

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL**  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE MÃE DO RIO DO PARÁ**

**ELABORAÇÃO DOS PROJETOS BÁSICOS E EXECUTIVOS**  
**E EXECUÇÃO DE CONTENÇÃO NA ORLA DO IGARAPÉ MÃE**  
**DO RIO / PA**

LOCAL : MUNICÍPIO DE MÃE DO RIO / PA  
TRECHO : ORLA DO IGARAPÉ MÃE DO RIO  
LOTE : ÚNICO

**VOLUME 1 – RELATÓRIO DO PROJETO**

**AGOSTO/2018**



**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL**  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE MÃE DO RIO DO PARÁ**

**ELABORAÇÃO DOS PROJETOS BÁSICOS E EXECUTIVOS**  
**E EXECUÇÃO DE CONTENÇÃO NA ORLA DO IGARAPÉ MÃE**  
**DO RIO / PA**

LOCAL : MUNICÍPIO DE MÃE DO RIO / PA  
TRECHO : ORLA DO IGARAPÉ MÃE DO RIO  
LOTE : ÚNICO

SUPERVISÃO : Secretaria Municipal de Obras e Urbanização – SEMOURB  
CONTRATO : 0001/2018-PMMR  
PROCESSO : B/2018-00001/PMMR- RDC

**VOLUME 1 – RELATÓRIO DO PROJETO**

**AGOSTO/2018**



## Sumário

<b>1.</b>	<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>5</b>
1.1	CONCEPÇÃO DE PROJETO .....	5
<b>2.</b>	<b>MAPA DE SITUAÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>3.</b>	<b>ESTUDOS.....</b>	<b>9</b>
3.1	ESTUDOS GEOLÓGICOS.....	11
3.1.1	GEOLOGIA REGIONAL .....	11
3.1.2	GEOMORFOLOGIA .....	12
3.2	ESTUDO AMBIENTAL.....	15
3.2.1	RELEVO .....	15
3.2.2	SOLOS .....	15
3.2.3	CLIMA.....	18
3.2.4	VEGETAÇÃO .....	20
3.2.5	HIDROGRAFIA.....	22
3.2.6	FAUNA .....	24
3.2.7	IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PROTEGIDAS .....	25
3.2.8	MEDIDAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL.....	27
3.3	ESTUDOS HIDROLÓGICOS .....	29
3.3.1	INTRODUÇÃO .....	29
3.3.2	CONTEXTO REGIONAL .....	31
3.3.3	REGIME DE CHUVAS .....	32
3.4	ESTUDOS GEOTÉCNICOS.....	35
3.4.1	INTRODUÇÃO .....	35
3.4.2	LOCALIZAÇÃO DOS FUROS .....	35
3.4.3	BOLETINS DE SONDAGEM.....	38
3.5	ESTUDOS TOPOGRÁFICOS .....	53
3.5.1	INTRODUÇÃO .....	53
3.5.1.1	EXECUÇÃO DO ESTUDO .....	53
3.5.2	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS.....	53
<b>4.</b>	<b>PROJETOS .....</b>	<b>55</b>
4.1	PROJETO GEOMÉTRICO.....	57
4.1.1	INTRODUÇÃO .....	57
4.1.2	APRESENTAÇÃO .....	57
4.2	PROJETO DE TERRAPLENAGEM.....	59
4.2.1	INTRODUÇÃO .....	59
4.2.2	METODOLOGIA.....	59
4.2.3	APRESENTAÇÃO .....	60
4.3	PROJETO DE DRENAGEM.....	62
4.3.1	INTRODUÇÃO .....	62
4.3.2	METODOLOGIA.....	62



4.3.3	RESULTADOS .....	63
4.3.4	APRESENTAÇÃO .....	63
<b>4.4</b>	<b>PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO .....</b>	<b>65</b>
4.4.1	INTRODUÇÃO .....	65
4.4.2	DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DO PAVIMENTO .....	69
4.4.2.1	MÉTODO DNER.....	69
4.4.3	ESTRUTURA DO PAVIMENTO .....	70
<b>4.5</b>	<b>PROJETO PROPOSTO.....</b>	<b>72</b>
4.5.1	INTRODUÇÃO .....	72
4.5.2	NORMAS.....	75
4.5.3	ANÁLISE DE ESTABILIDADE DO ATERRO .....	76
4.5.3.1	PARÂMETROS UTILIZADOS NO PROJETO.....	76
4.5.3.2	RUPTURA DA FUNDAÇÃO DO ATERRO.....	76
4.5.3.3	ANÁLISE DE ESTABILIDADE GLOBAL .....	78
4.5.3.4	RESULTADOS .....	79
4.5.3.5	ESTIMATIVA DE RECALQUES .....	80
4.5.3.6	ANÁLISE DE FLUXO .....	82
<b>4.6</b>	<b>QUADRO DE QUANTIDADES.....</b>	<b>87</b>



## Índice de Figuras

Figura 1 - Linha de transmissão encontrada no local.....	6
Figura 2 – Localização do Município de Mãe do Rio/PA. ....	8
Figura 3 - Domínios Tectônicos estado do Pará. (PPA – Plataforma do Pará).....	11
Figura 4 - Arcabouço geológico do estado do Pará. ....	12
Figura 5 - Domínios Geomorfológicos do Pará. A região de Mãe do Rio está inserida no domínio 4. .....	13
Figura 6 - Solos das áreas alteradas do Pará. ....	16
Figura 7 - Gráfico climático.....	19
Figura 8 - Gráfico de Temperatura .....	20
Figura 9 - Regiões Hidrográficas do Pará. ....	23
Figura 10 - Mapa de verificação de influências na obra.....	26
Figura 11 - Ciclo Hidrológico .....	29
Figura 12 - Mapa de localização da Região Hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia. ....	30
Figura 13 - Subdivisões da RHTA. ....	31
Figura 14 - volumes de precipitação e as vazões para a unidade de Acará-Guamá.....	33
Figura 15 - Fotos dos pontos sondados. ....	37
Figura 16 - Figura 65 - Ábaco de Dimensionamento do Método DNER-1996. ....	67
Figura 17 - Esquema Gráfico do Pavimento e Parâmetro de Dimensionamento.....	68
Figura 18 - <i>Layout</i> do projeto em planta proposto.....	73
Figura 19 - Local a sofrer intervenção.....	74
Figura 20 - Local a sofrer intervenção.....	74
Figura 21 - Local a sofrer intervenção.....	75
Figura 22 - Local a sofrer intervenção.....	75
Figura 23 - Parâmetros adotados para cálculo da capacidade de suporte da fundação. ....	77
Figura 24 – Seção transversal analisada. ....	78
Figura 25 - Superfície de ruptura qualquer.....	79
Figura 26 - Superfície de ruptura crítica para o aterro projetado. ....	79
Figura 27 - Recalques para o aterro projetado.....	81
Figura 28 - Gráfico do deslocamento abaixo do aterro. ....	81
Figura 29 - Gráfico para o deslocamento de toda a camada superficial de solo da fundação. ....	82
Figura 30 - Linhas equipotenciais e linhas de fluxo.....	83
Figura 31 - Distribuição das poropressões.....	83
Figura 32 - Valores de poropressão na base do aterro. ....	84
Figura 33 – Gradiente hidráulico vs largura da base do aterro. ....	84
Figura 34 - Velocidade de vazão vs largura do pé do aterro.....	85



## 1. APRESENTAÇÃO



## 1. APRESENTAÇÃO

A **PR.R. Jadão Comercial e Construtora Ltda** apresenta a **Prefeitura Municipal de Mãe do Rio/Pa** este **Volume 1 – Relatório do Projeto Executivo**, referente aos **Projetos Básicos e Executivos e Execução da Construção de Muro de Arrimo na Orla de Mãe do Rio / PA**. Empreendimento a ser realizado com recursos repassados pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil de acordo com a Portaria nº 384/2014. O objeto do relatório será apresentar a solução de engenharia para a construção de muro de contenção para evitar e reduzir riscos de desastres à população que se encontra vulnerável sob ameaça de ocorrência do evento adverso que poderá causar danos humanos, econômicos e o colapso da infraestrutura pública existente.

Será apresentada a região na qual o local da obra se insere, abordando aspectos gerais como geologia, geomorfologia e vegetação. Também serão apresentadas as interferências que serão realizadas e as medidas a serem tomadas como forma de compensação.

Durante o período chuvoso que se inicia em dezembro e pode se estender até maio ocorre a elevação dos níveis d'água do igarapé que corta o município. Devido as características de terreno plano somada a ocupação de zonas próximas aos cursos de água, anualmente a população enfrenta transtornos com a invasão de água nas ruas e residências. O empreendimento visa interromper este ciclo, evitando danos e riscos a população, além de dirimir os gastos do município com medidas paliativas.

O presente trabalho constitui-se dos volumes apresentados a seguir:

Volume 1 – Relatório de Projeto Executivo;

Volume 2 – Projeto de Execução;

### 1.1 CONCEPÇÃO DE PROJETO

O anteprojeto para este empreendimento previa a execução de muro de contenção em painel treliçado dupla face de placas de concreto armado sobre estaca, porém, optou-se por modificar esta solução por outra que se mostrou mais eficiente quanto ao propósito de contenção de cheias. Esta alteração se deu por razões técnicas e econômicas, pressupostos estes definidos em contrato e no próprio regime de contratação (RDC Integrado). Ocorreu também um deslocamento do local de construção da contenção, esta se deu por identificação da passagem de uma linha de transmissão de 138 kV no local da obra, a qual não havia sido identificada nos levantamentos cadastrais durante a fase de anteprojeto. Este deslocamento ocorreu para se evitar interferências na faixa de passagem da linha, o que normativamente não é permitido (conforme NBR 5422/85 – Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica), e conforme especificado em contrato “*No caso de divergências entre as Especificações Técnicas e o*

*Anteprojeto básico, prevalecerão sempre as Especificações Técnicas”. Abaixo são apresentadas imagens da linha de transmissão.*



2°3'5,17"N 47°32'44,97"L



2°3'9,96"N 47°32'49,27"L

Figura 1 - Linha de transmissão encontrada no local.

*Handwritten signature*



## 2. MAPA DE SITUAÇÃO





### 3. ESTUDOS



### 3.1. ESTUDOS GEOLÓGICOS



### 3.1 ESTUDOS GEOLÓGICOS

#### 3.1.1 GEOLOGIA REGIONAL

Regionalmente a região em estudo está inserida no domínio Tectônico da Plataforma do Pará, em sua maior parte corresponde à plataforma continental submersa até profundidades entre 50 e 100 m, onde se limita com a Bacia Pará-Maranhão. No entanto, também abrange a porção leste da Ilha do Marajó, onde afloram seqüências pleisto-holocênicas, englobadas nas Coberturas Detríticas (CZd). A noroeste, esta plataforma se limita com a Plataforma do Amapá e a leste com a Plataforma de Ilha de Santana. (MLV).

