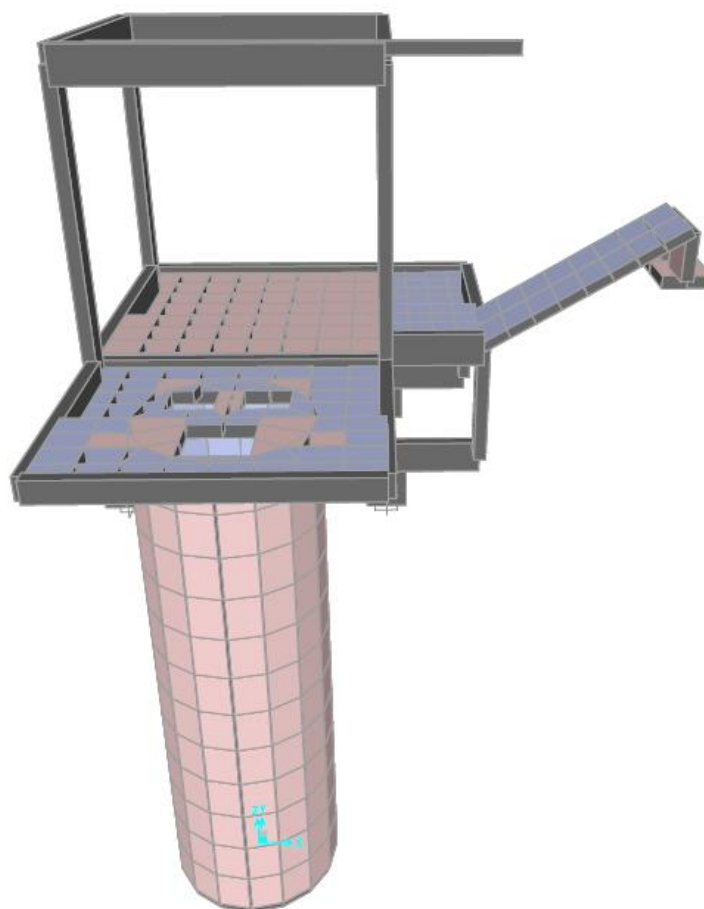


Figura 2 – Modelo estrutural 3D – Vista 2.

Devido às características geotécnicas, as fundações da casa de bombas serão do tipo indireta, em estacas metálicas. O poço de sucção será em anéis de concreto armado $\varnothing 200$ cm espessura de 6 cm e receberá a carga da laje de acesso. Os anéis de concreto serão apoiados diretamente na camada rochosa e terão também a função de fundações da laje de acesso.

Os carregamentos utilizados no dimensionamento foram:

Carga permanente alvenaria: $2,95 \times 0,15 \times 18 = 7,97 \text{ kN/m}$

Carga permanente cobertura telha de fibrocimento $0,40 \text{ kN/m}^2$

Sobrecarga laje de piso: $SC_{\text{piso}} = 3,00 \text{ kN/m}^2$

Sobrecarga monovia

- Cargas Permanentes (CP):
 - Peso próprio;
 - Alvenaria;

- Cobertura em telha de fibrocimento.
- Sobrecargas (SC):
 - Sobrecarga de laje de piso (SCP);
 - Sobrecarga monovia (SCM).

Combinação para dimensionamento:

Comb 1: $1,4CP + 1,4SC$

Comb 2: $1,4CP + 1,4SC + 1,4SCP$

Comb 3: $1,4CP + 1,4SC + 1,4SCP + 1,4SCM$

Conforme informado no item anterior, a análise estrutural foi feita utilizando o software SAP 2000.

3.2. Resultados da análise estrutural

Conforme informado no item anterior, a análise estrutural foi feita utilizando o software SAP 2000. A Figura 3 apresenta a numeração das barras (vigas e pilares) da modelagem estrutural no SAP. Esta numeração auxiliará na identificação nas tabelas de resultados.

Os resultados do dimensionamento eletrônico são apresentados na Tabela 3 e na Tabela 4. A Tabela 3 indica se a seção utilizada está aprovada ou não quanto à utilização. Já a Tabela 4 apresenta as reações máximas e mínimas em cada barra (pilar ou viga), sendo N esfoço axial, V esfoço cortante, T torção e M momento fletor.

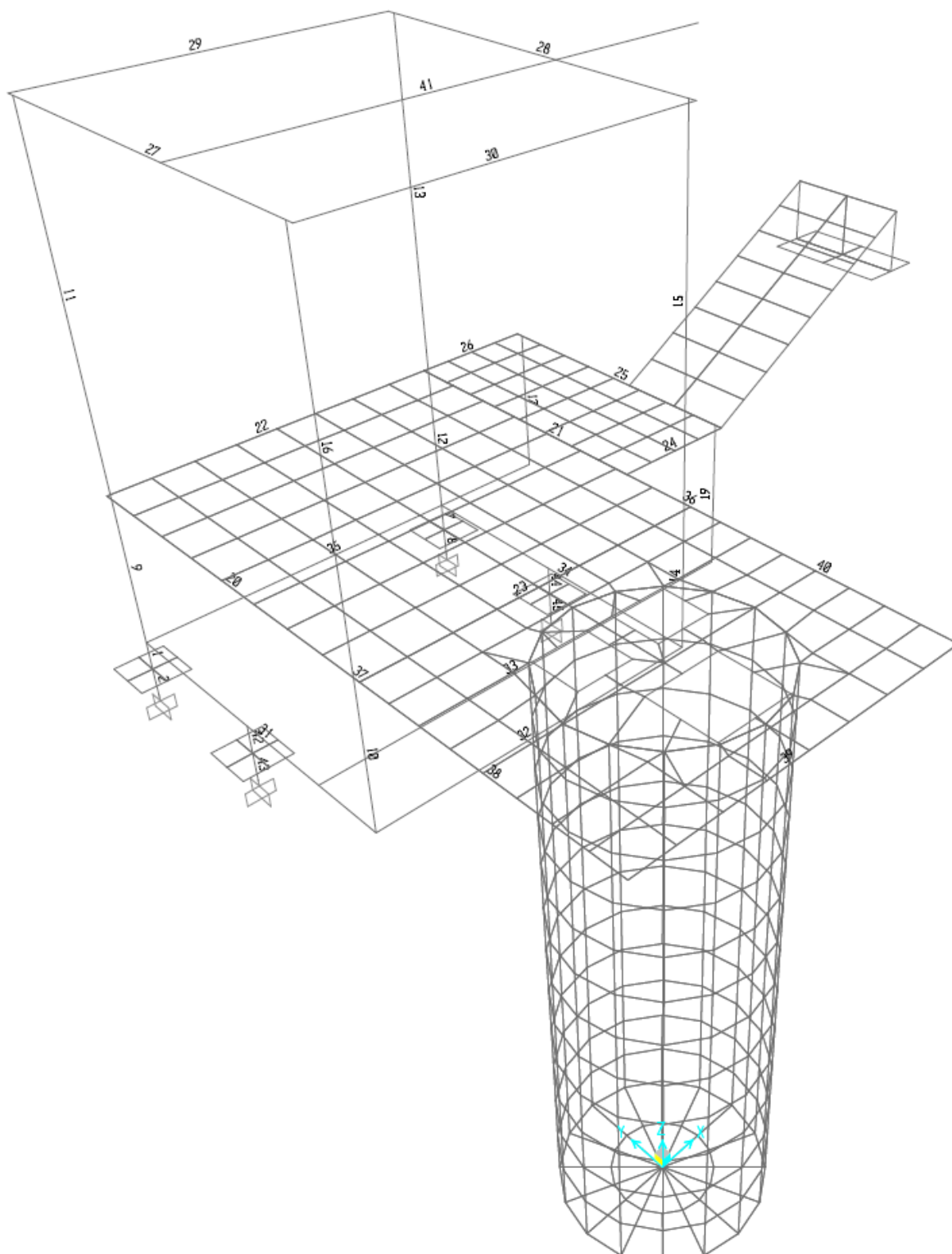


Figura 3 - Numeração das barras.

Tabela 3 – Status de utilização.

Barra	Estrutura	Tipo de Estruturas	Status	Locação	Combinação	Situação
1	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
1	P1530	Column	No Messages	0,75	ENVOLTORIA	PASSA
1	P1530	Column	No Messages	1,50	ENVOLTORIA	PASSA
2	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
2	P1530	Column	No Messages	0,75	ENVOLTORIA	PASSA
2	P1530	Column	No Messages	1,50	ENVOLTORIA	PASSA
3	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
3	P1530	Column	No Messages	0,75	ENVOLTORIA	PASSA
3	P1530	Column	No Messages	1,50	ENVOLTORIA	PASSA
4	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
4	P1530	Column	No Messages	0,75	ENVOLTORIA	PASSA
4	P1530	Column	No Messages	1,50	ENVOLTORIA	PASSA
5	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
5	P1530	Column	No Messages	0,75	ENVOLTORIA	PASSA
5	P1530	Column	No Messages	1,50	ENVOLTORIA	PASSA
6	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
6	P1530	Column	No Messages	0,75	ENVOLTORIA	PASSA
6	P1530	Column	No Messages	1,50	ENVOLTORIA	PASSA
7	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
7	P1530	Column	No Messages	1,68	ENVOLTORIA	PASSA
7	P1530	Column	No Messages	3,35	ENVOLTORIA	PASSA
8	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
8	P1530	Column	No Messages	0,48	ENVOLTORIA	PASSA
8	P1530	Column	No Messages	0,95	ENVOLTORIA	PASSA
9	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
9	P1530	Column	No Messages	1,68	ENVOLTORIA	PASSA
9	P1530	Column	No Messages	3,35	ENVOLTORIA	PASSA
10	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
10	P1530	Column	No Messages	0,75	ENVOLTORIA	PASSA
10	P1530	Column	No Messages	1,50	ENVOLTORIA	PASSA
11	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
11	P1530	Column	No Messages	0,48	ENVOLTORIA	PASSA
11	P1530	Column	No Messages	0,95	ENVOLTORIA	PASSA
12	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
12	P1530	Column	No Messages	1,68	ENVOLTORIA	PASSA
12	P1530	Column	No Messages	3,35	ENVOLTORIA	PASSA
13	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
13	P1530	Column	No Messages	0,75	ENVOLTORIA	PASSA
13	P1530	Column	No Messages	1,50	ENVOLTORIA	PASSA
14	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
14	P1530	Column	No Messages	0,48	ENVOLTORIA	PASSA

Barra	Estrutura	Tipo de Estruturas	Status	Locação	Combinação	Situação
14	P1530	Column	No Messages	0,95	ENVOLTORIA	PASSA
15	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
15	P1530	Column	No Messages	0,75	ENVOLTORIA	PASSA
15	P1530	Column	No Messages	1,50	ENVOLTORIA	PASSA
16	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
16	P1530	Column	No Messages	1,68	ENVOLTORIA	PASSA
16	P1530	Column	No Messages	3,35	ENVOLTORIA	PASSA
17	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
17	P1530	Column	No Messages	0,48	ENVOLTORIA	PASSA
17	P1530	Column	No Messages	0,95	ENVOLTORIA	PASSA
18	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
18	P1530	Column	No Messages	0,75	ENVOLTORIA	PASSA
18	P1530	Column	No Messages	1,50	ENVOLTORIA	PASSA
19	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
19	P1530	Column	No Messages	0,48	ENVOLTORIA	PASSA
19	P1530	Column	No Messages	0,95	ENVOLTORIA	PASSA
20	P1530	Column	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
20	P1530	Column	No Messages	0,75	ENVOLTORIA	PASSA
20	P1530	Column	No Messages	1,50	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	0,08	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	0,08	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	0,45	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	0,45	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	0,90	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	0,90	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	1,35	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	1,35	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	1,81	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	1,81	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	2,26	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	2,26	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	2,71	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	2,71	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	3,16	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	3,16	ENVOLTORIA	PASSA
21	V1540	Beam	No Messages	3,54	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	0,08	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	0,08	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	0,41	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	0,41	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	0,75	ENVOLTORIA	PASSA

Barra	Estrutura	Tipo de Estruturas	Status	Locação	Combinação	Situação
22	V1540	Beam	No Messages	0,75	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	1,09	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	1,09	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	1,43	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	1,43	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	1,77	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	1,77	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	2,11	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	2,11	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	2,45	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	2,45	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	2,72	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	2,72	ENVOLTORIA	PASSA
22	V1540	Beam	No Messages	2,79	ENVOLTORIA	PASSA
23	V1540	Beam	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
23	V1540	Beam	No Messages	0,42	ENVOLTORIA	PASSA
23	V1540	Beam	No Messages	0,42	ENVOLTORIA	PASSA
23	V1540	Beam	No Messages	0,84	ENVOLTORIA	PASSA
23	V1540	Beam	No Messages	0,84	ENVOLTORIA	PASSA
23	V1540	Beam	No Messages	1,26	ENVOLTORIA	PASSA
23	V1540	Beam	No Messages	1,26	ENVOLTORIA	PASSA
23	V1540	Beam	No Messages	1,68	ENVOLTORIA	PASSA
23	V1540	Beam	No Messages	1,68	ENVOLTORIA	PASSA
23	V1540	Beam	No Messages	2,10	ENVOLTORIA	PASSA
23	V1540	Beam	No Messages	2,10	ENVOLTORIA	PASSA
23	V1540	Beam	No Messages	2,52	ENVOLTORIA	PASSA
23	V1540	Beam	No Messages	2,52	ENVOLTORIA	PASSA
23	V1540	Beam	No Messages	2,94	ENVOLTORIA	PASSA
23	V1540	Beam	No Messages	2,94	ENVOLTORIA	PASSA
23	V1540	Beam	No Messages	3,36	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	0,08	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	0,08	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	0,34	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	0,34	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	0,68	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	0,68	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	1,02	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	1,02	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	1,36	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	1,36	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	1,70	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	1,70	ENVOLTORIA	PASSA

Barra	Estrutura	Tipo de Estruturas	Status	Locação	Combinação	Situação
24	V1540	Beam	No Messages	2,04	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	2,04	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	2,38	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	2,38	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	2,72	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	2,72	ENVOLTORIA	PASSA
24	V1540	Beam	No Messages	2,79	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	0,38	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	0,38	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	0,69	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	0,69	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	0,83	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	0,83	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	1,04	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	1,04	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	1,28	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	1,28	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	1,40	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	1,40	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	1,73	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	1,73	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	1,76	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	1,76	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	2,11	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	2,11	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	2,18	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	2,18	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	2,47	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	2,47	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	2,63	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	2,63	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	2,82	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	2,82	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	3,08	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	3,08	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	3,18	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	3,18	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	3,46	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	3,46	ENVOLTORIA	PASSA
25	V1540	Beam	No Messages	3,54	ENVOLTORIA	PASSA
26	V1540	Beam	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
26	V1540	Beam	No Messages	0,42	ENVOLTORIA	PASSA

Barra	Estrutura	Tipo de Estruturas	Status	Locação	Combinação	Situação
26	V1540	Beam	No Messages	0,42	ENVOLTORIA	PASSA
26	V1540	Beam	No Messages	0,84	ENVOLTORIA	PASSA
26	V1540	Beam	No Messages	0,84	ENVOLTORIA	PASSA
26	V1540	Beam	No Messages	1,26	ENVOLTORIA	PASSA
26	V1540	Beam	No Messages	1,26	ENVOLTORIA	PASSA
26	V1540	Beam	No Messages	1,68	ENVOLTORIA	PASSA
26	V1540	Beam	No Messages	1,68	ENVOLTORIA	PASSA
26	V1540	Beam	No Messages	2,10	ENVOLTORIA	PASSA
26	V1540	Beam	No Messages	2,10	ENVOLTORIA	PASSA
26	V1540	Beam	No Messages	2,52	ENVOLTORIA	PASSA
26	V1540	Beam	No Messages	2,52	ENVOLTORIA	PASSA
26	V1540	Beam	No Messages	2,94	ENVOLTORIA	PASSA
26	V1540	Beam	No Messages	2,94	ENVOLTORIA	PASSA
26	V1540	Beam	No Messages	3,36	ENVOLTORIA	PASSA
27	V1540	Beam	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
27	V1540	Beam	No Messages	0,42	ENVOLTORIA	PASSA
27	V1540	Beam	No Messages	0,42	ENVOLTORIA	PASSA
27	V1540	Beam	No Messages	0,84	ENVOLTORIA	PASSA
27	V1540	Beam	No Messages	0,84	ENVOLTORIA	PASSA
27	V1540	Beam	No Messages	1,26	ENVOLTORIA	PASSA
27	V1540	Beam	No Messages	1,26	ENVOLTORIA	PASSA
27	V1540	Beam	No Messages	1,68	ENVOLTORIA	PASSA
27	V1540	Beam	No Messages	1,68	ENVOLTORIA	PASSA
27	V1540	Beam	No Messages	2,10	ENVOLTORIA	PASSA
27	V1540	Beam	No Messages	2,10	ENVOLTORIA	PASSA
27	V1540	Beam	No Messages	2,52	ENVOLTORIA	PASSA
27	V1540	Beam	No Messages	2,52	ENVOLTORIA	PASSA
27	V1540	Beam	No Messages	2,94	ENVOLTORIA	PASSA
27	V1540	Beam	No Messages	2,94	ENVOLTORIA	PASSA
27	V1540	Beam	No Messages	3,36	ENVOLTORIA	PASSA
28	V1540	Beam	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
28	V1540	Beam	No Messages	0,30	ENVOLTORIA	PASSA
28	V1540	Beam	No Messages	0,30	ENVOLTORIA	PASSA
28	V1540	Beam	No Messages	0,60	ENVOLTORIA	PASSA
28	V1540	Beam	No Messages	0,60	ENVOLTORIA	PASSA
28	V1540	Beam	No Messages	0,90	ENVOLTORIA	PASSA
28	V1540	Beam	No Messages	0,90	ENVOLTORIA	PASSA
28	V1540	Beam	No Messages	1,20	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	0,08	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	0,08	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	0,36	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	0,36	ENVOLTORIA	PASSA

Barra	Estrutura	Tipo de Estruturas	Status	Locação	Combinação	Situação
29	V1540	Beam	No Messages	0,60	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	0,60	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	0,71	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	0,71	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	1,07	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	1,07	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	1,20	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	1,20	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	1,42	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	1,42	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	1,78	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	1,78	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	2,14	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	2,14	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	2,49	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	2,49	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	2,77	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	2,77	ENVOLTORIA	PASSA
29	V1540	Beam	No Messages	2,85	ENVOLTORIA	PASSA
30	V1540	Beam	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
30	V1540	Beam	No Messages	0,30	ENVOLTORIA	PASSA
30	V1540	Beam	No Messages	0,30	ENVOLTORIA	PASSA
30	V1540	Beam	No Messages	0,60	ENVOLTORIA	PASSA
30	V1540	Beam	No Messages	0,60	ENVOLTORIA	PASSA
30	V1540	Beam	No Messages	0,90	ENVOLTORIA	PASSA
30	V1540	Beam	No Messages	0,90	ENVOLTORIA	PASSA
30	V1540	Beam	No Messages	1,20	ENVOLTORIA	PASSA
31	V1540	Beam	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
31	V1540	Beam	No Messages	0,08	ENVOLTORIA	PASSA
31	V1540	Beam	No Messages	0,08	ENVOLTORIA	PASSA
31	V1540	Beam	No Messages	0,48	ENVOLTORIA	PASSA
31	V1540	Beam	No Messages	0,89	ENVOLTORIA	PASSA
31	V1540	Beam	No Messages	1,30	ENVOLTORIA	PASSA
31	V1540	Beam	No Messages	1,71	ENVOLTORIA	PASSA
31	V1540	Beam	No Messages	2,12	ENVOLTORIA	PASSA
31	V1540	Beam	No Messages	2,12	ENVOLTORIA	PASSA
31	V1540	Beam	No Messages	2,59	ENVOLTORIA	PASSA
31	V1540	Beam	No Messages	3,06	ENVOLTORIA	PASSA
31	V1540	Beam	No Messages	3,54	ENVOLTORIA	PASSA
33	V1540	Beam	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
33	V1540	Beam	No Messages	0,49	ENVOLTORIA	PASSA
33	V1540	Beam	No Messages	0,99	ENVOLTORIA	PASSA
33	V1540	Beam	No Messages	1,48	ENVOLTORIA	PASSA

Barra	Estrutura	Tipo de Estruturas	Status	Locação	Combinação	Situação
33	V1540	Beam	No Messages	1,98	ENVOLTORIA	PASSA
33	V1540	Beam	No Messages	2,47	ENVOLTORIA	PASSA
33	V1540	Beam	No Messages	2,97	ENVOLTORIA	PASSA
33	V1540	Beam	No Messages	3,46	ENVOLTORIA	PASSA
33	V1540	Beam	No Messages	3,46	ENVOLTORIA	PASSA
33	V1540	Beam	No Messages	3,54	ENVOLTORIA	PASSA
34	V1540	Beam	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
34	V1540	Beam	No Messages	0,48	ENVOLTORIA	PASSA
34	V1540	Beam	No Messages	0,96	ENVOLTORIA	PASSA
34	V1540	Beam	No Messages	1,44	ENVOLTORIA	PASSA
34	V1540	Beam	No Messages	1,92	ENVOLTORIA	PASSA
34	V1540	Beam	No Messages	2,40	ENVOLTORIA	PASSA
34	V1540	Beam	No Messages	2,88	ENVOLTORIA	PASSA
34	V1540	Beam	No Messages	3,36	ENVOLTORIA	PASSA
35	V1540	Beam	No Messages	0,00	ENVOLTORIA	PASSA
35	V1540	Beam	No Messages	0,48	ENVOLTORIA	PASSA
35	V1540	Beam	No Messages	0,96	ENVOLTORIA	PASSA
35	V1540	Beam	No Messages	1,44	ENVOLTORIA	PASSA
35	V1540	Beam	No Messages	1,92	ENVOLTORIA	PASSA
35	V1540	Beam	No Messages	2,40	ENVOLTORIA	PASSA
35	V1540	Beam	No Messages	2,88	ENVOLTORIA	PASSA
35	V1540	Beam	No Messages	3,36	ENVOLTORIA	PASSA

Tabela 4 - Esforços nas vigas e pilares.

Barra	Situação	Combinação	N (kN)	V (kN)	T (kN.m)	M (kN.m)
1	Gmax	Combination	-85,20	-37,06	0,00	2,46
1	gmin	Combination	-60,84	-26,46	0,00	1,76
2	Gmax	Combination	-90,56	-37,06	0,00	13,58
2	gmin	Combination	-64,66	-26,46	0,00	9,75
3	Gmax	Combination	-102,26	39,79	0,03	23,55
3	gmin	Combination	-73,02	28,41	0,02	16,76
4	Gmax	Combination	-107,62	39,79	0,03	11,61
4	gmin	Combination	-76,84	28,41	0,02	8,23
5	Gmax	Combination	-182,79	10,68	0,01	9,90
5	gmin	Combination	-130,51	7,63	0,01	7,06
6	Gmax	Combination	-188,14	10,68	0,01	6,70
6	gmin	Combination	-134,33	7,63	0,01	4,77
7	Gmax	Combination	-114,97	-13,42	0,02	3,05
7	gmin	Combination	-82,09	-9,58	0,02	2,20
8	Gmax	Combination	-120,32	-13,42	0,02	7,07
8	gmin	Combination	-85,91	-9,58	0,02	5,07
9	Gmax	Combination	-87,13	0,81	0,18	4,20
9	gmin	Combination	-63,90	0,58	0,13	2,13

Barra	Situação	Combinação	N (kN)	V (kN)	T (kN.m)	M (kN.m)
10	Gmax	Combination	-80,04	2,45	-0,02	-6,74
10	gmin	Combination	-58,83	1,75	-0,01	-7,44
11	Gmax	Combination	-18,94	3,02	0,00	6,24
11	gmin	Combination	-9,76	2,16	0,00	-2,77
12	Gmax	Combination	-106,54	-0,52	0,03	1,30
12	gmin	Combination	-77,76	-0,37	0,02	1,49
13	Gmax	Combination	-22,03	1,29	-0,03	2,29
13	gmin	Combination	-13,84	0,92	-0,02	0,09
13	gmin	Combination	-11,96	0,92	-0,02	-1,45
14	Gmax	Combination	-18,38	4,21	-0,04	2,11
14	gmin	Combination	-14,81	3,01	-0,03	-3,00
15	Gmax	Combination	-23,79	-1,50	-0,01	-1,49
15	gmin	Combination	-13,22	-1,07	-0,01	2,53
16	Gmax	Combination	-18,48	-2,81	-0,03	-5,63
16	gmin	Combination	-9,43	-2,01	-0,02	2,69
17	Gmax	Combination	0,97	0,59	-0,12	1,32
17	gmin	Combination	-0,99	0,42	-0,09	0,31
18	Gmax	Combination	-128,06	-6,29	0,13	-5,86
18	gmin	Combination	-93,12	-4,49	0,09	2,55
19	Gmax	Combination	-8,36	-1,25	0,37	-2,03
19	gmin	Combination	-7,66	-0,89	0,26	-0,11
20	Gmax	Combination	-0,45	-2,64	5,02	-0,02
20	gmin	Combination	2,08	0,13	0,51	0,01
20	gmin	Combination	2,08	0,13	0,51	-0,03
21	Gmax	Combination	3,25	0,39	-0,44	0,10
21	gmin	Combination	-0,60	0,29	-1,60	-0,03
22	Gmax	Combination	-0,20	-0,10	-0,51	-0,03
22	gmin	Combination	-1,36	0,04	-0,06	-0,01
23	Gmax	Combination	0,29	-0,07	-1,28	-0,01
23	gmin	Combination	-0,85	0,12	1,00	-0,04
24	Gmax	Combination	-1,91	-0,54	0,17	-0,19
24	gmin	Combination	0,57	-0,06	-0,84	0,01
25	Gmax	Combination	3,13	0,97	-1,14	0,14
25	gmin	Combination	0,19	-0,20	0,15	0,04
26	Gmax	Combination	0,16	0,14	-0,25	0,04
26	gmin	Combination	0,14	0,02	0,28	0,00
27	Gmax	Combination	0,11	-0,81	-1,24	0,16
27	gmin	Combination	-0,07	0,45	2,15	-0,14
28	Gmax	Combination	0,10	-0,63	1,49	0,15
28	gmin	Combination	-0,08	0,58	-0,65	-0,14
29	Gmax	Combination	-0,81	-0,11	0,00	-0,20
29	gmin	Combination	-0,58	-0,08	0,00	0,11
30	Gmax	Combination	-0,63	-0,10	-0,27	-0,20

Barra	Situação	Combinação	N (kN)	V (kN)	T (kN.m)	M (kN.m)
30	gmin	Combination	-0,45	-0,07	-0,19	0,11
31	Gmax	Combination	37,78	0,17	-0,12	0,11
31	gmin	Combination	-1,53	-1,11	0,31	0,38
32	Gmax	Combination	1,07	0,31	-0,87	0,51
32	gmin	Combination	0,76	0,22	-0,62	-0,38
33	Gmax	Combination	6,41	0,13	-0,28	0,28
33	gmin	Combination	-1,69	0,89	-0,11	-0,26
34	Gmax	Combination	13,58	0,20	-0,17	0,34
34	gmin	Combination	-3,23	-1,80	0,86	0,40
35	Gmax	Combination	2,54	0,09	-0,09	0,07
35	gmin	Combination	-0,47	-0,42	0,31	0,09
36	Gmax	Combination	-1,52	-1,52	2,40	-0,07
36	Gmax	Combination	-1,52	-1,52	2,40	0,05
36	gmin	Combination	-1,08	-1,09	1,71	-0,05
36	gmin	Combination	-1,08	-1,09	1,71	0,03
37	Gmax	Combination	-1,44	-0,51	0,01	-0,04
37	gmin	Combination	-1,03	-0,36	0,00	0,00
38	Gmax	Combination	-0,90	-0,32	0,00	-0,02
38	gmin	Combination	-0,20	0,02	0,50	0,00

3.3. Armação das lajes

As figuras a seguir apresentam o dimensionamento da laje de piso da EEAB (itens a, b e c). A laje LP03 será do tipo lisa sem vigas. A laje estará apoiada sobre os anéis de concreto e engastada na viga que divide a área interna da casa de bombas.

A Figura 4 e a Figura 5 apresentam os momentos fletores nas lajes de piso.