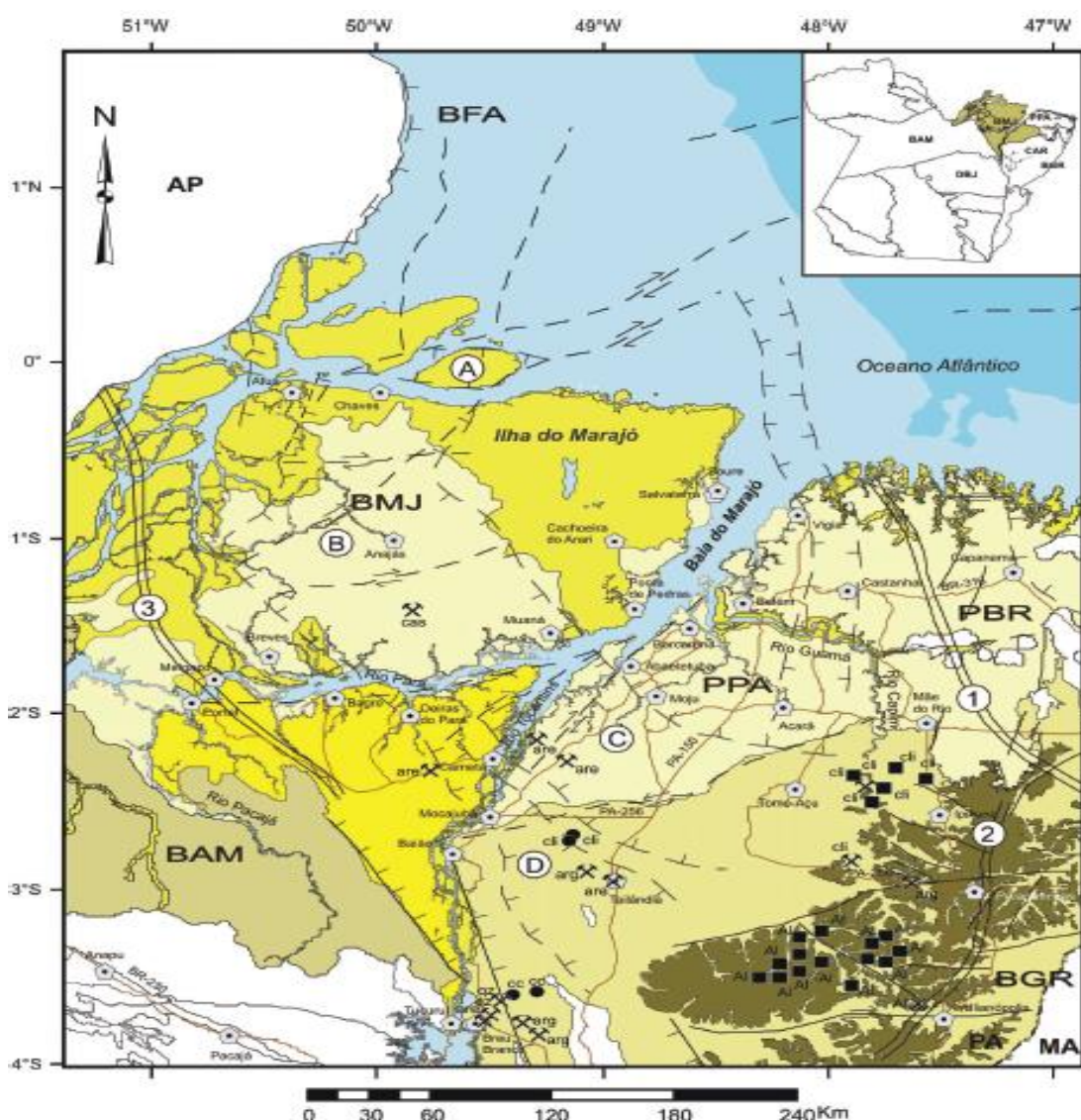


Figura 3 - Domínios Tectônicos estado do Pará. (PPA – Plataforma do Pará).

O arcabouço geológico do nordeste do estado do Pará é marcado por depósitos do Neógeno representados pela Formação Pirabas, do Mioceno Inferior e Grupo Barreiras, também atribuídos ao Mioceno Inferior. Os depósitos quaternários que recobrem a maior parte do NE do

estado do Pará e são representados pelos Sedimentos Pós-Barreiras e depósitos holocênicos de planície aluvionar, estuarina e costeira.

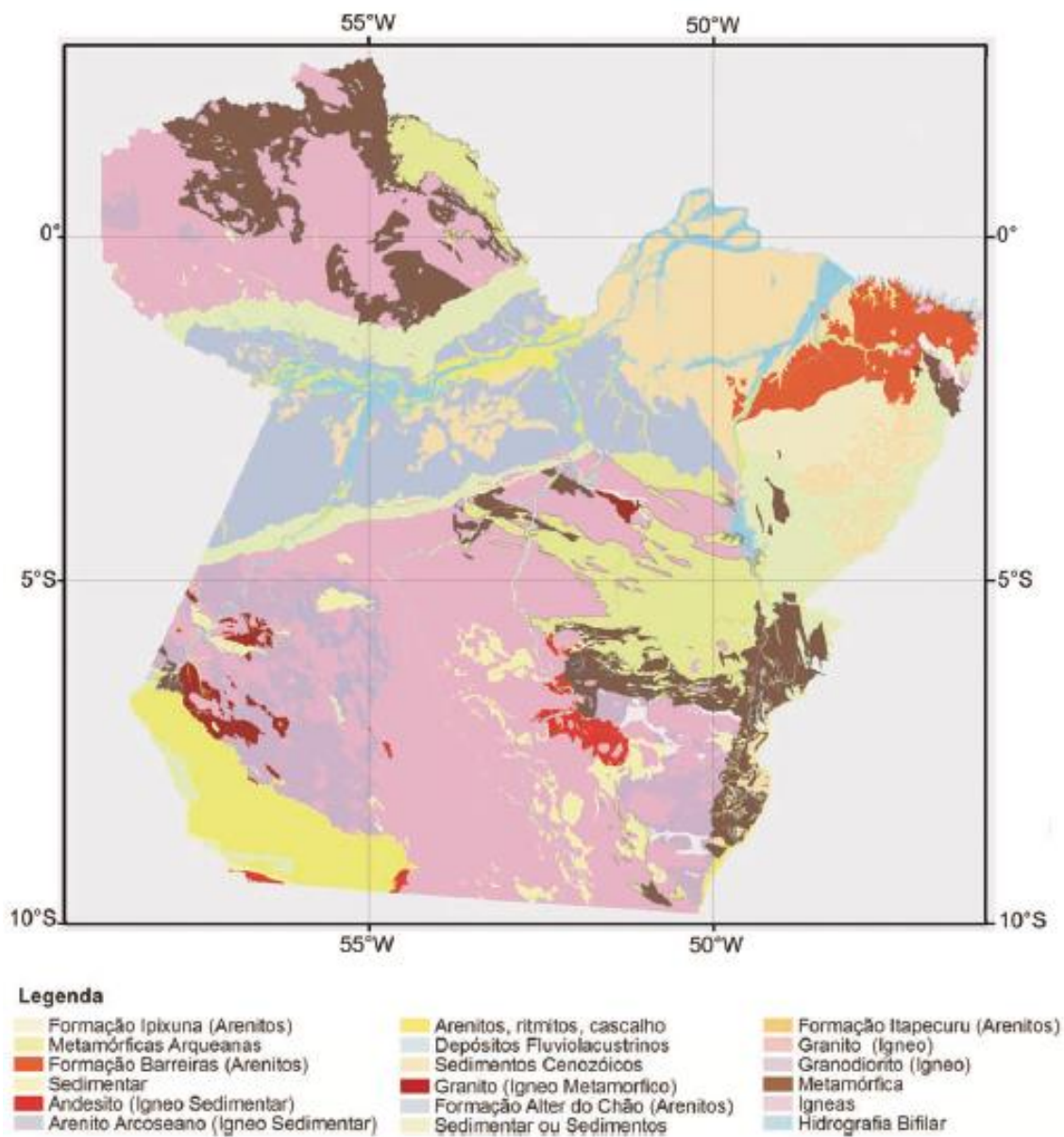


Figura 4 - Arcabouço geológico do estado do Pará.

### 3.1.2 GEOMORFOLOGIA

No estado do Pará, os ambientes estão submetidos a um regime climático quente e úmido, sob intensa atuação de processos de intemperismo químico e lixiviação dos solos, que propiciam a formação de paisagens, em geral, monótonas, recobertas em quase sua totalidade por vegetação florestal.

Os Tabuleiros da Zona Bragantina ocupam o nordeste do estado do Pará, a leste do rio Tocantins, e consistem em um prolongamento da extensa faixa de deposição dos sedimentos do

Grupo Barreiras ao longo da costa brasileira. Esse domínio é exclusivamente representado por extensos tabuleiros de baixa amplitude de relevo (invariavelmente inferiores a 30 m).

Nas áreas mais interioranas, os tabuleiros são típicos e estão embasados pelo Grupo Barreiras (ao sul da cidade de São Miguel do Guamá) e por arenitos, arenitos arcoseanos e argilitos caulínicos de idade cretácica (formações Ipixuna e Itapecuru), que representam o fecho deposicional da Bacia do Parnaíba. Esse conjunto de tabuleiros encontra-se sulcado por rios meândricos (muitos deles exibindo alta sinuosidade), de padrão predominantemente dendrítico, compreendendo os rios Guamá, Moju, Acari e Capim (afluentes do rio Tocantins) e Marapanim, Maracanã, Caeté, Piriá e Gurupi, que desembocam diretamente no oceano Atlântico. Essa vasta superfície tabular apresenta cotas muito baixas, que variam entre 20 e 80 m.