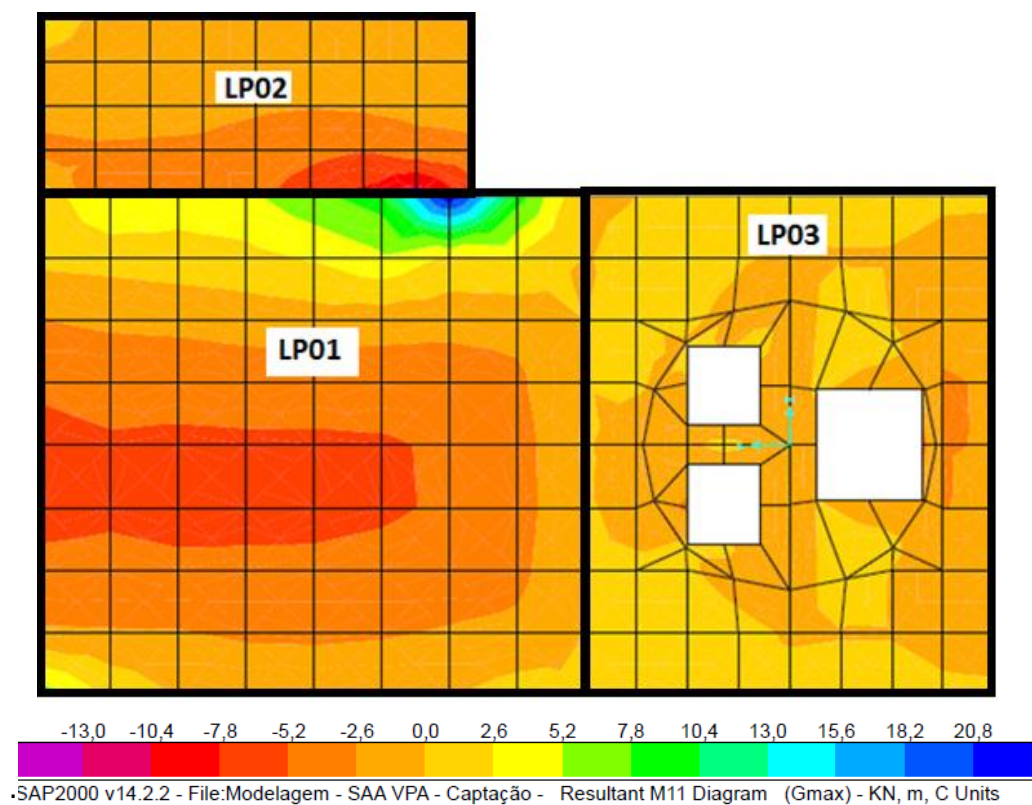


Figura 4 - Momento na direção X na laje de piso.

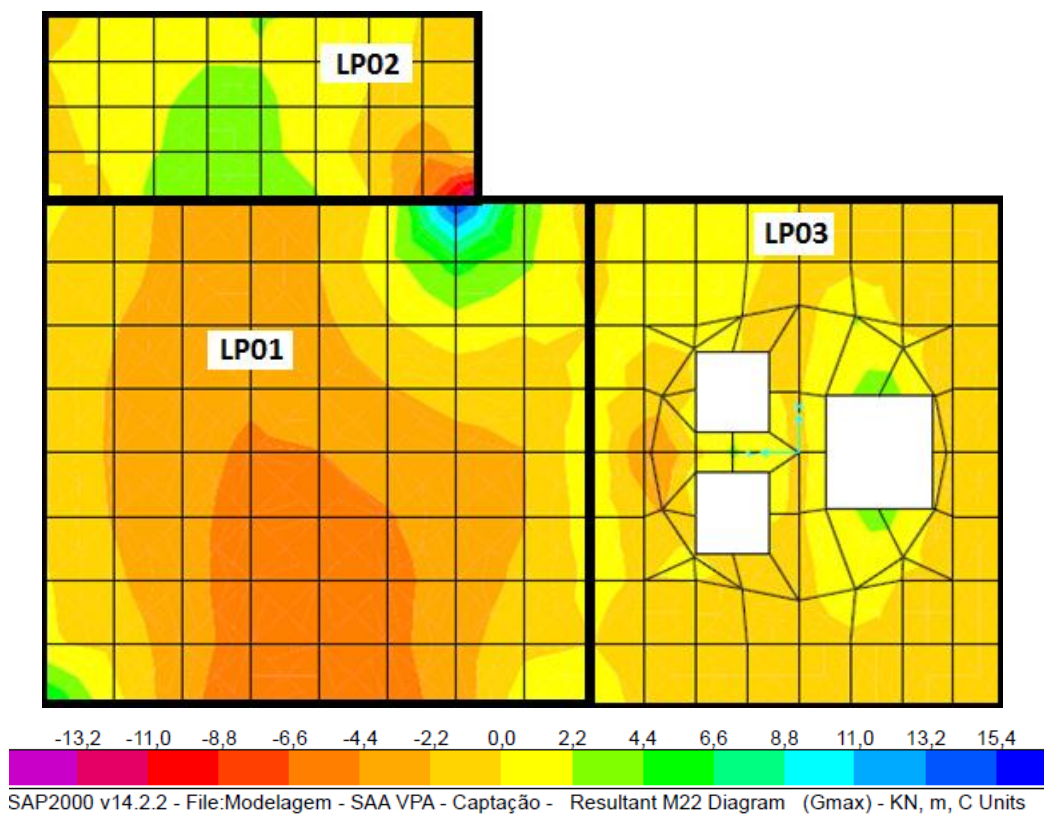


Figura 5 - Momento na direção Y na laje de piso.

a) LP01

DIMENSIONAMENTO DE LAJE MACIÇA RETANGULAR DE CONCRETO ARMADO

Materiais		VERIFICAÇÃO		Status	S_d / R_d
f_{ck} MPa	30	ELU-M - Momento	OK!		0,757
f_{yk} MPa	500	ELU-V - Cortante	OK!		0,164
Ponderação - ELU		ELS-W - Fissura	OK!		0,000
γ_c	1,4	ELS-D - Flecha	OK!		0,035
γ_s	1,15	Cons. Aço kg/m³		33	
Ações		Ponderação das Ações			
G_{FP} kN/m²	3,75	ELU-M/V	ELU-W	ELS-D	
G_{EX} kN/m²	1,00	γ_G	1,4	1	1
Q kN/m²	3,00	γ_Q	1,4	0,4	0,3

Esforços Característicos				
Esforço	x	x_e	y	y_e
M_{ok} kNm/m	1,63	3,88	1,35	3,59
M_{ok} kNm/m	1,03	2,45	0,85	2,27
V_{ok} kN/m	3,11	5,38	2,83	4,91
V_{ok} kN/m	1,96	3,40	1,79	3,10

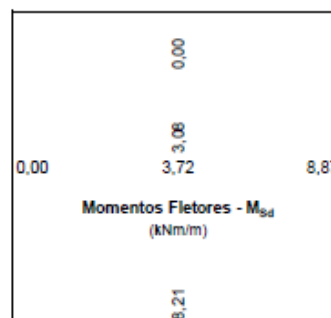
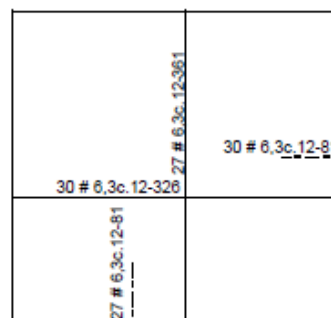
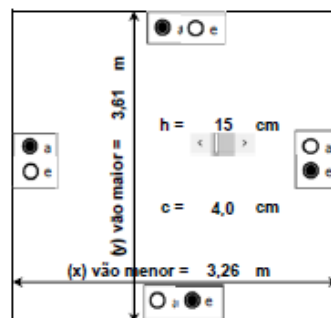
ELU-M - Momento Fletor				
	x	x_e	y	y_e
M_{sd} kNm/m	3,72	8,87	3,08	8,21
ϕ mm	6,3	6,3	6,3	6,3
cada cm	12	12	12	12
A_s cm²/m	2,80	2,80	2,80	2,80
d cm	10,69	10,69	10,69	10,69
M_{rel} kNm/m	11,72	11,72	11,72	11,72
M_{sd}/M_{rel}	0,317	0,757	0,263	0,701
Status	OK!	OK!	OK!	OK!

ELU-V - Força Cortante				
	x	x_e	y	y_e
V_{sd} kN/m	7,10	12,29	6,47	11,21
V_{Rd1} kN/m	74,93	74,93	74,93	74,93
V_{sd}/V_{Rd1}	0,095	0,164	0,086	0,150
Status	OK!	OK!	OK!	OK!

ELS-W - Abertura de Fissura				
	x	x_e	y	y_e
M_{sd} kNm/m	2,04	4,88	1,69	4,50
M_i kNm/m	10,86	10,86	10,86	10,86
w_k mm	0,000	0,000	0,000	0,000
w_{lim} mm			0,3	
w_k/w_{lim}	0,000	0,000	0,000	0,000
Status	OK!	OK!	OK!	OK!

ELS-DEF - Flecha						
Momentos	M_{sd} kNm/m	x	y	M_{sd} kNm/m	x	y
f	I_c cm⁴	I_e cm⁴	Fissurada?	t_0 meses	t meses	$\xi(t)-\xi(t_0)$
0,0297655	28125	28125	NAO	1,0	70,0	1,32
Δ_{cr} mm	Δ_T mm	0,5	Δ_{sh} mm	0,0	Δ_A mm	0,00
0,0	$\Delta_{T,lim}$ mm	13,0	$\Delta_{Q,lim}$ mm	9,3	$\Delta_{A,lim}$ mm	6,52
$\Delta_{cr,lim}$ mm	$\Delta_T/\Delta_{T,lim}$	0,035	$\Delta_Q/\Delta_{Q,lim}$	0,004	$\Delta_A/\Delta_{A,lim}$	0,000
9,3	Status	OK!	Status	OK!	Status	OK!

Resumo de Aço e Concreto						
	$x_{e,req}$	x	$x_{e,di}$	$y_{e,inf}$	y	$y_{e,sup}$
ϕ mm		6,3	6,3	6,3	6,3	
Q		30	30	27	27	
CU cm		326	81	81	361	
MU kg/m		0,2447	0,2447	0,2447	0,2447	
MT kg		23,9	5,9	5,4	23,9	
Resumo		Aço kg	59,1	Concreto m³		1,77



$G = 2,83$ $Q = 1,79$ $4,62$		$\Delta_T = 0,5$ $C_T = 0,00$ $8,78$		$3,40$ $5,38$	
$G = 3,11$ $Q = 1,96$ $5,07$	Reações e Flecha (kN/m) (mm)		$8,78$ $3,40$ $5,38$	$Q = 3,10$ $G = 4,91$	

c) LP03

SEÇÃO TRANSVERSAL

b	100	cm
h	15	cm
d"	6,0	cm
d'	6,0	cm
d	9	cm

MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO

M_d	3,4	kNm
$M_d/M_{d,lim}$	0,08	$M_d/M_{d,lim}$
armadura	SIMPLES	SE($M_d/M_{d,lim} \leq 1$; "SIMPLES"; "DUPLA")

MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES

k_{duc}	0,45	SE($f_{ck} \leq 50$; 0,45; 0,35)
x_{lim}	4,05	cm $k_{duc}d$
$M_{d,lim}$	43,6	kNm $b \lambda x_{lim} \eta f_{cd} (d - \lambda x_{lim}/2)$
$A_{s,lim}$	13,57	cm ²
ρ_{lim}	1,51%	$A_{s,lim}/(bd)$

ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES

d_{lim}	2,5	cm $RAIZ(M_d/(k_{duc} \lambda \eta (1 - k_{duc} \lambda/2) b f_{cd}))$
h_{lim}	8,5	cm $d_{lim} + d''$

PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA

x	0,26	cm $SE(\text{armadura} = \text{"SIMPLES"}; (d/\lambda) RAIZ(1 - 2M_d/(b d^2 \eta f_{cd}))); x_{lim}$
λx	0,21	cm λx

ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO

$A_{s,cal}$	0,88	cm ² $b \lambda x \eta f_{cd}/f_{yd} + A'_s \sigma'_s/f_{yd}$
$A_{s,min}/(bh)$	0,150%	MÁXIMO(0,15%; 0,25 f_{ctm}/f_{yk})
$A_{s,min}$	2,25	cm ² $(A_{s,min}/(bh))bh$
A_s	2,25	cm ² MÁXIMO($A_{s,cal}$; $A_{s,min}$)
ρ	0,250%	$A_s/(bd)$

ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO

ϵ'_s	-0,169%	$\epsilon_{cu}(x_{lim} - d'')/x_{lim}$
σ'_s	-35,39	kN/cm ² SE($\epsilon'_s < \epsilon_{yd}$; $E_s \epsilon'_s$; f_{yd})
ΔM_d	0,0	kNm MÁXIMO($M_d - M_{d,lim}$; 0)
A'_s	0,00	cm ² $\Delta M_d/(\sigma'_s (d - d''))$
ρ'	0,000%	$A'_s/(bd)$

ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL

$A_{s,max}/(bh)$	4,0%	
$(A_s + A'_s)/(bh)$	0,15%	$(A_s + A'_s)/(bh)$
ρ/ρ_{max}	0,04	✓

3.4. Fundações

Conforme boletim de sondagem, o solo apresenta uma camada inicial de argila arenosa mole com baixa capacidade de suporte. A cerca de 3.00 m de profundidade chega-se a camada de rocha alterada. Para construção do poço de sucção será necessário escavar e realizar desmonte de rocha.

Se as fundações da casa de bombas forem do tipo direta, a compactação deste solo, devido as dificuldades inerentes a obra será de difícil execução, deste modo não haverá controle do recalque destas fundações. Por isto optou-se em fazer as fundações do tipo indiretas em estacas metálicas apoiadas na camada de rocha alterada.

Conforme apresentado na Figura 1, os blocos de fundações da casa de bombas estarão apoiados em quatro estacas. A Figura 6 apresenta a locação e identificação de cada estaca.

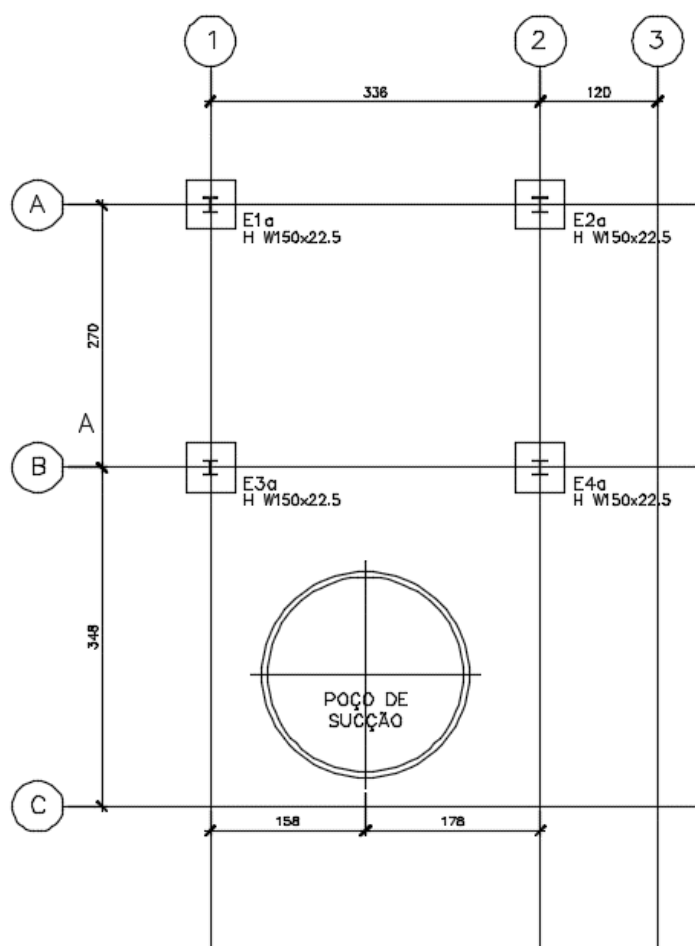


Figura 6 - Locação e identificação das estacas.