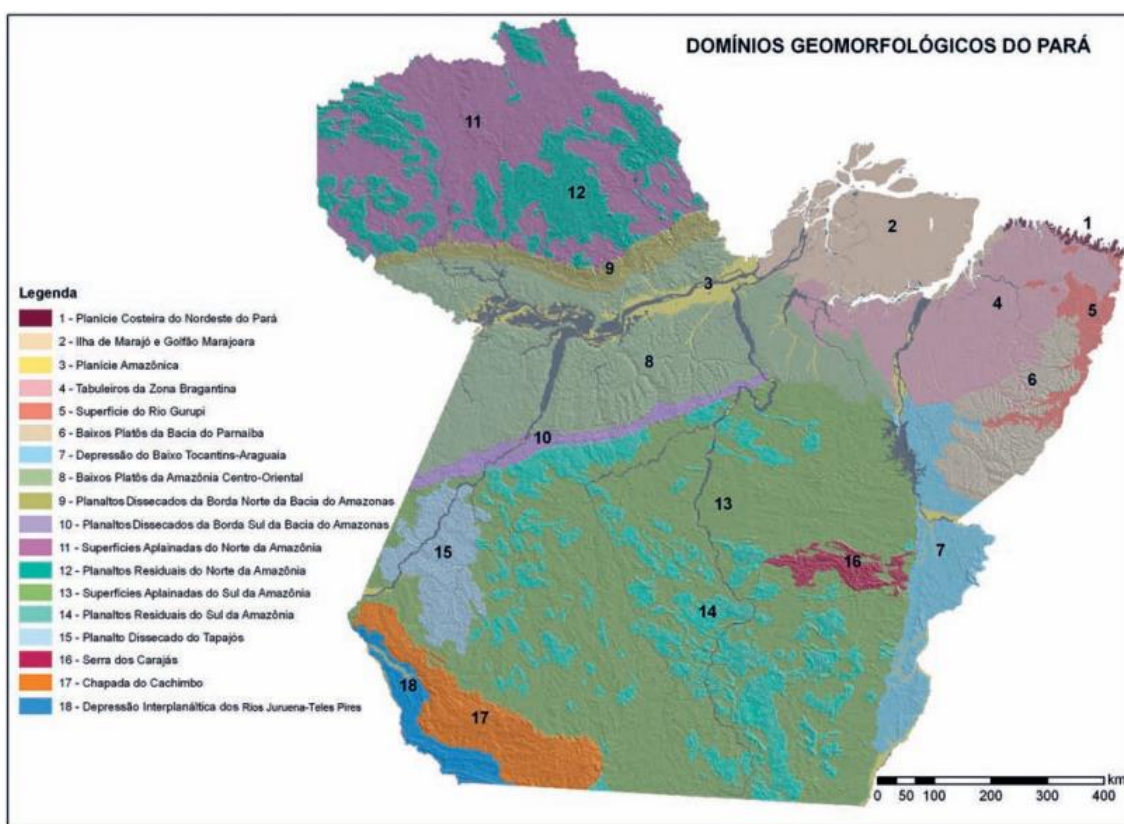


Figura 5 - Domínios Geomorfológicos do Pará. A região de Mãe do Rio está inserida no domínio 4.

## 3.2. ESTUDO AMBIENTAL



## 3.2 ESTUDO AMBIENTAL

### 3.2.1 RELEVO

O relevo é baixo e plano; 58% do território se encontram abaixo dos 200 metros. As altitudes superiores a 500 metros estão nas serras de Carajás, Caximbinho e Acari.

O relevo do estado apresenta três aspectos distintos que incluem o planalto Norte-Amazônico, formado quase integralmente por terrenos cristalinos, representando uma das parcelas do planalto das Guianas, onde se encontram as serras de Acari e Tumucumaque (cerca de 850 metros de altitude); a planície Amazônica, faixa sedimentar estreita e alongada no sentido sudoeste-nordeste, através da qual corre o rio Amazonas; e o planalto Sul-Amazônico, que se constitui parcela do planalto Central brasileiro, elevando-se em direção ao sul, onde se encontra a serra dos Carajás.

Acompanhando a geologia, são representativos do relevo os tabuleiros, terraços e várzeas, que se inserem no Planalto Rebaixado da Amazônia (Zona Bragantina).

### 3.2.2 SOLOS

Sobre esses terrenos desenvolve-se, originalmente, a Floresta Ombrófila Densa de terras baixas a qual foi massivamente substituída por “capoeiras” na qual a vegetação se caracteriza por fisionomia e estrutura variada, atingindo alturas médias em torno de 10m. Ocorrem solos bem drenados e de baixa fertilidade natural, espessos e lixiviados (Mata de Terra Firme), predominando Latossolos Amarelos distróficos. Subordinadamente observam-se Plintossolos Háplicos distróficos, Plintossolos Pétricos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Quartzarênicos. Nos amplos fundos de vales dos rios principais, predominam, nos baixos cursos, Gleissolos Háplicos distróficos e eutróficos e, nos médios cursos, Neossolos Flúvicos eutróficos.

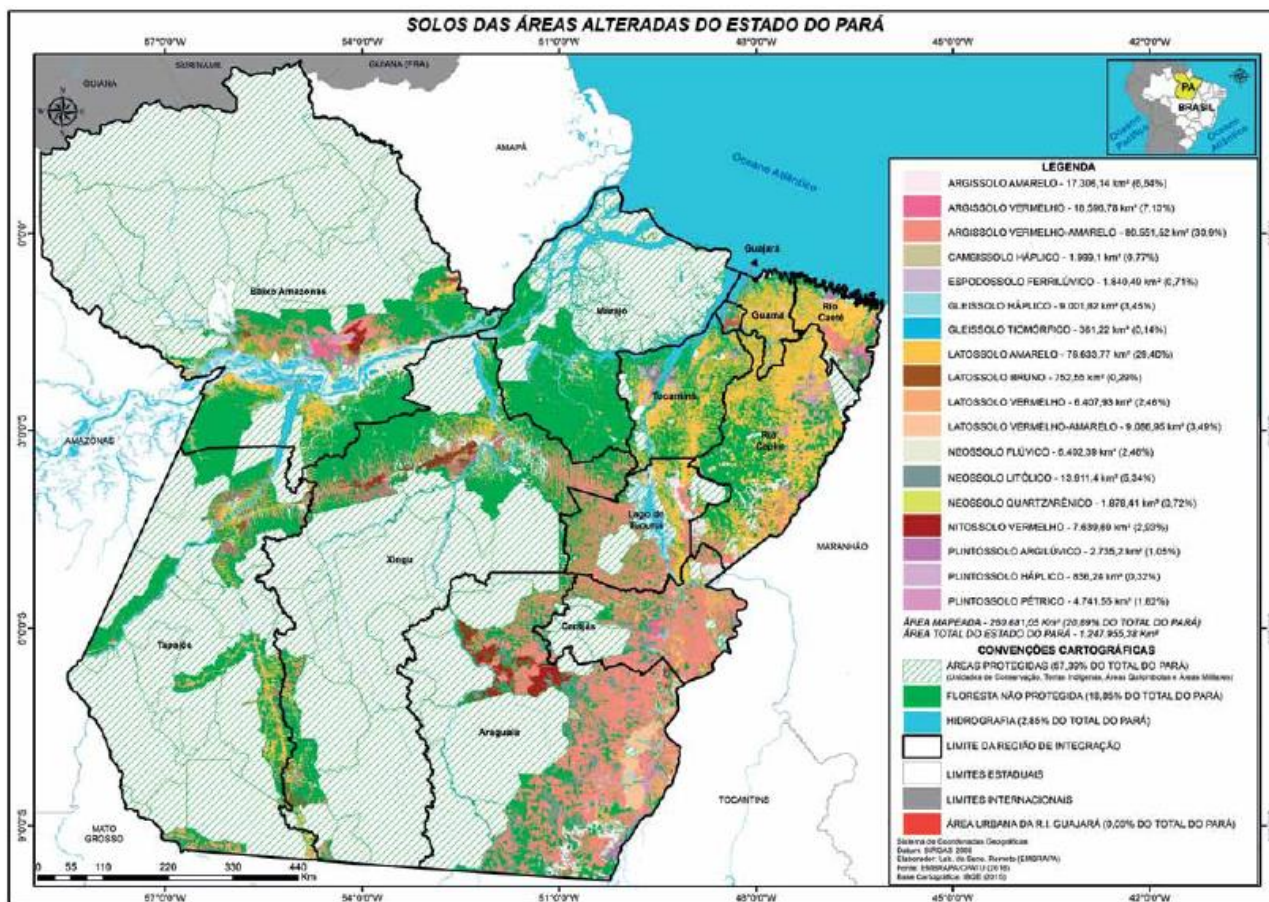


Figura 6 - Solos das áreas alteradas do Pará.

Formados por terrenos cristalinos e sedimentares que lhe deram origem, os solos paraenses apresentam-se com certa diversidade, sendo caracterizados especialmente, pela intensa lixiviação (lavagem do solo pelas águas das chuvas) a que são submetidos. As derrubadas e queimadas que vêm ocorrendo no Estado, expõem o solo diretamente ao trabalho da erosão pluvial devido aos altos índices de chuvas que caracterizam a região. A ilusão do caboclo paraense de que as queimadas fertilizam o solo, o que inevitavelmente ocorre na sua fase imediata, não leva em consideração que os nutrientes se perdem com as chuvas, deixando o solo empobrecido. Pelas características geomorfológicas e climáticas da região, os solos paraenses podem ser classificados, genericamente, em solos de várzeas e de terra firme.

Os solos de várzeas, localizados nas margens dos rios, são adubados e drenados naturalmente pelas enchentes periódicas. São ricos em húmus (matéria orgânica) devido às aluviões que se depositam nas suas margens. São originários, portanto, de terrenos sedimentares recentes (terciários e quaternários), hidromorfos e geralmente argilo-arenoso. Já os solos de terra firme, com predominância dos latossolos, amarelos ou vermelhos são mais destinados a culturas permanentes ou de ciclos longos, como da pimenta-do-reino, cacau e dendê. Existem algumas manchas de terra roxa disseminadas mais para o Sul do Estado. Nas demais áreas, os solos podem ser corrigidos através da adubação, que suprirá a pobreza em minerais nutrientes e

acidez. Esses solos são geralmente profundos, bem drenados e, como aparecem em áreas planas ou pouco acidentadas, oferecem condições adequadas à mecanização.

O grupo dos latossolos amarelos tem sua origem relacionada a sedimentos areno-argilosos dos períodos quaternário e terciário. Encontrado na faixa paralela aos rios Guamá, Tocantins e Amazonas. O latossolo vermelho-amarelo apresenta características semelhantes ao latossolo amarelo, inclusive quanto à origem, mas com teor mais elevado de  $Fe_2O_3$  (óxido de ferro). Encontra-se no extremo Norte do Estado e ao longo do Rio Araguaia. A terra roxa estruturada caracteriza-se pela profundidade, firmeza e fertilidade natural para a agricultura. Resulta da alteração de rochas básicas e ultrabásicas. Encontrada às proximidades dos municípios de Alenquer e São Félix do Xingu.

O solo podzólico vermelho-amarelo eutrófico é encontrado em algumas áreas do Sul do Pará, em relevos com topografia variável, apresentando boa reserva de nutrientes. O podzólico vermelho-amarelo, semelhante ao podzólico vermelho-amarelo eutrófico, tem baixa fertilidade natural, ocorrendo em relevos planos e nos terrenos com ondulações. Na ilha de Marajó é encontrada a variação podzólico vermelho-amarelo plíntico, que apresenta de média a grande profundidade e grande concentração de água. No plintossolo predominam as cores avermelhadas, a baixa fertilidade natural e o excesso de água. Originado de sedimentos areno-argilosos do quaternário, é encontrado no Marajó. O podzol hidromórfico apresenta baixa fertilidade natural, textura arenosa e pouca permeabilidade. A origem está relacionada aos sedimentos areno-argilosos dos períodos quaternário e terciário. Encontrado em pequenas áreas do Nordeste do Pará, incluindo o Marajó.

O solonchak é um solo com alta concentração de sais solúveis, responsáveis pela forlitolítico. Dependendo do material de origem, esse tipo apresenta características físicas e químicas diferentes. Apresenta textura arenosa, média ou argilosa, sendo facilmente atingido pela erosão devido à pouca profundidade. Não é indicado para a agricultura. Os lençóis freáticos influenciam diretamente o tipo gleissolo, originado de sedimentos do período holoceno. Subdivide-se em gleihúmico e glei pouco húmico, conforme os efeitos da oscilação do lençol freático. Ocorre nas planícies fluviais, como a área de Belém e seu entorno. Parte do litoral paraense é dominada pelo solo indiscriminado de mangue. Não é indicado para a agropecuária, por apresentar excesso de água e cúmulo de sais solúveis, que prejudicam o crescimento de espécies vegetais. O vertissolo é um tipo de solo mineral de média a grande profundidade, que durante a época chuvosa tem a capacidade de se expandir e na época seca se contrai, provocando o aparecimento de fendas com espessuras superiores a 1 cm. Apresenta boa reserva de nutrientes, favoráveis ao crescimento de vegetação. Entretanto, como se contrai durante a seca, as raízes das plantas podem se rachar. Por ser pouco permeável, o excesso de água acumulada na superfície e a consistência pegajosa impossibilitam o uso de máquinas. Ocorre em pequenas áreas do Pará. Com alto teor de ferro e alcalinidade, além de baixa fertilidade, o tipo petroplíntico

não é indicado para a agricultura, por não oferecer nutrientes e espaço necessário ao desenvolvimento de espécies vegetais. A concentração de ferro também limita o uso de máquinas para melhorar a qualidade do solo. É encontrado no Nordeste do Pará e às proximidades do Rio Amazonas.

Os solos do Município são representados pelo Latossolo Amarelo, textura argilosa; Latossolo Amarelo, textura média e Concrecionário Laterítico. Há, também, solos areno-quartzosos representados pela Areia Quartzosa e Podzol Hidromórfico.

### 3.2.3 CLIMA

Situado na Zona do Equador, o Pará tem, predominantemente, o clima equatorial quente e úmido, com ventos constantes e muita chuva. O índice pluviométrico (quantidade de chuva) é menor entre os meses de julho a outubro, quando há mais horas de sol. O índice médio anual é de 2.248 mm, variando de 1.677mm a 3.215mm. O Pará não registra mudanças bruscas de temperatura, com as médias anuais oscilando de 24°C a 26°C, enquanto a umidade relativa do ar é de 80%. O outro tipo de clima verificado no Pará, considerando-se o regime de umidade, é o superúmido. O Arquipélago do Marajó concentra as áreas mais úmidas do Estado. Nos municípios do Médio Amazonas estão as áreas mais secas.

O clima equatorial é dos tipos climáticos das regiões intertropicais utilizado no sistema de classificação do clima de Köppen e Geiger, no qual é denotado pelo grupo Am, para classificar o clima das zonas geográficas caracterizadas pela elevada temperatura média do ar; entre 24° C e 27° C, com média mensal de 26,5° C e pela alta pluviosidade (a pluviosidade média anual de 2.248 mm e precipitação média mensal superior a 60 mm em todos os meses do ano). A generalidade de regiões de clima equatorial encontra-se concentradas numa faixa de 5° de latitude em torno da linha do Equador, razão que justifica a atribuição da designação de equatorial dada ao tipo. A dinâmica da atmosfera nestas regiões é dominada pela presença da Zona de Convergência Intertropical e pelo predomínio de fenômenos do tipo convectivo, produzindo precipitação intensa em geral associada a trovoadas durante o período mais quente do dia (início da tarde). As elevadas temperaturas asseguram uma elevada evapotranspiração.

O clima do município insere-se na categoria de megatérmico e úmido. A temperatura média anual é elevada, em torno de 25 °C. O período mais quente apresenta médias mensais em torno de 25,5 °C; as temperaturas mínimas diárias de 20 °C ocorrem no período mais frio.

Seu regime pluviométrico fica, geralmente, entre 2.250 mm e 2.500mm/ano. As chuvas, apesar de regulares, não se distribuem igualmente durante o ano, sendo sua maior concentração (cerca de 80%) de janeiro a maio, implicando grandes excedentes hídricos e, conseqüentemente, grandes escoamentos superficiais e cheias dos rios. A umidade relativa do ar gira em torno de 85%.



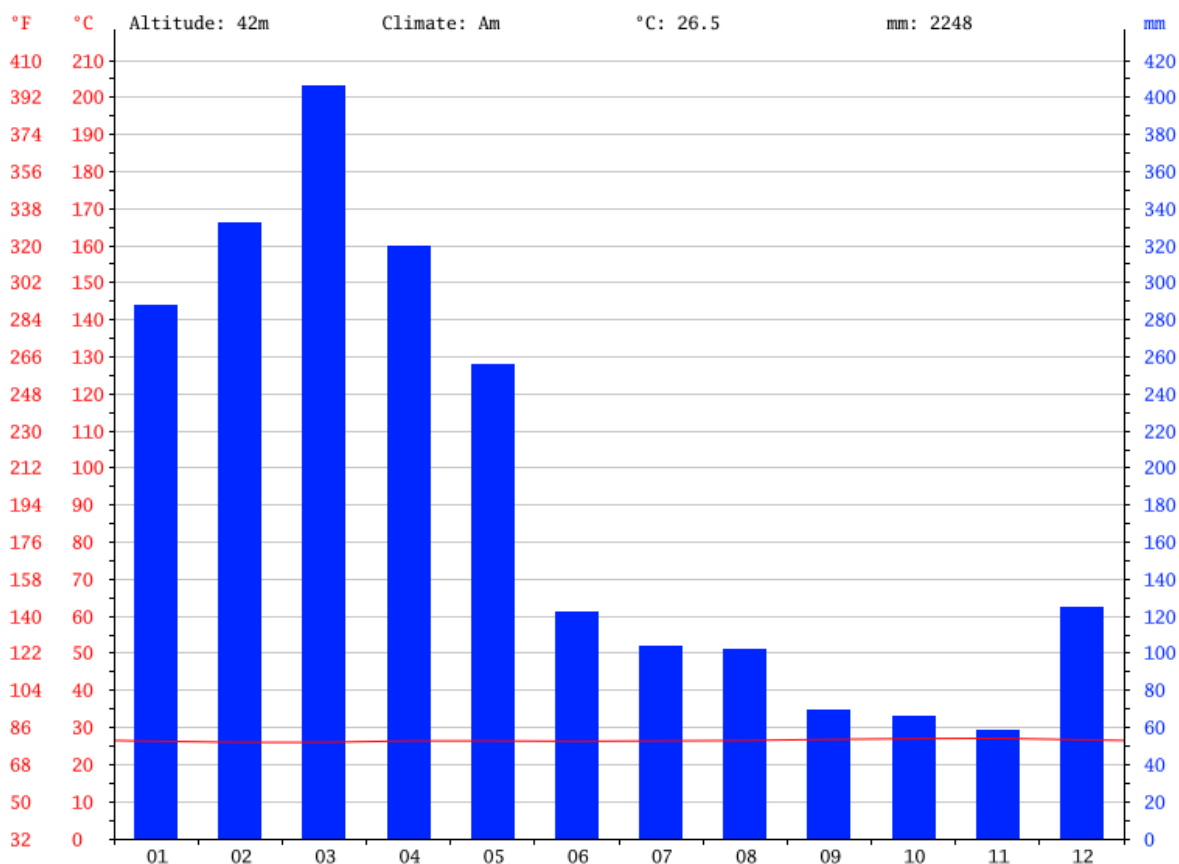


Figura 7 - Gráfico climático.

Fonte: climate-data.org

58 mm refere-se à precipitação do mês de Novembro, que é o mês mais seco. Apresentando uma média de 406 mm, o mês de Março é o mês de maior precipitação.