A Tabela 5 apresenta o quadro de cargas nas estacas.

Tabela 5 – Quadro de cargas.

PLANO DE CARGAS							
ESTACA	CASO	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kN.m)	My (kN.m)	Mz (kN.m)
E1a	Gmax	-7,23	39,64	78,03	-14,50	-4,31	0,00
	gmin	-5,16	28,30	55,71	-10,35	-3,08	0,00
E2a	Gmax	3,40	47,33	135,74	-17,57	-4,48	-0,05
	gmin	2,42	33,80	96,92	-12,55	-3,20	-0,04
E3a	Gmax	3,73	-37,73	78,03	-10,39	-1,27	0,05
	gmin	2,66	-26,94	55,71	-7,42	-0,91	0,04
E4a	Gmax	0,11	-49,24	99,38	-12,46	-0,43	0,05
	gmin	0,08	-35,16	70,96	-8,89	-0,31	0,04

A carga axial máxima é de 135.74 kN. A Figura 7 apresenta as especificações de alguns perfis metálicos tipo H que são utilizados como estacas.

CARGA ADMISSÍVEL ESTRUTURAL														
*Carga admissível estrutural de acordo com a NBR 8800:2008. A carga admissível a ser adotada para a estaca deverá atender também à carga admissível geotécnica, obtida após a análise dos parâmetros geotécnicos onde a estaca será cravada.														
BITOLA DESIGNAÇÃO mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b _t mm	Espessura		h mm	d' mm	R mm	Área Bruta A _s cm ²	Perímetro U cm	Eixo X-X		Eixo Y-Y	
				t _w mm	t _f mm						I _x cm ⁴	W _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³
W 150 x 22,5	22,5	152	152	5,8	6,6	139	119	10,0	29,0	88	1229	162	387	51
W 150 x 29,8	29,8	157	153	6,6	9,3	138	118	10,0	38,5	90	1739	221	556	73
W 150 x 37,1	37,1	162	154	8,1	11,6	139	119	10,0	47,8	91	2244	277	707	92
W 200 x 35,9	35,9	201	165	6,2	10,2	181	161	10,0	45,7	103	3437	342	764	93
W 200 x 41,7	41,7	205	166	7,2	11,8	181	157	12,0	53,5	104	4114	401	901	109
W 200 x 46,1	46,1	203	203	7,2	11,0	181	161	10,0	58,6	119	4543	448	1535	151
W 200 x 52,0	52,0	206	204	7,9	12,6	181	157	12,0	66,9	119	5298	514	1784	175
HP 200 x 53,0	53,0	204	207	11,3	11,3	181	161	10,0	68,1	120	4977	488	1673	162
W 200 x 59,0	59,0	210	205	9,1	14,2	182	158	12,0	76,0	120	6140	585	2041	199
W 200 x 71,0	71,0	216	206	10,2	17,4	181	161	10,0	91,0	122	7660	709	2537	246
W 200 x 86,0	86,0	222	209	13,0	20,6	181	157	12,0	110,9	123	9498	856	3139	300

1,0 mm de desc. no perímetro	Retângulo Envolvente	Esbeltez Local de acordo com a NBR 8800:2008			* CARGA ADMISSÍVEL ESTRUTURAL (Q . A's . f _y)/1,65		
Área Reduzida A's cm ²	Área Plena A cm ²	Mesa b _f /2.t _f λ _f	Alma d'/t _w λ _w	Coef. Red. Q ≤ 1,00	f _y (Mpa) 345 kN	f _y (tf/cm ²) 3,5 tf	BITOLA DESIGNAÇÃO mm x kgf/m
20,1	231	11,52	20,48	1,000	421	43	W 150 x 22,5
29,5	240	8,23	17,94	1,000	617	63	W 150 x 29,8
38,8	249	6,64	14,67	1,000	811	83	W 150 x 37,1
35,4	332	8,09	25,90	1,000	740	75	W 200 x 35,9
43,1	340	7,03	21,86	1,000	901	92	W 200 x 41,7
46,7	412	9,23	22,36	1,000	976	100	W 200 x 46,1
55,0	420	8,10	19,85	1,000	1150	117	W 200 x 52,0
56,2	422	9,16	14,28	1,000	1175	120	HP 200 x 53,0
64,0	431	7,22	17,32	1,000	1338	136	W 200 x 59,0
78,8	445	5,92	15,80	1,000	1649	168	W 200 x 71,0
98,5	464	5,07	12,06	1,000	2060	210	W 200 x 86,0

Figura 7 - Especificações perfis metálicos para estacas.

A estaca metálica a ser utilizada será o perfil H W 150 x 22.5, pois sua características atendem as cargas de projeto. Conforme a Figura 7 a carga admissível do perfil H W 150x22.5 é de 421 kN. Esta estaca nos dá um fator de segurança de:

$$FS = \frac{421,00}{135,74} = 3,10$$

A espessura mínima de sacrifício, 1.0 mm, atende a NBR 6122.

3.5. Verificação do anel de concreto

A Figura 8 apresenta os esforços axiais no anél de concreto, que será do tipo pré-moldado.

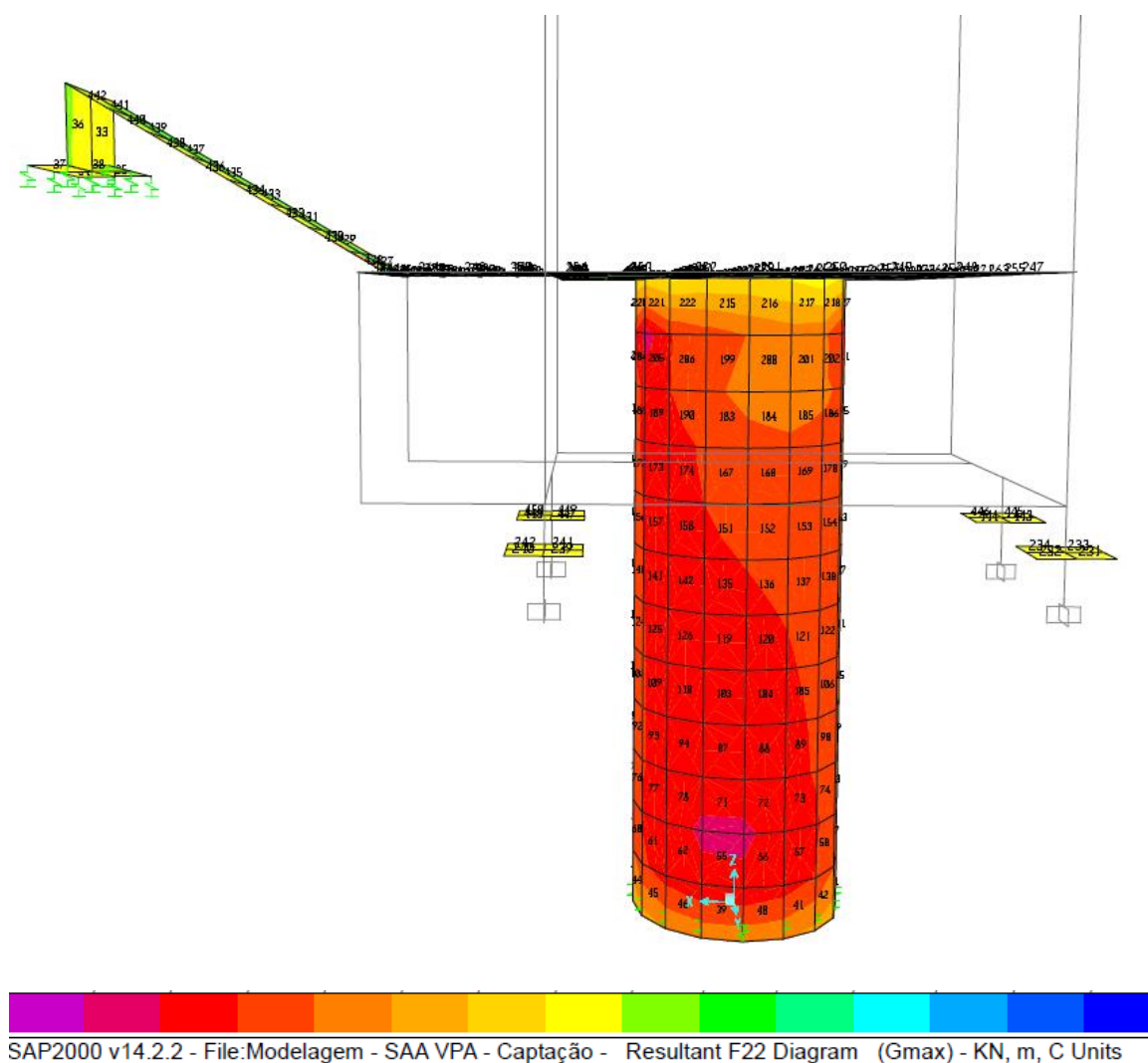


Figura 8 - Esforços de compressão nos anéis de concreto.

Conforme a Figura 8 a malha de elementos finitos que possuem a maior carga de compressão (cor fúcsia) é a numero 55. A Tabela 6, extraída da modelagem, apresentam os esforços de compressão nesta placa.

Tabela 6 - Element Forces - Area Shells

Area	AreaElem	ShellType	Joint	OutpuCase	CaseType	F22
55	55	Shell-Thin	74	Gmax	Combination	-74,52
55	55	Shell-Thin	75	Gmax	Combination	-74,77
55	55	Shell-Thin	59	Gmax	Combination	-70,23
55	55	Shell-Thin	58	Gmax	Combination	-69,98
55	55	Shell-Thin	74	gmin	Combination	-53,21
55	55	Shell-Thin	75	gmin	Combination	-53,39
55	55	Shell-Thin	59	gmin	Combination	-50,14
55	55	Shell-Thin	58	gmin	Combination	-49,97

Conforme valores apresentados, o esforço axial máximo é de 74.77 kN. Para cálculo da tensão máxima admissível no anel de concreto temos:

- Área de concreto dos anéis

$$\sigma_c = \frac{(212^2 - 200^2) \times \pi}{4} = 3883,02 \text{ cm}^2$$

- Tensão máxima

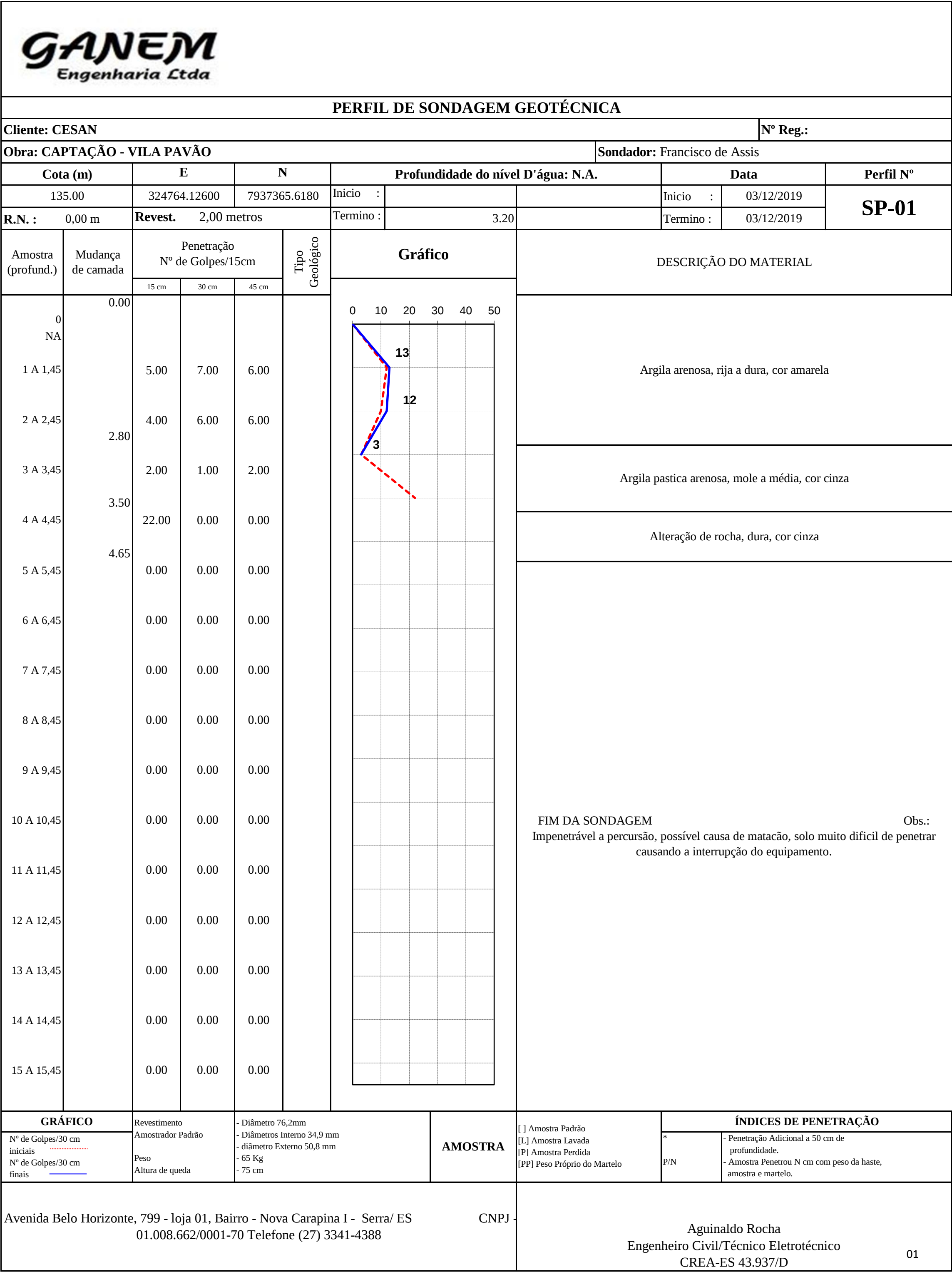
$$\sigma_c = \frac{1,4 \times 74,77}{3883,02} = 0,03 \text{ kN/cm}^2 \leq 2,1 f_{cd} = 2,1 \times \frac{3,0}{1,4} = 4,50 \text{ kN/cm}^2$$