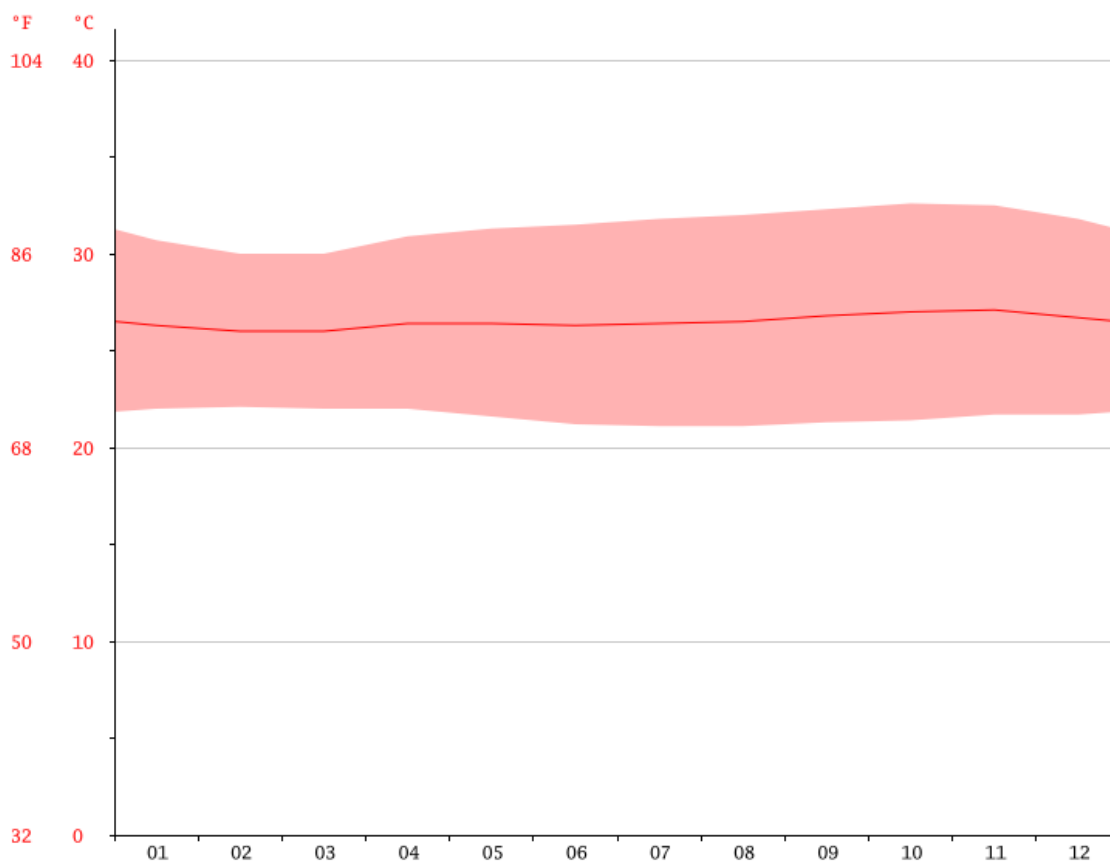


Figura 8 - Gráfico de Temperatura  
Fonte: climate-data.org

Novembro é o mês mais quente do ano com uma temperatura média de 27.1 °C. A temperatura média em Fevereiro, é de 26.0 °C. É a temperatura média mais baixa de todo o ano.

348 mm é a diferença de precipitação entre o mês mais seco e o mês mais chuvoso. Durante o ano as temperaturas médias variam 1.1 °C.

### 3.2.4 VEGETAÇÃO

No Estado do Pará, são encontradas duas espécies dominantes na vegetação local: as palmeiras do buriti (*Mauritia flexuosa*) e do açaí (*Euterpe oleracea*). Na parte da floresta amazônica pertencente ao Estado do Pará, são encontradas matas fechadas e campos alagados. Existem quatro tipos de florestas no território paraense, que são a Ombrófila Densa, Ombrófila Aberta, Estacional Decidual e Estacional Semidecidual.

Na Floresta Ombrófila Densa são encontradas as matas de terra firme, de várzea e de igapó. A mata de terra firme, que faz parte da região mais quente e úmida do Brasil, está presente em quase todo o Estado, numa área de clima marcado pelas chuvas, registrando um índice pluviométrico superior a 2.300 mm ao ano e com temperatura oscilando entre 22° e 25°C. Nesse

tipo de mata estão árvores de grande porte, que variam de 25 a 50 m de altura, as quais se subdividem em quatro tipos: aquelas chamadas árvores emergentes, que se destacam na cobertura vegetal por sua altura, acima do nível das outras espécies; as árvores que formam a cobertura uniforme, que têm praticamente a mesma altura; a chamada submata, com as árvores de menor porte; e os arbustos e as ervas. Ainda são observadas as depressões, chamadas de "terras baixas", onde as árvores de grande porte, com densas copas e troncos altos e retos, verdadeiros "gigantes da floresta", como o Angelim, a maçaranduba, a castanheira-do-pará, a seringueira, e o piquiá. Esses exemplares formam um ambiente fechado, onde a luz solar praticamente não chega a atingir o solo. Portanto a umidade é constante.

Nas planícies ao longo do Rio Amazonas e de seus grandes afluentes, onde estão as matas de várzea (inundadas periodicamente) e as matas de igapó (sempre de baixo d'água). Por estar próxima ao Rio Amazonas, as matas de várzeas são propícias às espécies menos frondosas, ucuúba, andiroba, anani, palmeira do açaí e buritirana. Na região de várzea da Ilha de Marajó destacam-se em altura as espécies leguminosas, como o jutaí-açu e a faveira. Nas margens dos furos também encontramos várias espécies de seringueiras. Na mata de igapó existem espécies como a seringa-itaúba, a andirobinha, ou cabeça-de cutia, a palmeira marajá e a sororoca ou bananeira-brava.

A vegetação paraense apresenta também a Floresta Estacional Semidecidual encontrada no Norte, Sul e Leste do Pará, geralmente nas regiões onde o período de chuvas abundantes é seguido por quatro a seis meses de seca, com uma temperatura média em torno de 22°C. A principal característica desse tipo de floresta é a perda simultânea das folhas, que atinge até 50% da cobertura vegetal, para que as espécies se adaptem às mudanças climáticas. Nos pontos mais úmidos são encontradas as palmeiras tucumã e inajá. Além dessas espécies, apresentam o louro-amarelo e o pau marfim. A maioria das árvores dessa floresta, nas partes baixas dos relevos planos, tem troncos retos, copas pequenas e ficam ligeiramente espaçadas, o que garante a entrada da luz do sol. Entre as árvores características, que variam de 20 a 35 m de altura, estão o breu-manga e a copaíba.

Nos caminhos das florestas paraenses, é a Floresta Estacional Decidual encontrada na área da Serra do Cachimbo, no Sul do Pará. Essa floresta tem uma peculiaridade: mais da metade de sua cobertura vegetal perde as folhas nos períodos de seca, geralmente de junho a setembro. Entre suas espécies mais freqüentes estão o jatobá, as perobas e o tento. Porém, no Estado são encontradas ainda savanas (áreas também chamadas de cerrados). As savanas ocorrem em regiões onde o período seco se estende de quatro a seis meses. No Norte do Pará, encontramos a savana de Tiriós. Nas áreas com influência fluvial encontramos os campos mistos e alagáveis e os campos de várzea. As áreas com influência marinha ficam ao longo do litoral, recebendo influência direta do oceano e abrangendo as faixas com praias, dunas e outras formações litorâneas.

Na costa do Pará, principalmente no trecho que vai de Salinópolis ao Norte da Ilha de Marajó, as praias são originárias das Areias Quartzosas Marinhas, com areias brancas e dunas cobertas por vegetação arbustiva, como o ajuru. Nas áreas com influência fluviomarinha encontramos árvores que se adaptam aos estuários dos rios, desde que estes tenham areias, água salobra e o movimento de vazante das marés. Já os mangues estão presentes na costa Nordeste da Ilha do Marajó, na Região do Salgado e ainda na Ilha de Mosqueiro. Além da espécie *Rhizophora* (muito comum na formação dos mangues), a vegetação apresenta as aningas. As palmeiras do açaí e buriti determinam a transição das áreas de mangue para as áreas de influência apenas fluvial. As áreas com influência fluvial permanecem alagadas quase todo o ano. É possível encontrá-las ao longo do médio e baixo Amazonas e de alguns afluentes, e no Arquipélago de Marajó. A vegetação dessas áreas é formada por gramíneas e plantas aquáticas de folhagem larga, como o aguapé e o mururé; por arbustos como a aninga; por palmeiras, principalmente a buritirana e a pupunharana; e por espécies arbóreas, nos locais onde o período de inundação é menor.

No município de Mãe do Rio, a vegetação predominante é a Floresta Equatorial Latifoliada, representada pelos subtipos Floresta Densa dos platôs, Densa dos terraços e Floresta Aluvial. Grande parte das matas primitivas foi substituída, devido à ação do desmatamento, por Florestas Secundárias ou capoeiras.

### 3.2.5 HIDROGRAFIA

Seguindo as características hidrográficas da Amazônia, o Pará é um Estado entrecortado por dezenas de rios e outros cursos d'água, como lagos, furos e igarapés, que ajudam a formar um dos mais importantes ecossistemas da terra e resultam, principalmente, do grande índice pluviométrico registrado na região.

Correndo no sentido oeste-leste está o principal rio paraense, o Amazonas desaguardo posteriormente no Oceano Atlântico onde forma um delta de 61 km de largura. Neste encontro (águas do rio e do oceano), ocorre o fenômeno da pororoca resultando em ondas de mais de 4 metros de altura. São afluentes do rio Amazonas.

Margem esquerda: Jari, Paru, Trombetas e Nhamundá

Margem direita: Xingu e Tapajós

Vários afluentes, bem como, o rio Amazonas propicia a navegação sendo este o principal meio de transporte local. Outros rios da região têm sua importância como o Gurupi (limita o Pará com o Maranhão) e o Araguaia (afluente do Tocantins).

Lagos: Os principais estão situados em áreas de várzea. Entre eles: Grande do Curuaí, Itandeua, Poção (próximo da divisa com o Amazonas), Grande de Maicuru (próximo de Monte Alegre). O lago Arari, com cerca de 100km<sup>2</sup> está situado na baixada litorânea.

Ilhas: Entre a foz do rio Amazonas e o oceano Atlântico está situada a maior das ilhas





brasileiras, Ilha de Marajó. Com 47.964km<sup>2</sup> é considerada a sétima maior ilha atlântica. Em toda a extensão do rio Amazonas existem várias outras ilhas como a Grande Gurupí, a Pará, a Janacu, a Caviana, a Mexiana e outros de menor importância.

Litoral: Ao todo são 618km de extensão, várias ilhas na foz do rio Amazonas e outros aspectos naturais deste que, como o canal do Norte, a baía de Marajó, a baía de Guajará, a baía de Caeté, os cabos de Maguari e de Gurupi. Guajará, a baía de Caeté, os cabos de Maguari e de Gurupi.



Figura 9 - Regiões Hidrográficas do Pará.

A Região Hidrográfica Costa Atlântica-Nordeste constitui-se das bacias dos rios Guamá-Moju, Gurupí e das bacias da região do Atlântico. Tem como drenagens principais os rios Guamá, Capim, Acará, Mojú, Aiu-Açu, Acará Miri, Camari, Piriá, Gurupi-Miri, Guajará, Rolim, Coaraci-Paraná, Uarim, Caeté, Pirabas, Maracanã, Marapanim, Mojuí e Maguari. Esta região engloba como principais municípios Rondon do Pará, Dom Eliseu, Abel Figueiredo, Bom Jesus do Tocantins, Jacundá, Goianésia do Pará, Breu Branco, Moju, Igarapé-Miri, Abaetetuba, Barcarena, Viseu, Cachoeira do Piriá, Nova Esperança do Piriá, Paragominas, Ulianópolis, Dom Eliseu, Augusto Correa, Santa Luzia do Pará, Tracuateua, Bragança, Quatipuru, Bonito, Capanema, São João de Pirabas, Primavera, Peixe-Boi, Nova Timboteua, Salinópolis, Santarém Novo, Santa Maria do Pará, Igarapé-Açu, Maracanã, Magalhães Barata, São Francisco do Pará, Terra Alta, Marapanim, Castanhal, São João da Ponta, São Caetano de Odivelas, Vigia, Colares, Santo Antônio do Tauá, Santa Izabel do Pará, Curuçá, Santa Bárbara do Pará, Benevides, Ananindeua e Belém.