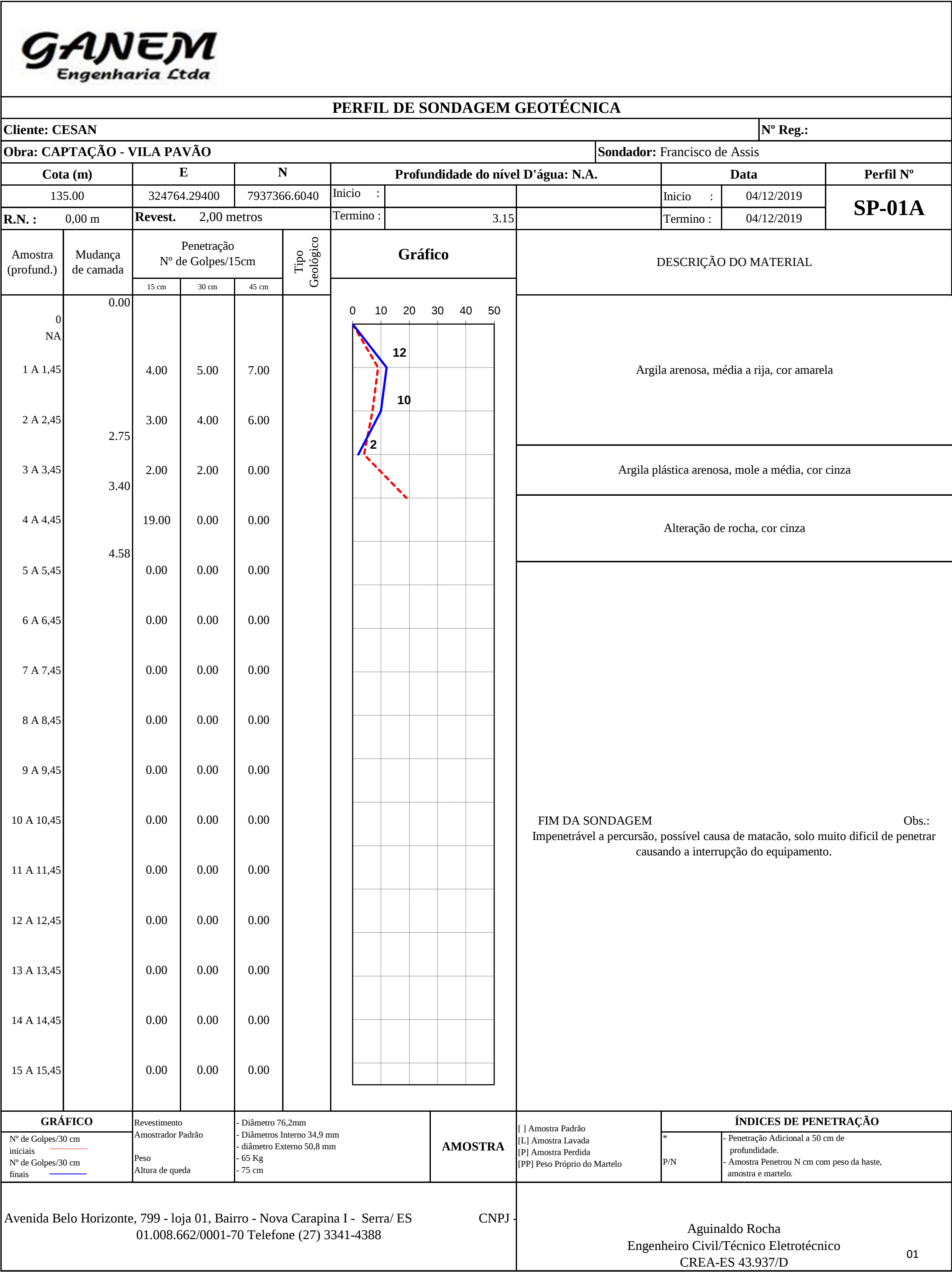
A verificação está ok. Anel de concreto pré-moldado ø200 espessura de 6 cm atende as solicitações necessárias.

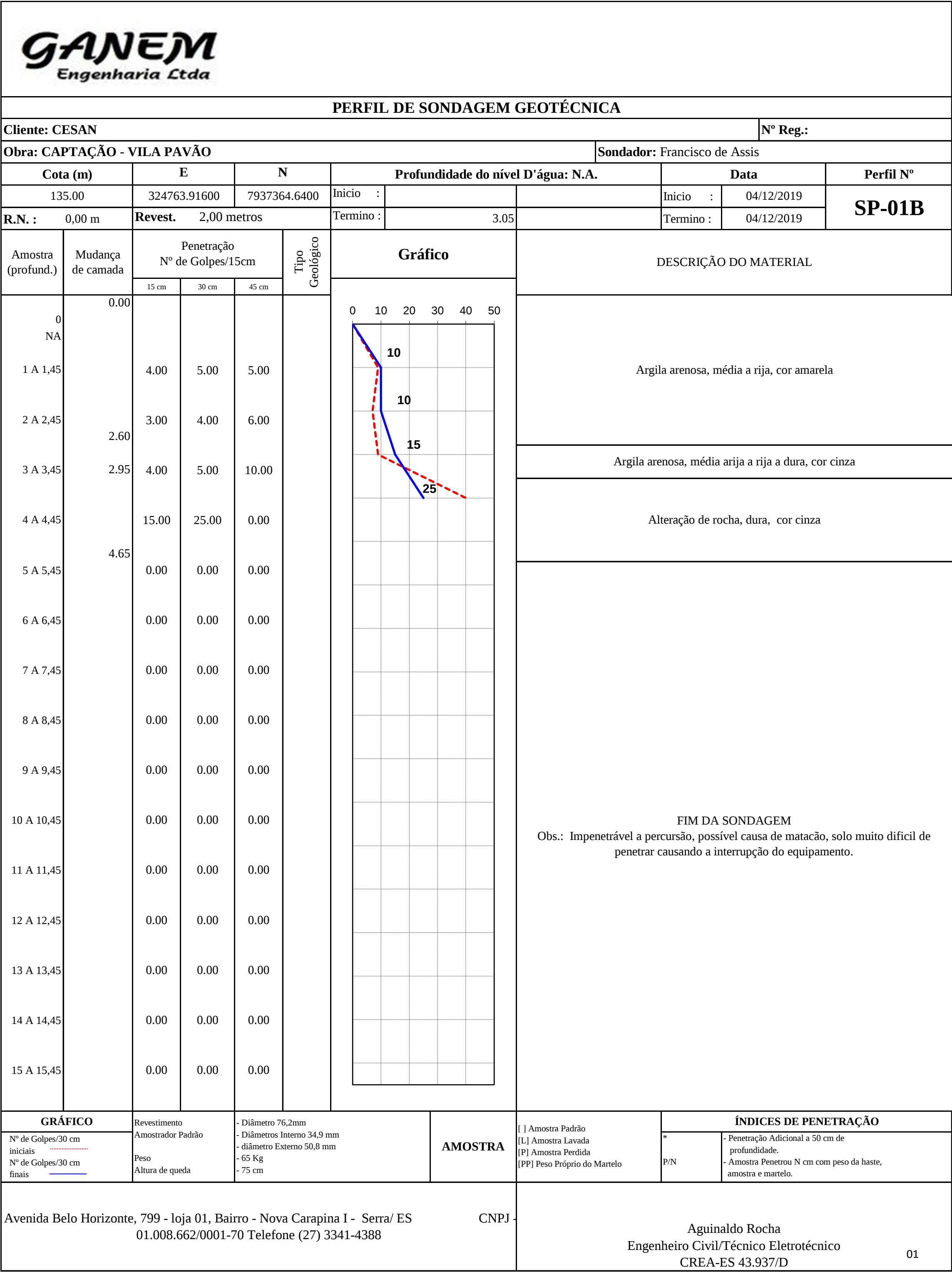
ANEXOS

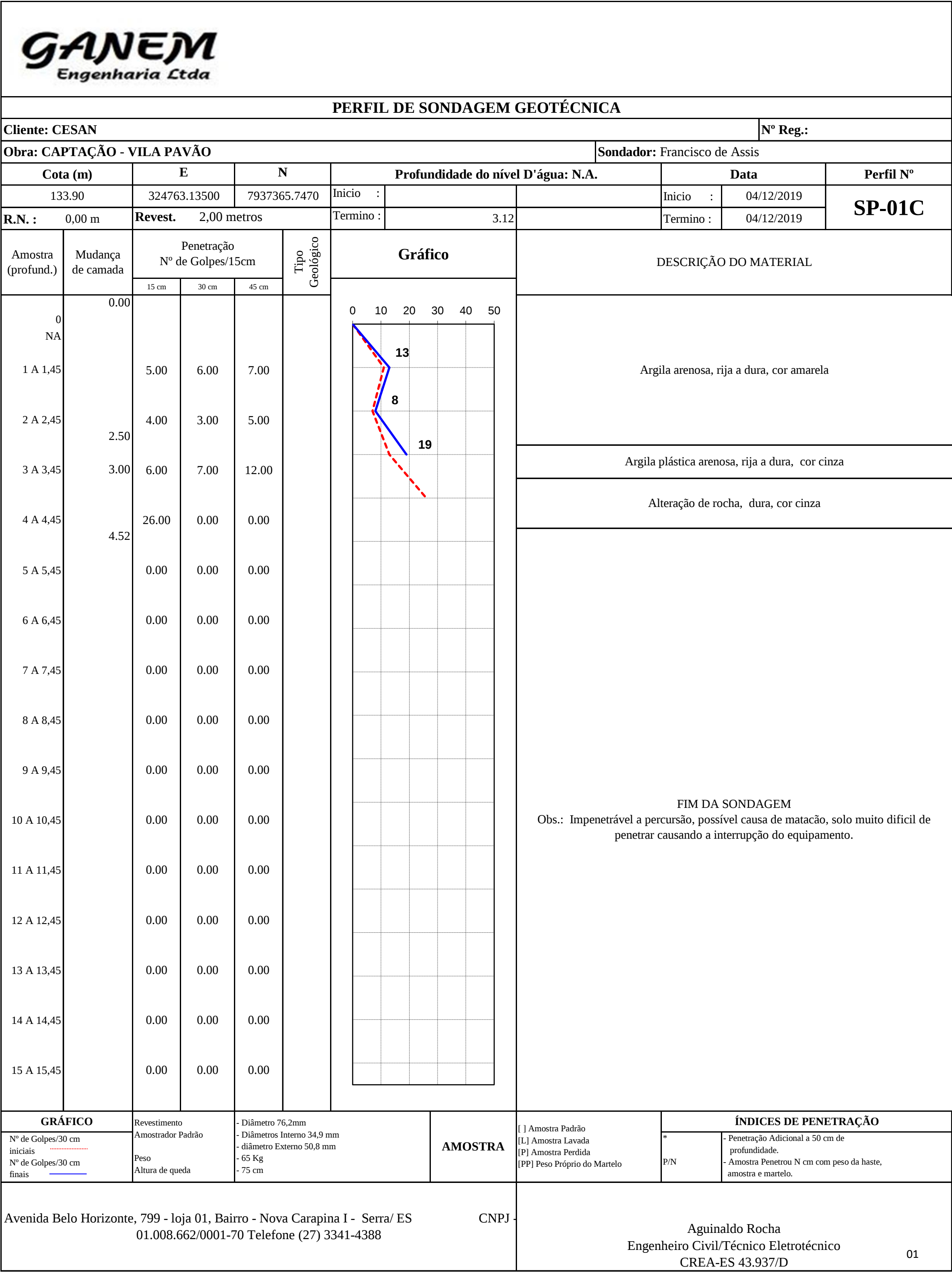
ANEXO 01 – BOLETINS DE SONDAGEM

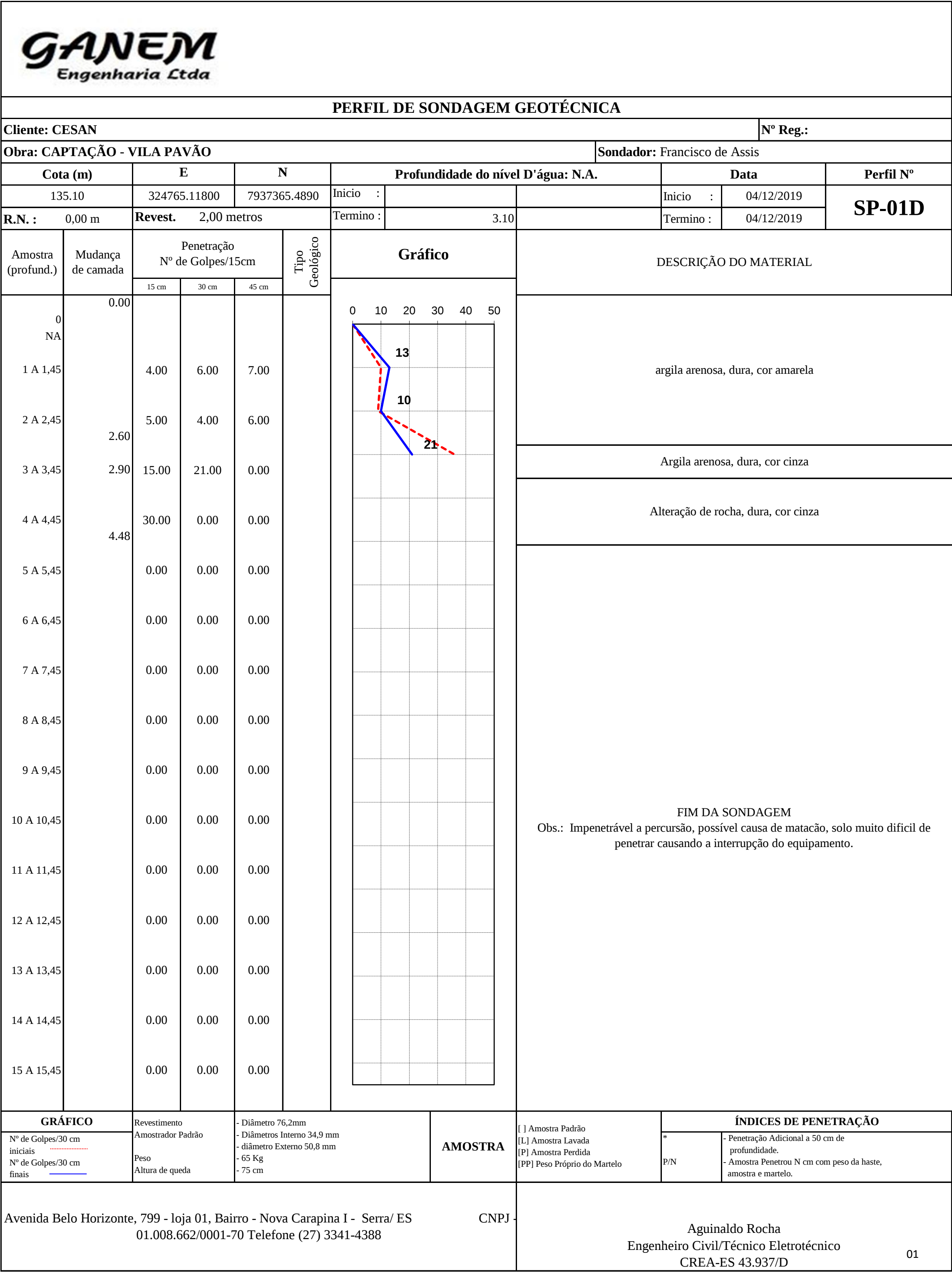
Segue os boletins da sondagem realizada na área da captação emergencial de Vila Pavão.