O acidente hidrográfico mais importante do município é o igarapé Mãe do Rio. Possui todos os tributários dentro do seu território e banha a sede do município. Pela margem esquerda,

recebe os igarapés Jauará-Açu e o Damião que, junto com o rio Arauati, faz limite com Irituia. Recebe os igarapés Ajarai e Mirizal, este último faz limite nordeste com Irituia; a leste, o igarapé Pirimpindeua, afluente da margem direita de Mãe do Rio e o limite natural com Irituia.

### 3.2.6 FAUNA

O ecossistema do Pará apresenta a biodiversidade característica da região amazônica, onde já foram catalogadas mais de duas mil espécies de peixes, cerca de 950 espécies de pássaros, 300 espécies de mamíferos e cerca de 10% de todas as espécies de plantas existentes. No território paraense, essa variedade de espécies animais e vegetais é imensa, devido principalmente às condições climáticas (localização na zona equatorial) e ao tamanho da área coberta por florestas. Nas últimas décadas, a preocupação com o futuro do ecossistema amazônico – aí incluído o paraense – vem sendo manifestada dentro e fora do Brasil, por instituições governamentais e não governamentais.

Vários fatores contribuem para a destruição da flora e o processo acelerado de extinção de animais em território paraense. Entre esses fatores, destacam-se a exploração seletiva de madeira (que acaba com reservas naturais de madeiras nobres), a agropecuária extensiva (responsável pela derrubada da mata para transformação em pasto), a construção de usinas hidrelétricas (que altera o ecossistema dos rios e áreas próximas), a caça indiscriminada visando à retirada do couro para comercialização, a pesca predatória e o extrativismo de plantas destinadas à indústria farmacêutica. Em algumas áreas, animais, como a queixada, o peixe-boi, o pirarucu, as tartarugas e os mutuns já foram bastante reduzidos.

No Território Nordeste Paraense, região na qual se insere o município em questão, são encontrados diversos ecossistemas, terrestres e aquáticos, dispondo de recursos renováveis e não renováveis, num crescente processo de alteração que leva à degradação e destruição de microorganismos e espécies nativas, tanto da flora quanto da fauna.

Diversos ecossistemas são encontrados nesta região, o Quadro 1 apresenta esses ecossistemas e a fauna tipicamente neles encontrada.

Quadro 1 - Ecossistemas e a fauna tipicamente ali encontrada.

<b>Ecossistemas Terrestres</b>	<b>Fauna típica</b>
Capoeira	Grande variedade de animais de médio e pequeno porte como o veado, a preguiça e a paca.
Mata de terra firme	Pequenos animais como o gambá, a cutia, o coelho. Sendo, ainda, habitat de muitas espécies de pássaros: inambu, papagaio, coruja, curió, entre outros.
Várzea baixa	Macacos, pato selvagem e quati. Quando inundada a várzea baixa é visitada por peixes em busca de alimentação, como o aracu, o cará e o pacamu.

Várzea alta	Socó, arancoã, garça, saracura, e jacaré. Sendo que as aves se alimentam de peixes como arraia, pescada, cará, sarapó e comem, ainda, flores, folhas, frutos, sementes e insetos. Com exceção da cobra sucuri que se alimenta de ambos.
<b>Ecossistemas Aquáticos</b>	<b>Fauna típica</b>
Piri	Diversas variedades de peixes como o cará, a traíra, o tamoatá e o poraquê; aves como a garça, a piaçoca, a saracura, o socó; e animais como a capivara e o jacaré, já em extinção.
Igapó	Paca, tatu, cutia, macaco, jabuti, irara e lontra. Entre as espécies de peixe pode-se encontrar traíra, jacundá, cará, jandiá, tui, mandi, piau.

### 3.2.7 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PROTEGIDAS

Foram levantadas possíveis áreas protegidas que a obra pudesse interferir num raio de 40 km de distância do centro desta, foram pesquisadas Unidades de Conservação Federal, Estadual e Municipal, além de Povoados Quilombolas e Terras Indígenas, não sendo encontrado nenhuma destas no raio pesquisado, conforme Figura 10.





### 3.2.8 MEDIDAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

O componente ambiental consiste num conjunto de medidas de reabilitação ambiental a ser implementado em áreas alteradas durante a fase construtiva da obra, tais como: canteiros de obra, áreas de exploração de materiais de construção (pedreiras, jazidas, empréstimos) visando a reintegração destes locais ao seu uso original. As soluções e quantificações dos serviços necessários para recuperar as áreas de uso da obra são apresentadas abaixo.

Quadro 2 - Quantitativos para a recuperação.

Ocorrência	Área (m <sup>2</sup> )	Quantitativo
Hidrosssemeadura das áreas úteis	13.586 m <sup>2</sup>	13.586 m <sup>2</sup>
Plantio de arbustos (empréstimos)	3.420 m <sup>2</sup>	855 und

### 3.3. ESTUDOS HIDROLÓGICOS



### 3.3 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

#### 3.3.1 INTRODUÇÃO

Os estudos hidrológicos foram procedidos com a finalidade de identificar e qualificar as circunstâncias climáticas, pluviométricas, hídricas e fisiográficas da área onde se localiza o trecho de intervenção a ser implantado, e proceder à aplicação de modelos pluviais e hidrológicos para o dimensionamento das obras de drenagem necessárias no mesmo.

Os estudos foram baseados nas recomendações indicadas no Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (Publicação IPR-715 do DNIT), Manual de Drenagem de Rodovias (Publicação IPR-724 do DNIT), Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopos Básicos e Instruções de Serviços (Publicação IPR-726 do DNIT – IS-203 e IS-210) e premissas e parâmetros do Anteprojeto.

De acordo com o “United States Federal Council of Science” a hidrologia é definida como a ciência que trata da água na terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas, e suas relações com a vida.

O conceito do ciclo hidrológico é interessante no sentido de apresentar uma visão geral das transformações e aspectos que regem a ocorrência da água na terra. A figura a seguir apresenta uma visão geral desse ciclo.

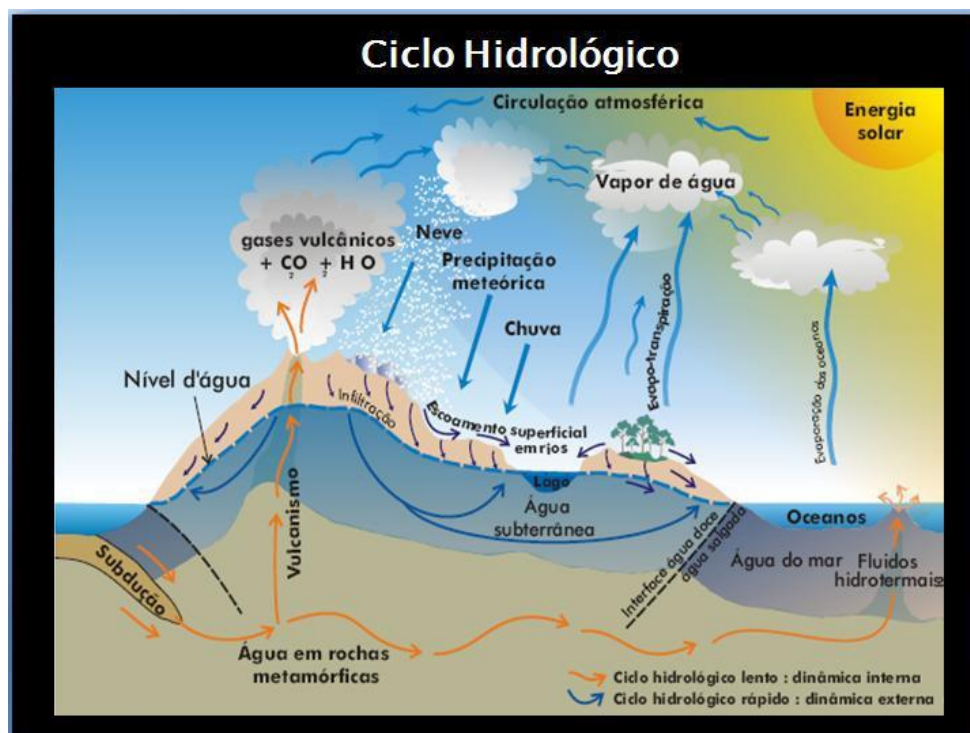


Figura 11 - Ciclo Hidrológico

Fonte: <http://thiagoazeredogeomorfologiageral.blogspot.com.br/2001>

Através de textos e dados coletados referentes ao clima, se busca um entendimento desse fenômeno e a sua manifestação na área atravessada pela rodovia, como precipitações,







### 3.3.2 CONTEXTO REGIONAL

A RHTA é subdividida em 17 unidades, sendo que o município de Mãe do Rio pertence a unidade nº 17 denominada de Acará-Guamá. Esta por sua vez tem como principais os rios Acará, Guamá e Moju, com área de 90.928 km<sup>2</sup>.

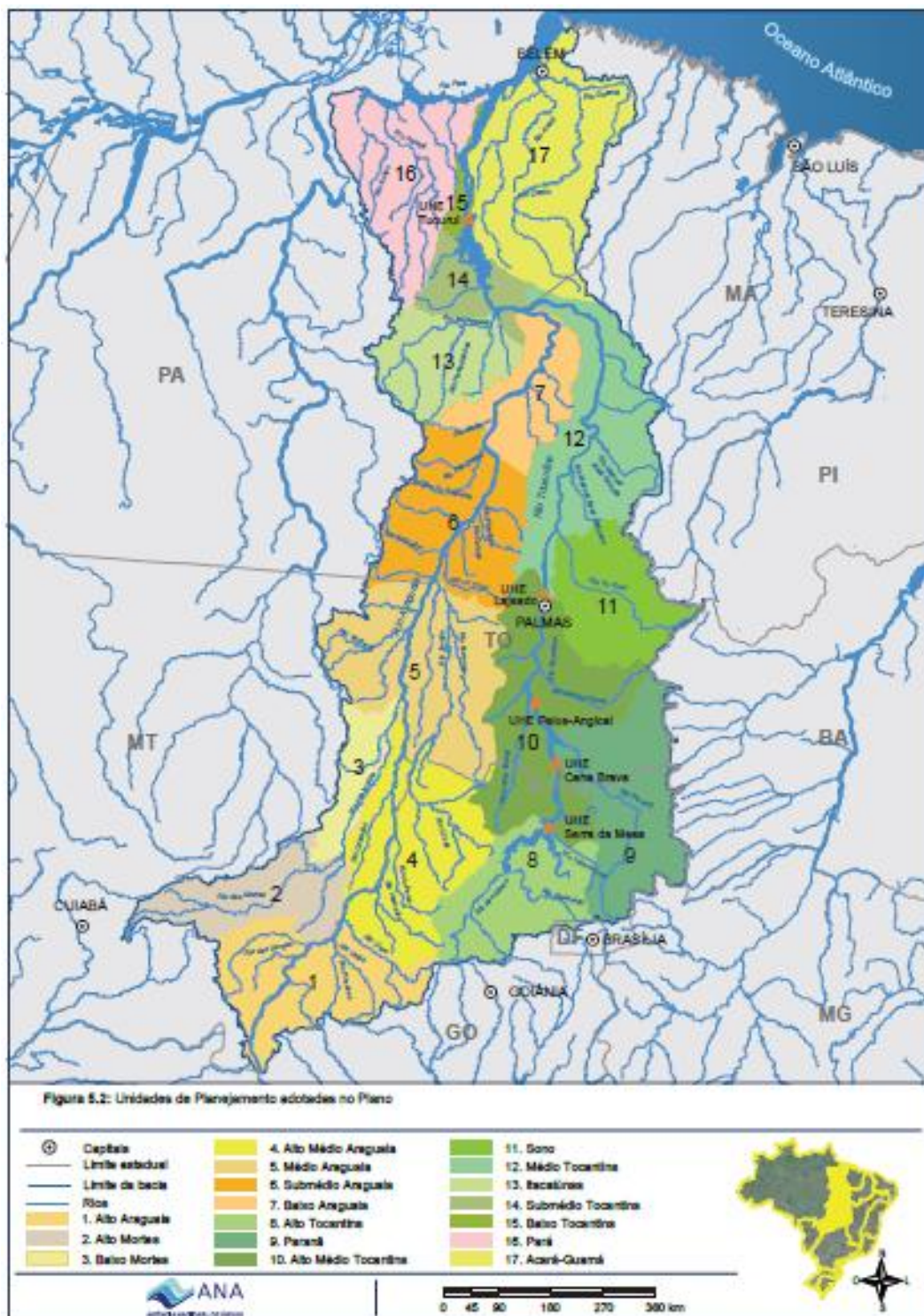


Figura 13 - Subdivisões da RHTA.

*Handwritten signature*

### 3.3.3 REGIME DE CHUVAS

O regime das chuvas da região é devido, quase que exclusivamente, aos sistemas de circulação atmosférica, sendo que o efeito do relevo é pouco significativo. A precipitação média na região é de 1.744 mm com os totais pluviométricos crescendo de sul para norte – valores próximos a 1.500 mm (Brasília) a 3.000 mm (Belém) – e decrescendo no sentido de oeste para leste – valores da ordem de 1.800 mm a 1.200 mm. Cabe destacar que, principalmente na porção sudeste, na UP Paranã, os índices são menores que 1.200 mm. A seguir são apresentadas os volumes de precipitação e as vazões para a unidade de Acará-Guamá.

Unidade de Planejamento	Nº	Nome	Precipitação média anual (mm/ano)	Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	Área de Drenagem acumulada (km <sup>2</sup> )	Q <sub>máxima</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>média</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>mínima</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>95%</sub> permanência (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>específica média</sub> (l/s.km <sup>2</sup> )	Q <sub>específica 95% per-manência</sub> (l/s.km <sup>2</sup> )	Q <sub>específica 95% per-incremental</sub> (l/s.km <sup>2</sup> )	Q <sub>específica 95% per-manência incremental</sub> (l/s.km <sup>2</sup> )

Figura 14 - volumes de precipitação e as vazões para a unidade de Acará-Guamá



### 3.4. ESTUDOS GEOTÉCNICOS



### 3.4 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

#### 3.4.1 INTRODUÇÃO

Os estudos geotécnicos foram conduzidos de forma a garantir a boa caracterização do solo e subsolo do local, tem como fundamento o processo de sondagem a percussão, SPT (*Standart Penetration Test*) em conformidade com as recomendações da NBR – 6484 (Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio). Logo o estudo se concentra em torno de 14 furos de sondagens de simples reconhecimento de solo na futura orla do referido município.

#### 3.4.2 LOCALIZAÇÃO DOS FUROS

Os pontos sondados são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Coordenada dos 14 pontos sondados.

Pontos	Coordenadas	
01	02° 03' 10,4" S	47° 32' 50,9" W
02	02° 03' 10,3" S	47° 32' 49,9" W
03	02° 03' 09,6" S	47° 32' 49,2" W
04	02° 03' 08,0" S	47° 32' 49,5" W
05	02° 03' 06,9" S	47° 32' 49,5" W
06	02° 03' 05,6" S	47° 32' 49,6" W
07	02° 03' 09,7" S	47° 32' 48,0" W
08	02° 03' 08,7" S	47° 32' 47,4" W
09	02° 02' 57,2" S	47° 32' 46,8" W
10	02° 02' 53,6" S	47° 32' 46,2" W
11	02° 02' 58,1" S	47° 32' 54,2" W
12	02° 03' 01,9" S	47° 32' 55,1" W
13	02° 03' 06,6" S	47° 32' 54,1" W
14	02° 03' 10,6" S	47° 32' 53,5" W



SP - 01



SP - 02



SP - 03



SP - 04



SP - 05



SP - 06



SP - 07



SP - 08



*Handwritten signature*

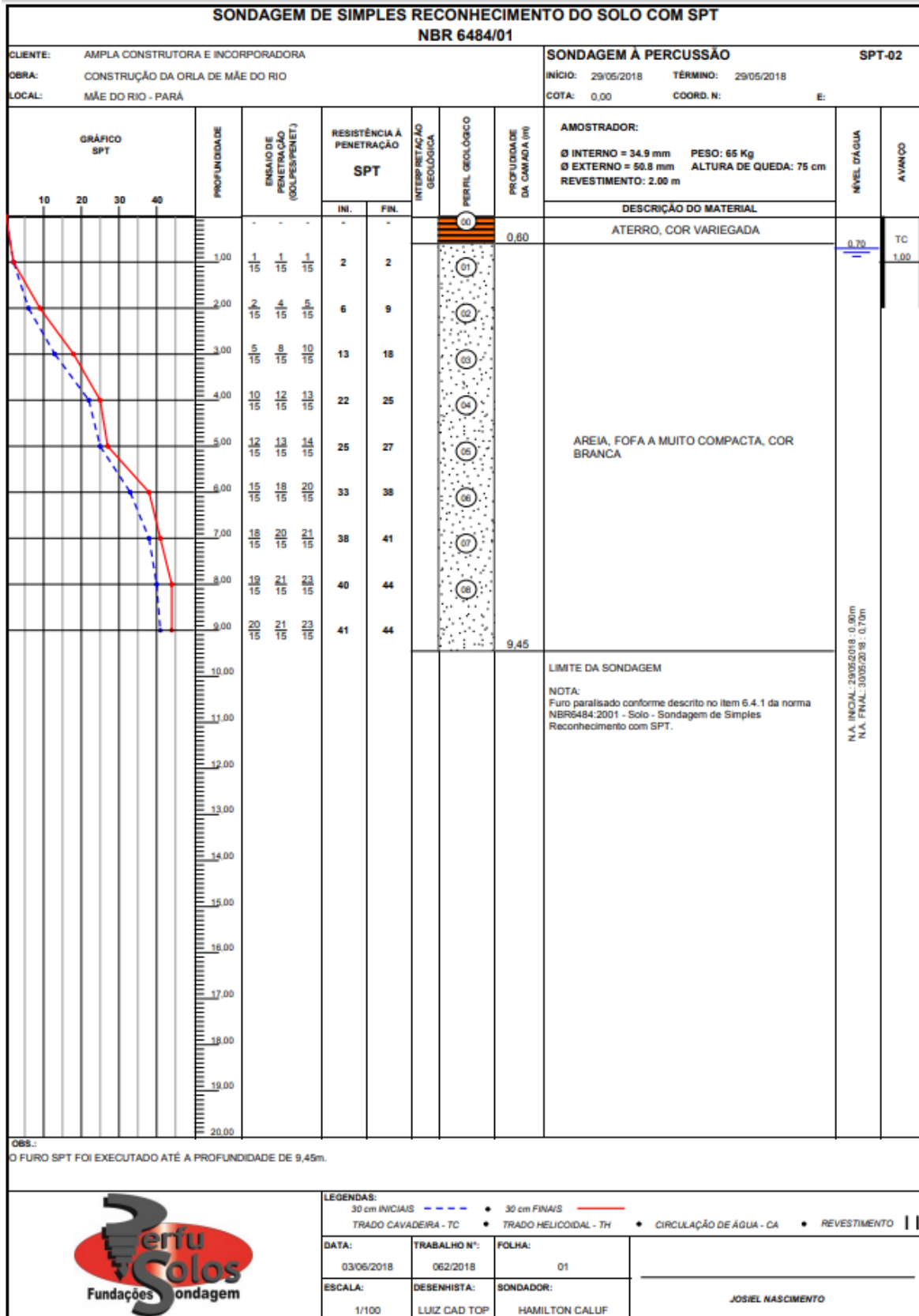


Figura 15 - Fotos dos pontos sondados.