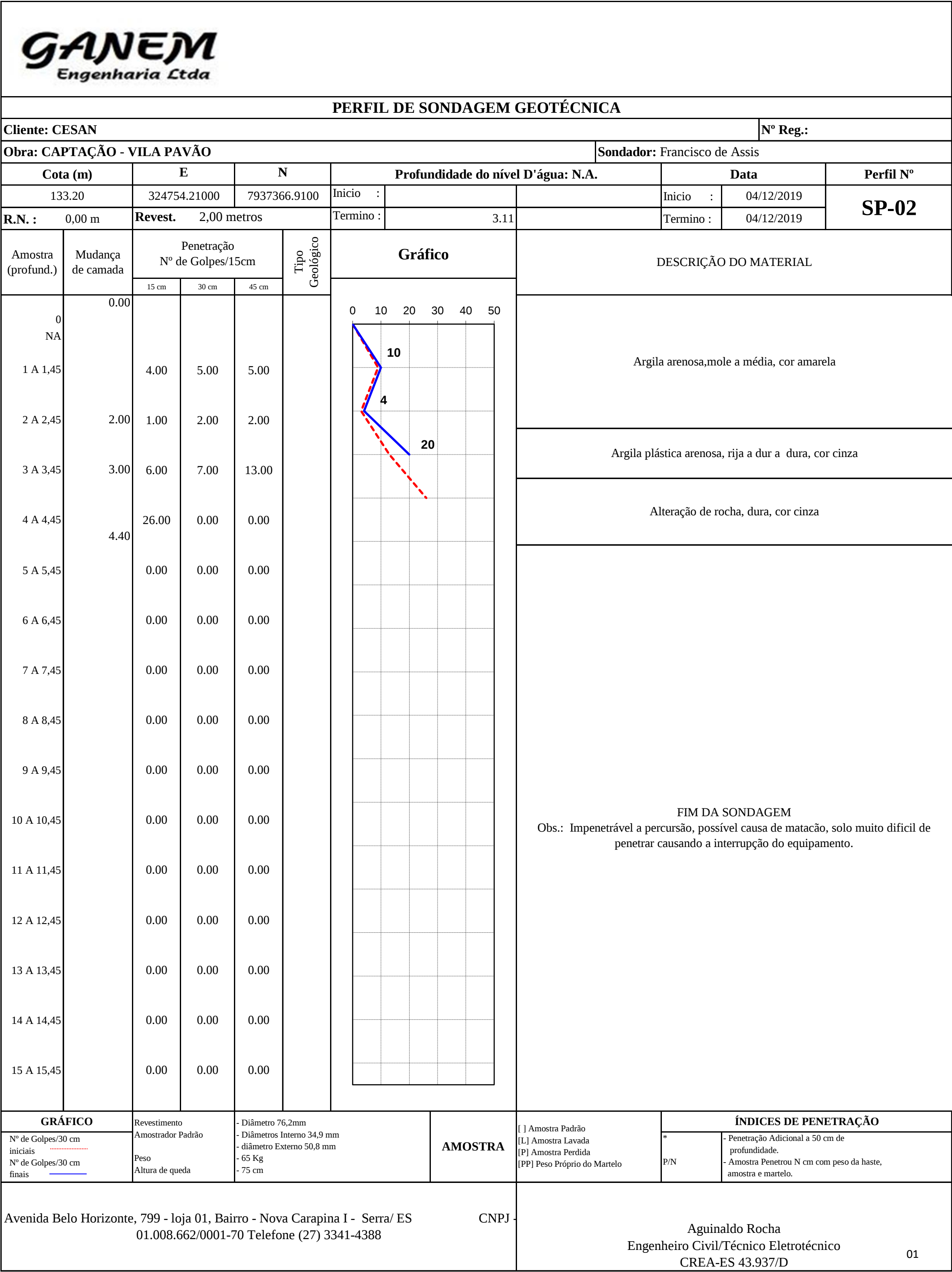


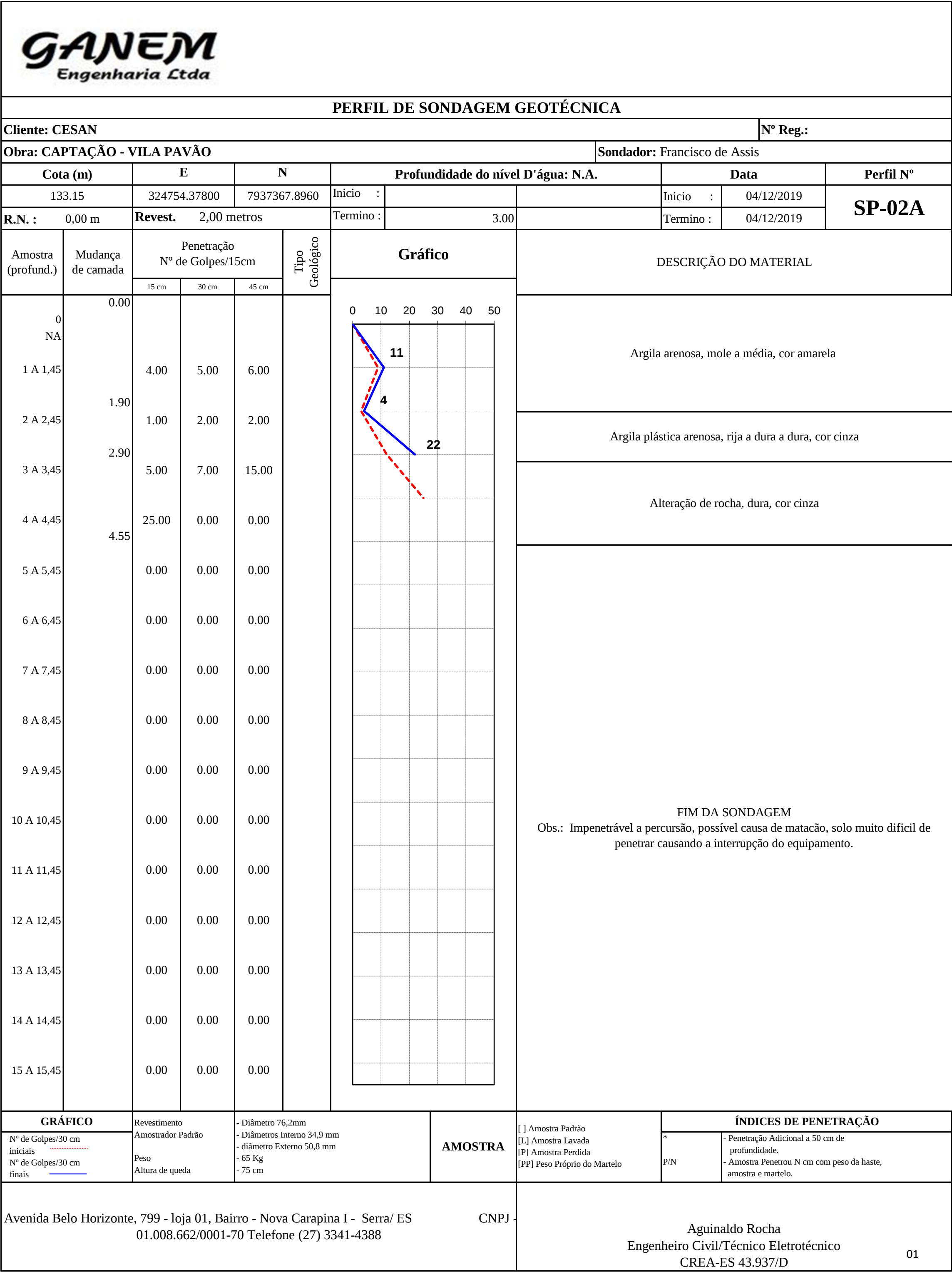


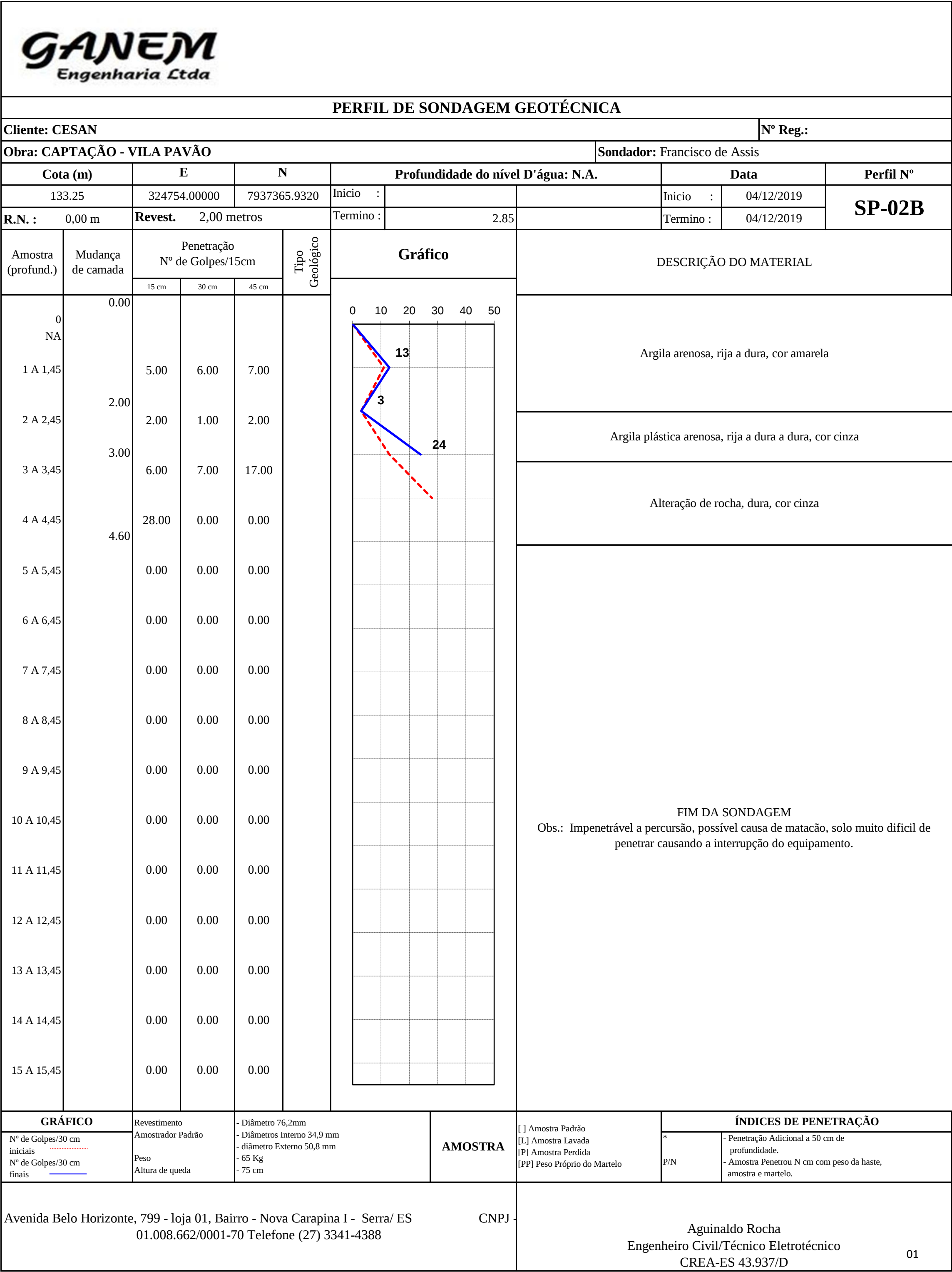


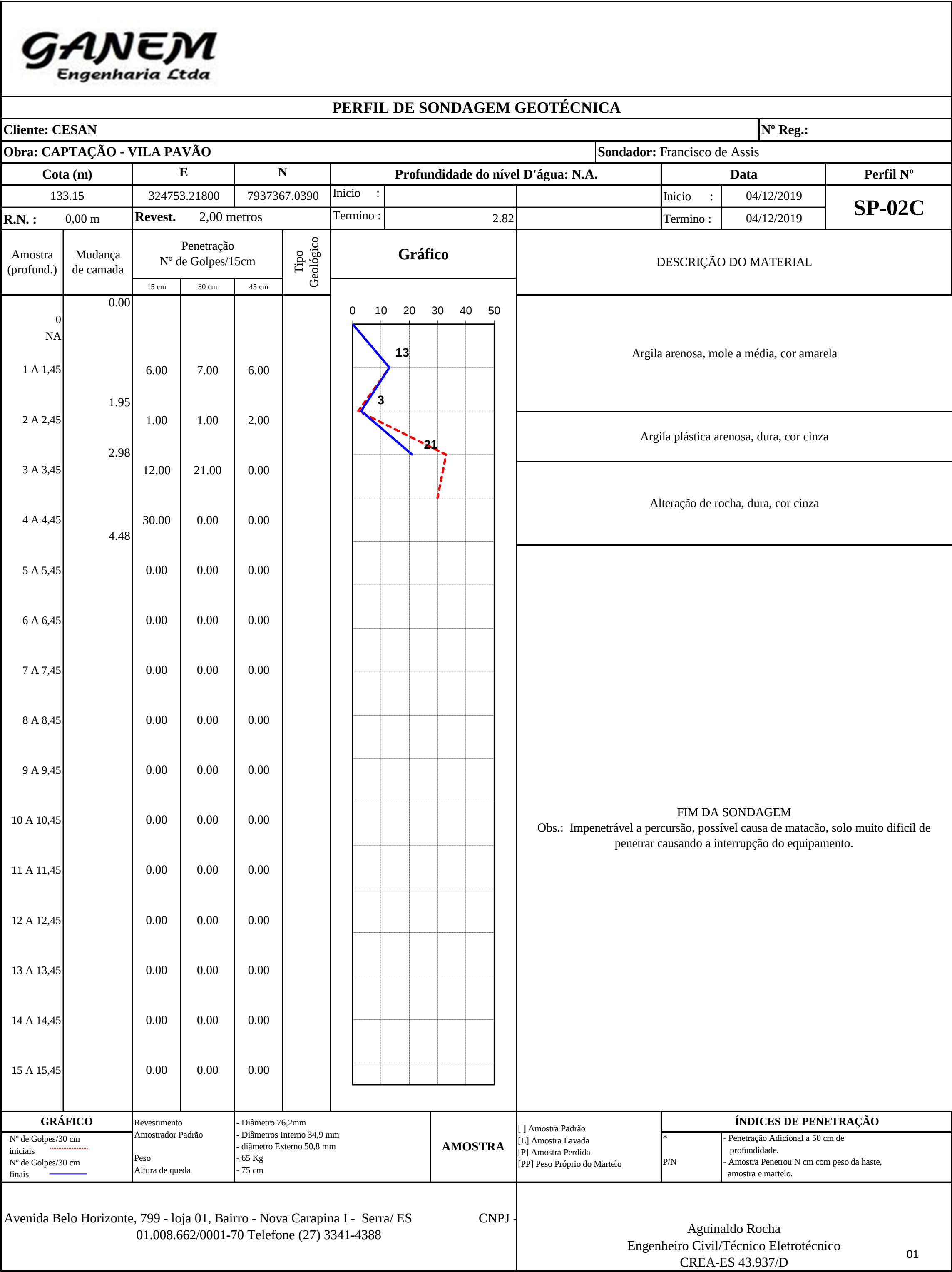


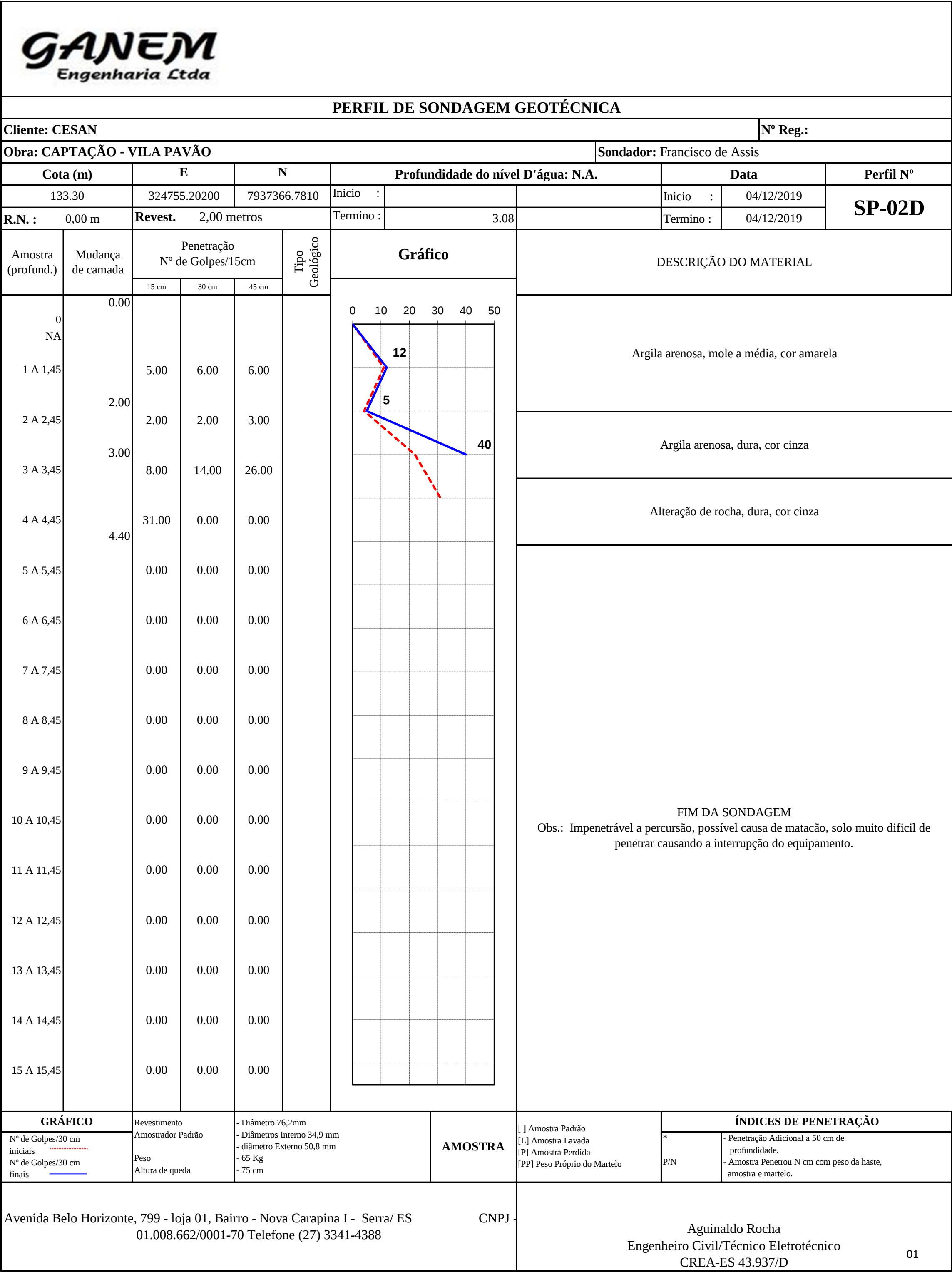


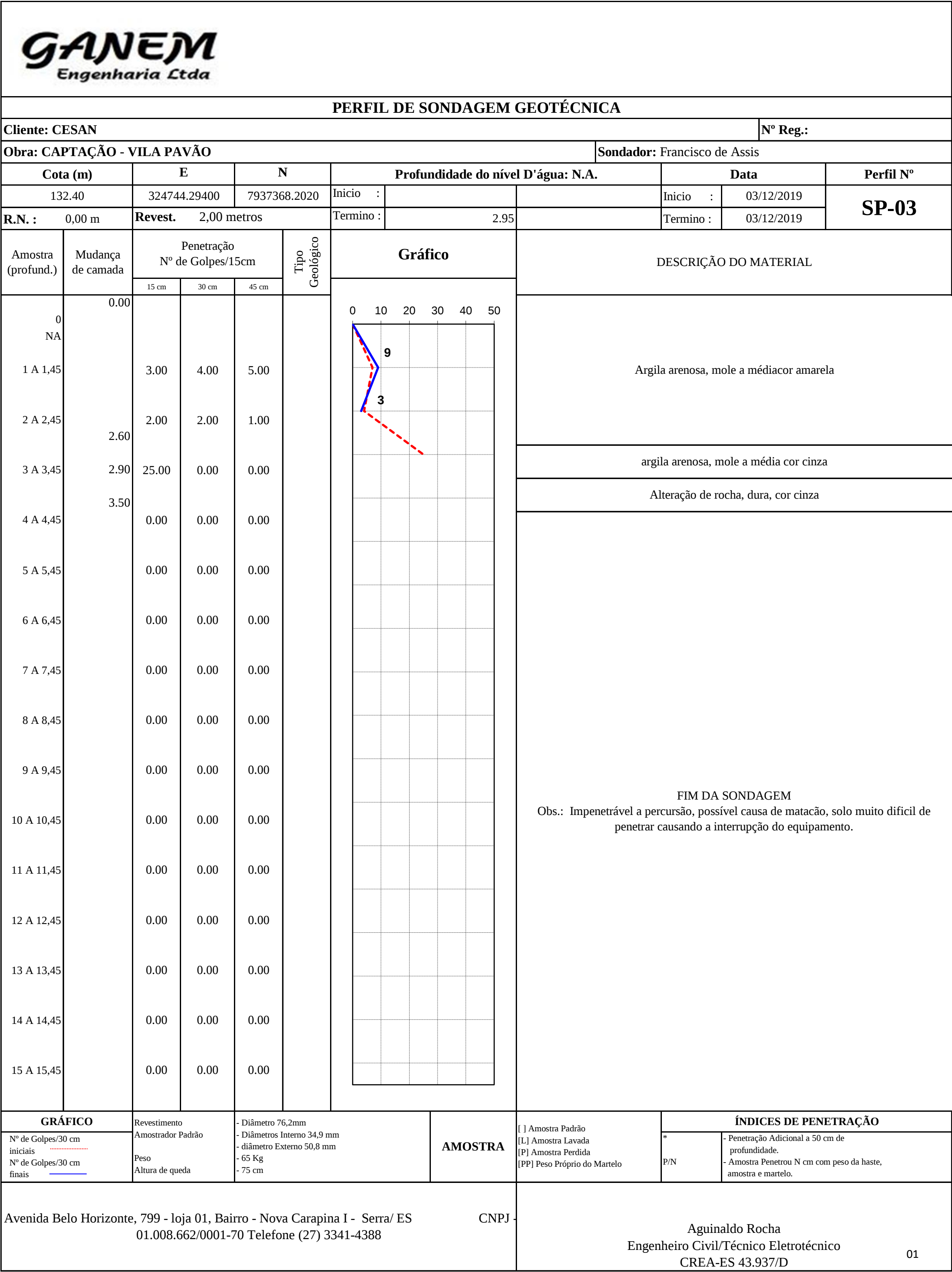


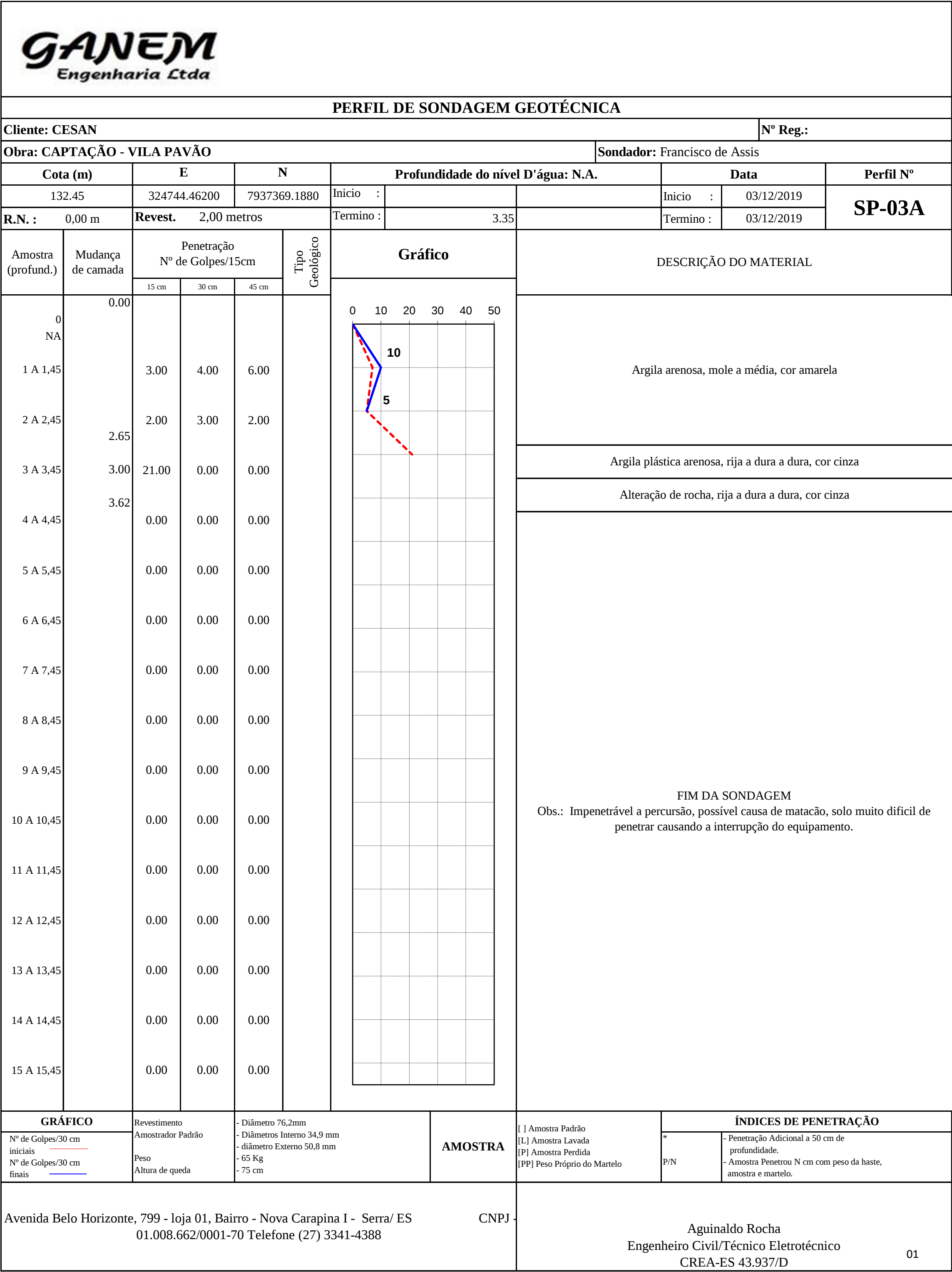


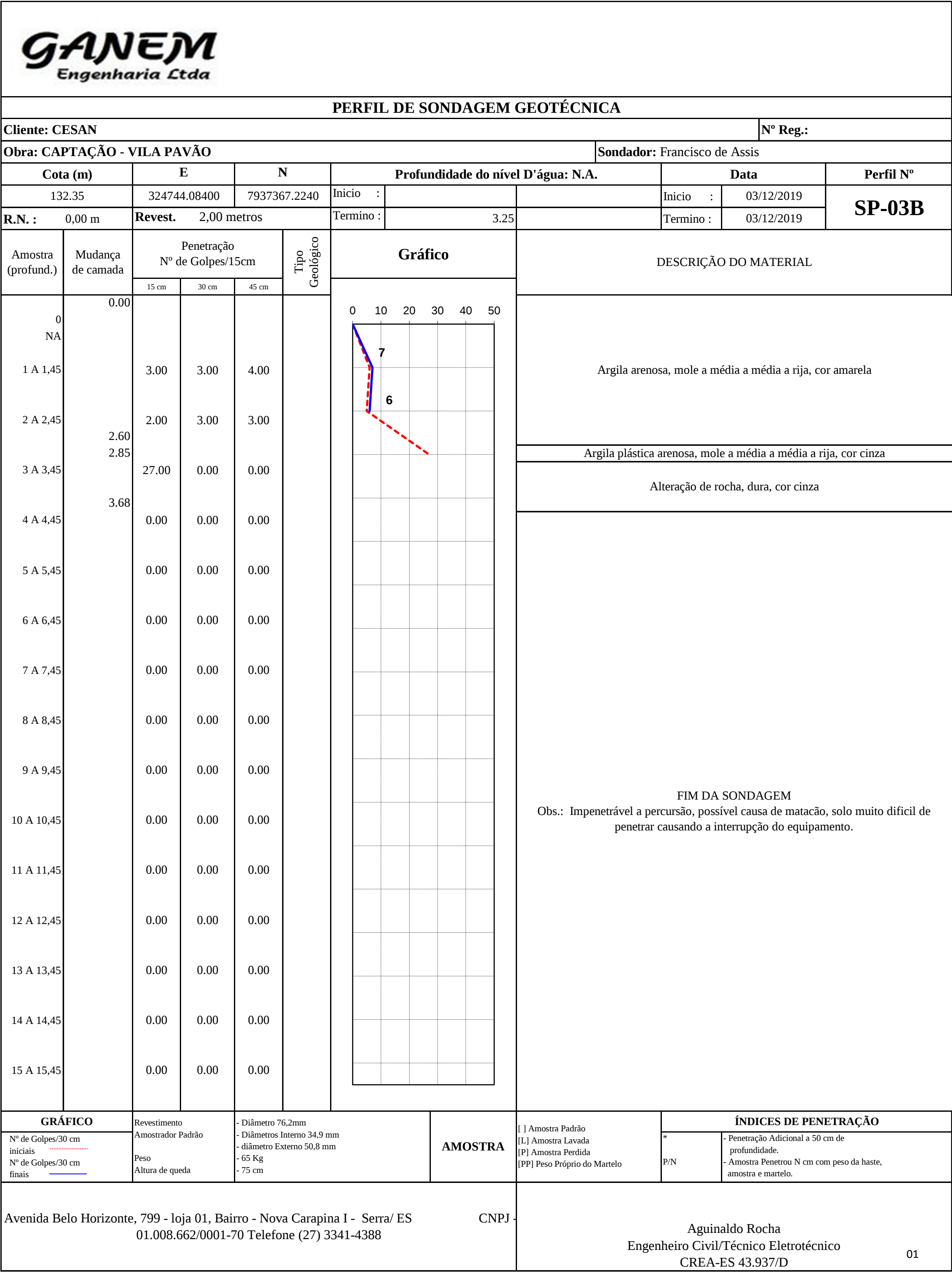


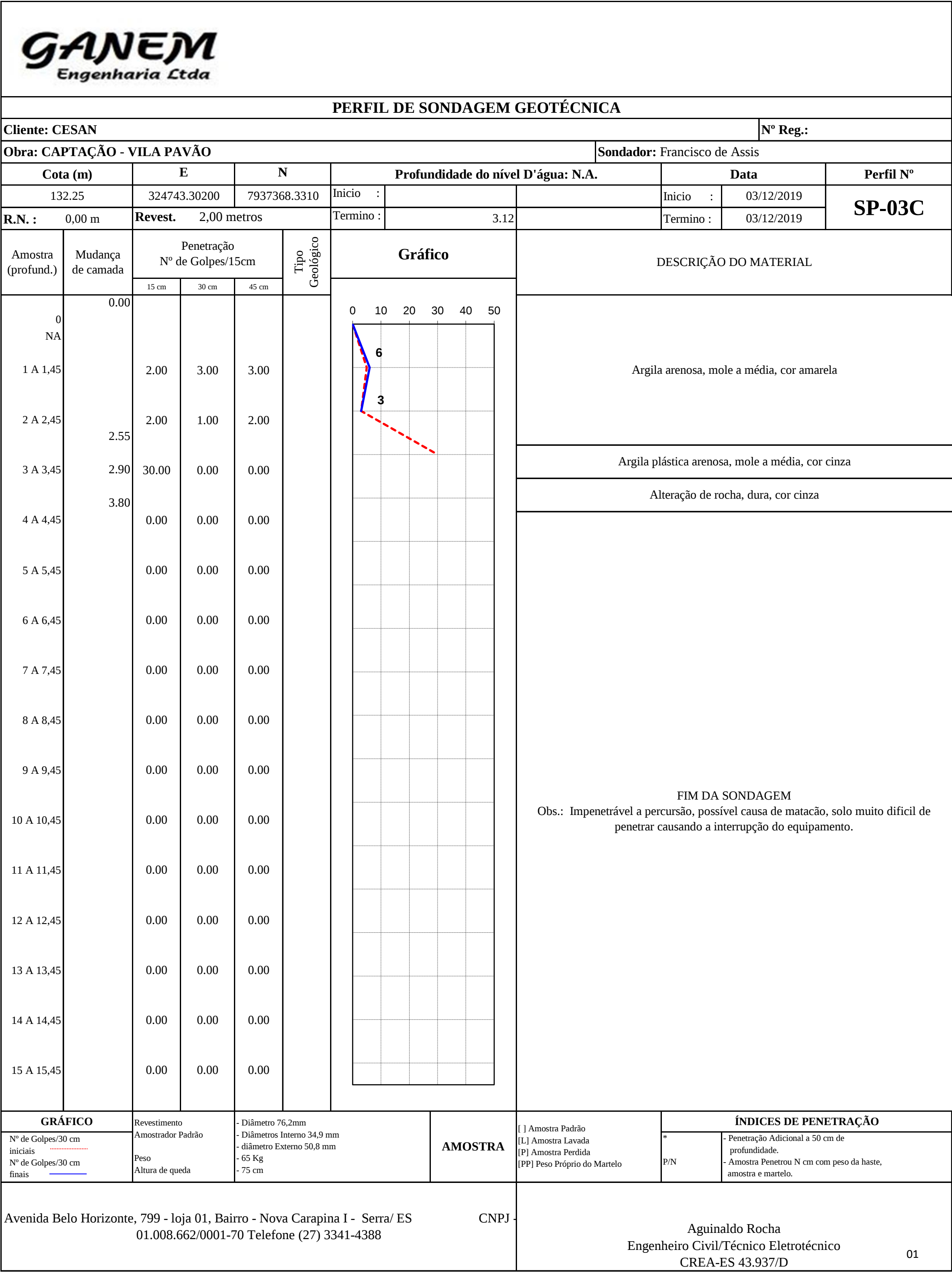


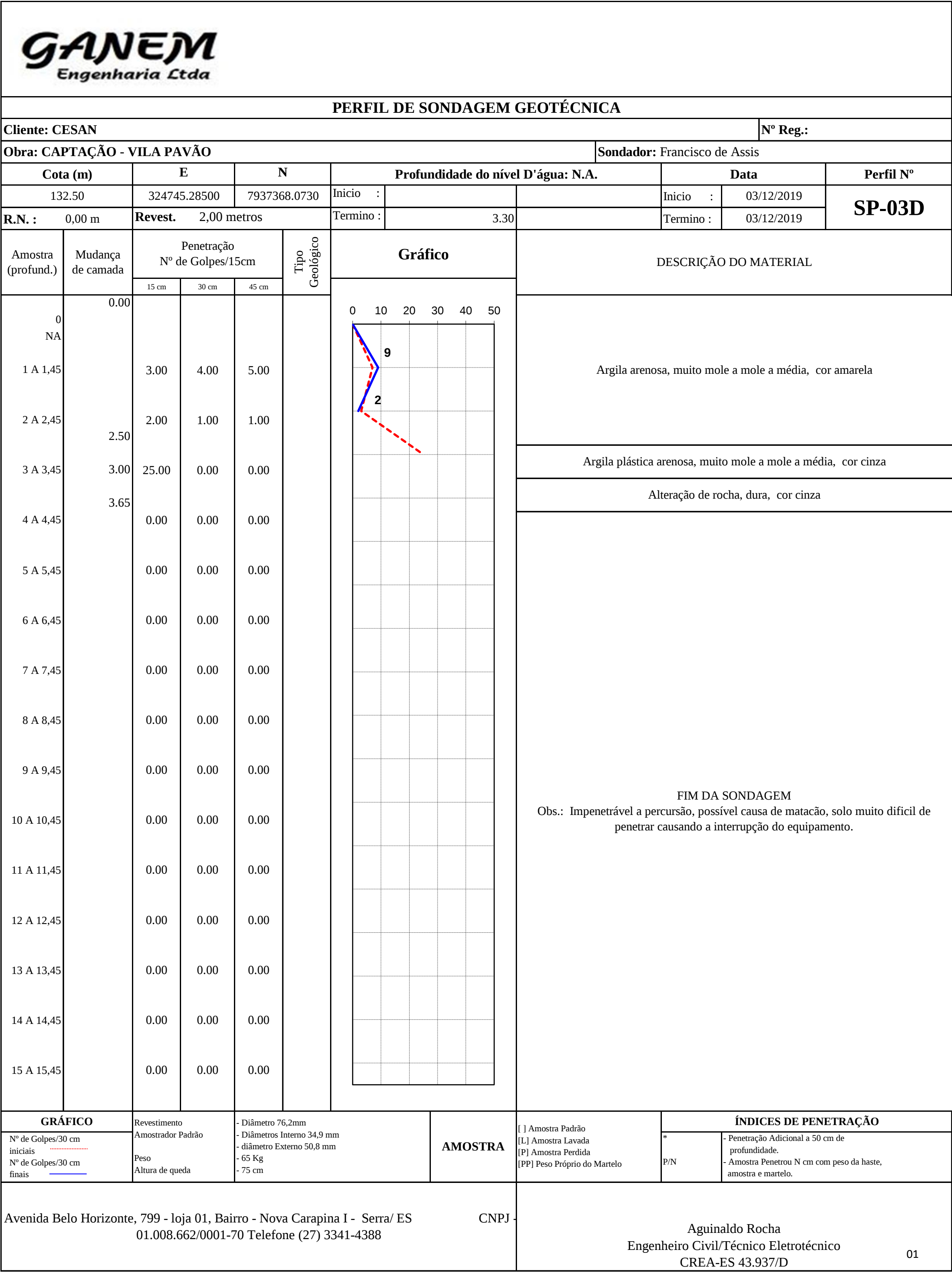














CONTRATO 174/2015
AS N°042/2019

**MUNICÍPIO DE VILA PAVÃO
DISTRITO SEDE**

**MELHORIA NO SAA DE VILA PAVÃO
RELOCAÇÃO DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA
DA SEDE**

VOLUME V – PROJETO ESTRUTURAL

TOMO B – DESENHOS

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do contrato nº 174/2015, celebrado entre a **GANEM Engenharia EPP Ltda** e a **Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN)**.

Este contrato visa atender as demandas de análise operacional e projetos da **Gerência do Interior (O-GIN)**, da **Diretoria Operacional (D-OP)**, e está sendo acompanhado pela **Divisão de Projetos Operacionais (E-DPO)**, da **Gerência de Projetos (E-GPJ)**, da **Diretoria de Engenharia e Meio Ambiente (D-EM)**.

Quanto a operação do sistema a Gerência do Interior está dividida em quatro divisões, nomeadamente a **Divisão de Operação e Manutenção Noroeste (O-DNO)**, **Divisão de Operação e Manutenção Centro Norte (O-DCN)**, **Divisão de Operação e Manutenção Serrana (O-DSE)**, e **Divisão de Operação e Manutenção Sul (O-DSU)**. As divisões encontram-se ainda subdivididas em 9 polos de operação, conforme segue: Divisão Noroeste (Polo Barra de São Francisco e Polo São Gabriel da Palha); Divisão Centro Norte (Polo Nova Venécia, Polo Montanha e Polo Conceição da Barra); Divisão Serrana (Polo Santa Teresa e Polo Venda Nova do Imigrante); e Divisão Sul (Polo Muqui e Polo Castelo).

A **GANEM Engenharia EPP Ltda.** apresenta a seguir os desenhos do projeto estrutural para a relocação da captação de água bruta da sede do município de Vila Pavão. A captação projetada neste trabalho tem um cunho emergencial, tendo em vista a urgência por parte da CESAN da sua instalação. Este projeto visa melhorar o sistema de abastecimento de água do distrito sede do município de Vila Pavão / ES, com a relocação da nova captação de água bruta.

O projeto completo da melhoria do SAA de Vila Pavão com a elaboração da relocação da atual captação de água bruta está apresentado conforme descrito abaixo:

- Volume I – Estudo de Concepção: Relatório Técnico (C-017-000-00-5-ES-0001).
- Volume II – Topografia:
 - Tomo A: Caderneta Topográfica (C-017-000-10-1-CT-0001);
 - Tomo B: Desenhos.
- Volume III – Sondagem: Relatório Técnico (C-017-000-10-3-SD-0001).
- Volume IV – Projeto Hidráulico:
 - Tomo A: Memorial Descritivo e de Cálculo (C-017-000-10-5-MD-0001);
 - Tomo B: Desenhos.

- Volume V – Projeto Estrutural:
 - Tomo A: Memorial de Cálculo (C-017-000-10-4-MC-0001);
 - Tomo B: Desenhos.
- Volume VI – Projeto Elétrico:
 - Tomo A: Memorial de Cálculo (C-017-000-10-6-MC-0001);
 - Tomo B: Desenhos.
- Volume VII – Orçamento (C-017-000-10-0-OR-0001):
 - Planilha Orçamentária (C-017-000-10-0-PL-0001).

Seguem listados abaixo os desenhos produzidos neste projeto estrutural e apresentado no Tomo B desse volume

Número da CESAN		Referência do Desenho
01	C-017-000-10-4-XX-0001	EEAB – Fundação – Forma e armação
02	C-017-000-10-4-XX-0002	EEAB – Plantas e cortes – Forma / Escada – Armação
03	C-017-000-10-4-XX-0003	EEAB – Lajes, pilares e bases – Armação
04	C-017-000-10-4-XX-0004	EEAB – Vigas e tomada de água – Forma e armação
05	C-017-000-10-4-XX-0005	EEAB – Caixa de válvula – Forma e armação

DESENHOS