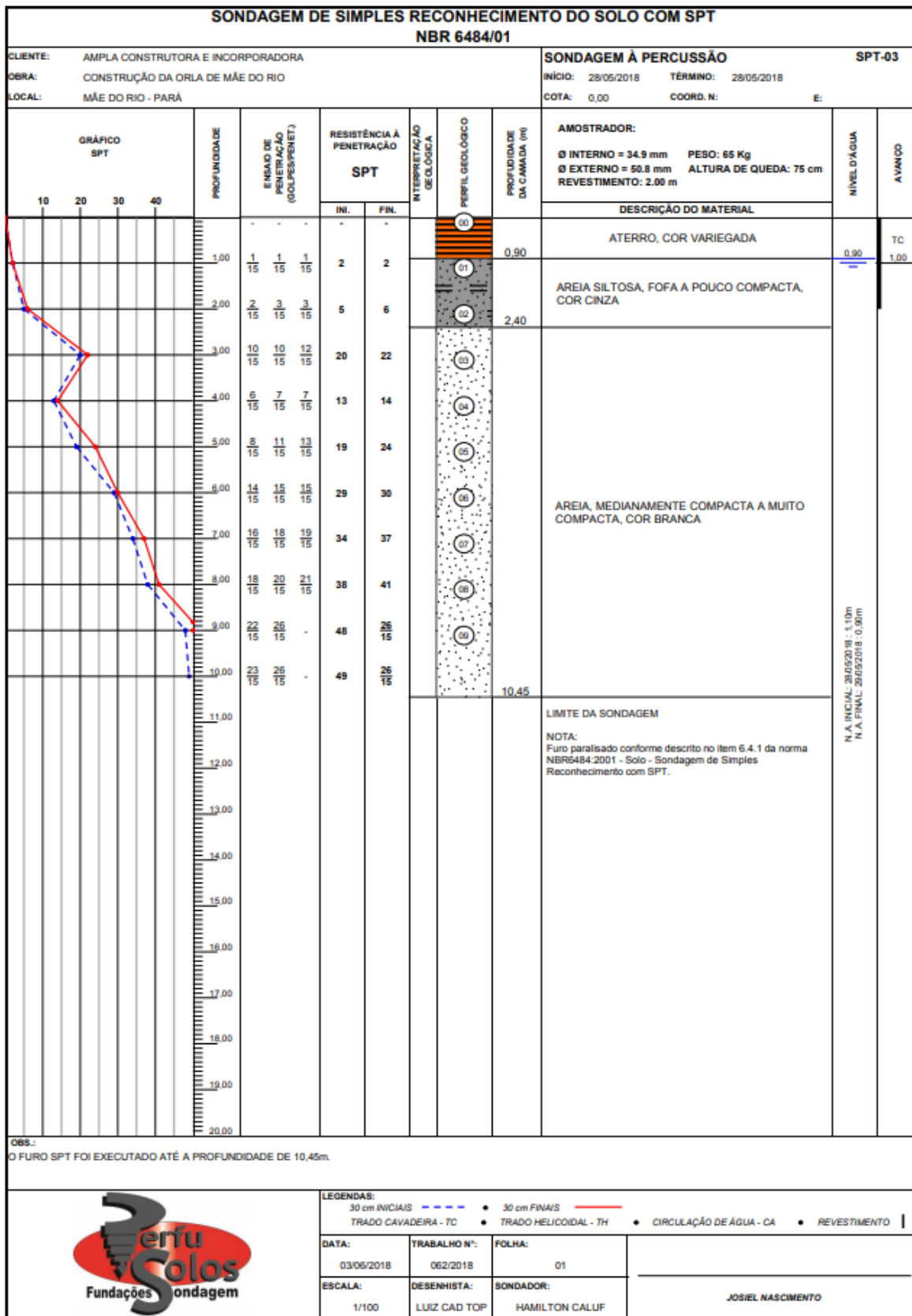




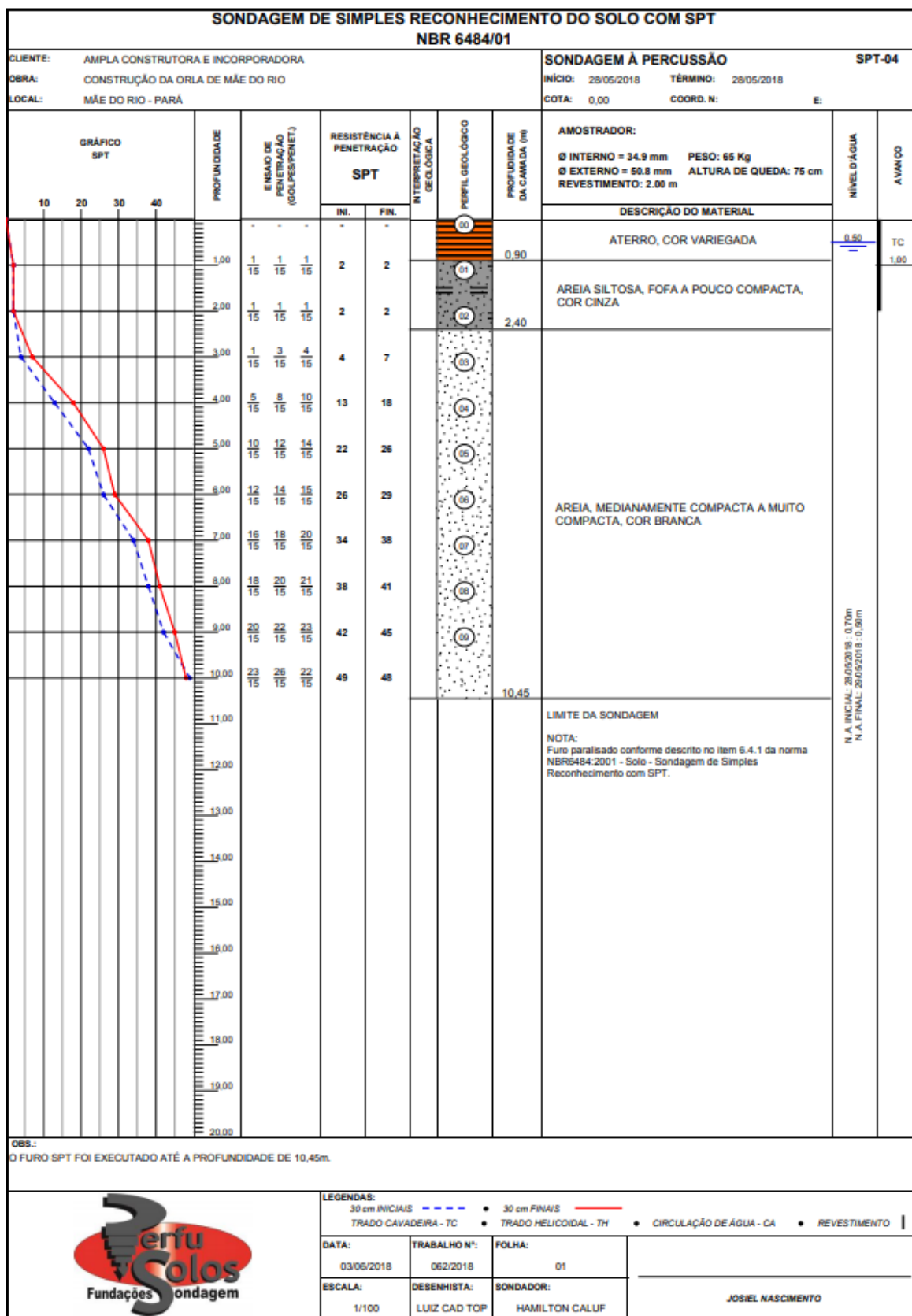




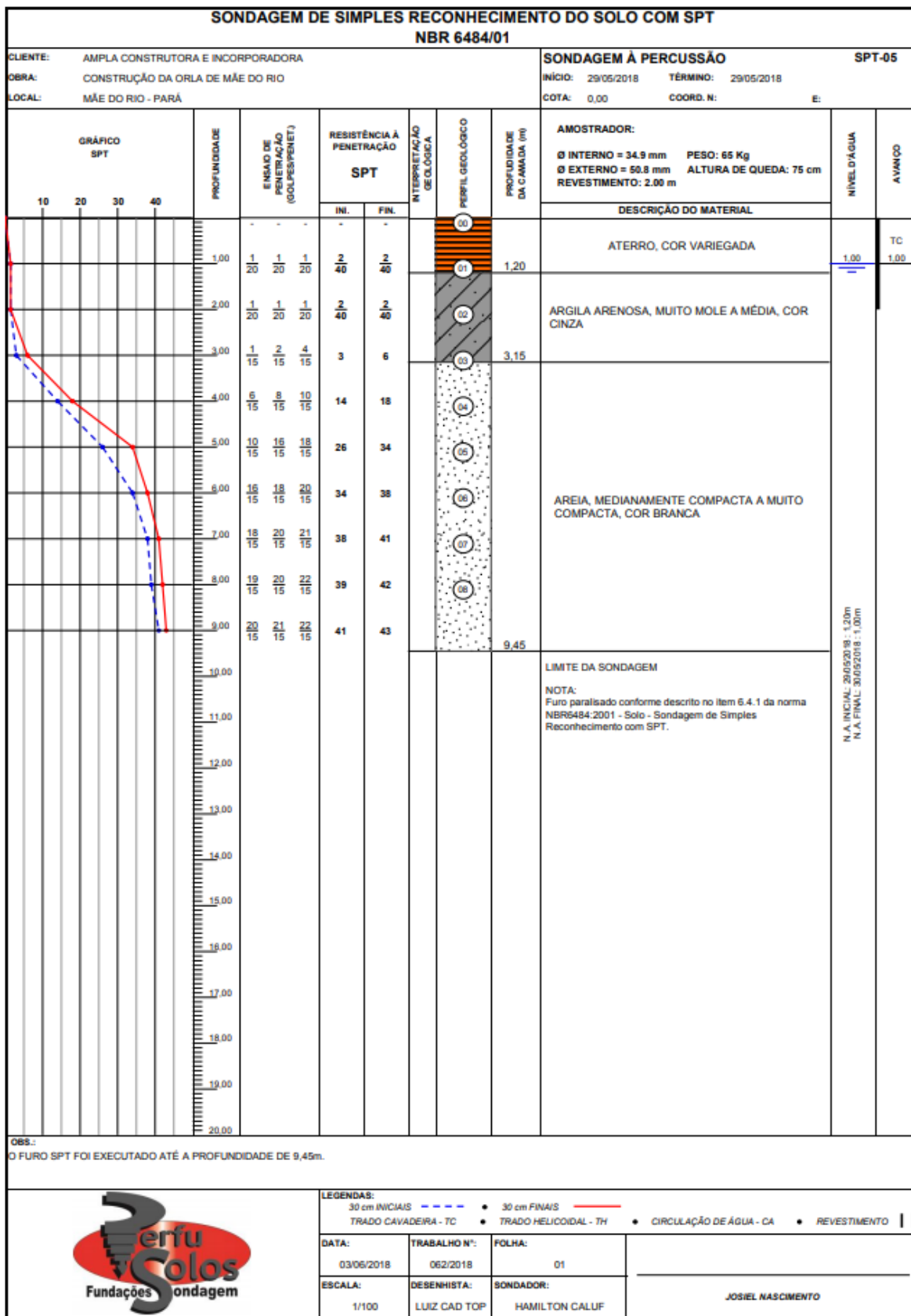
*J. A. D.*



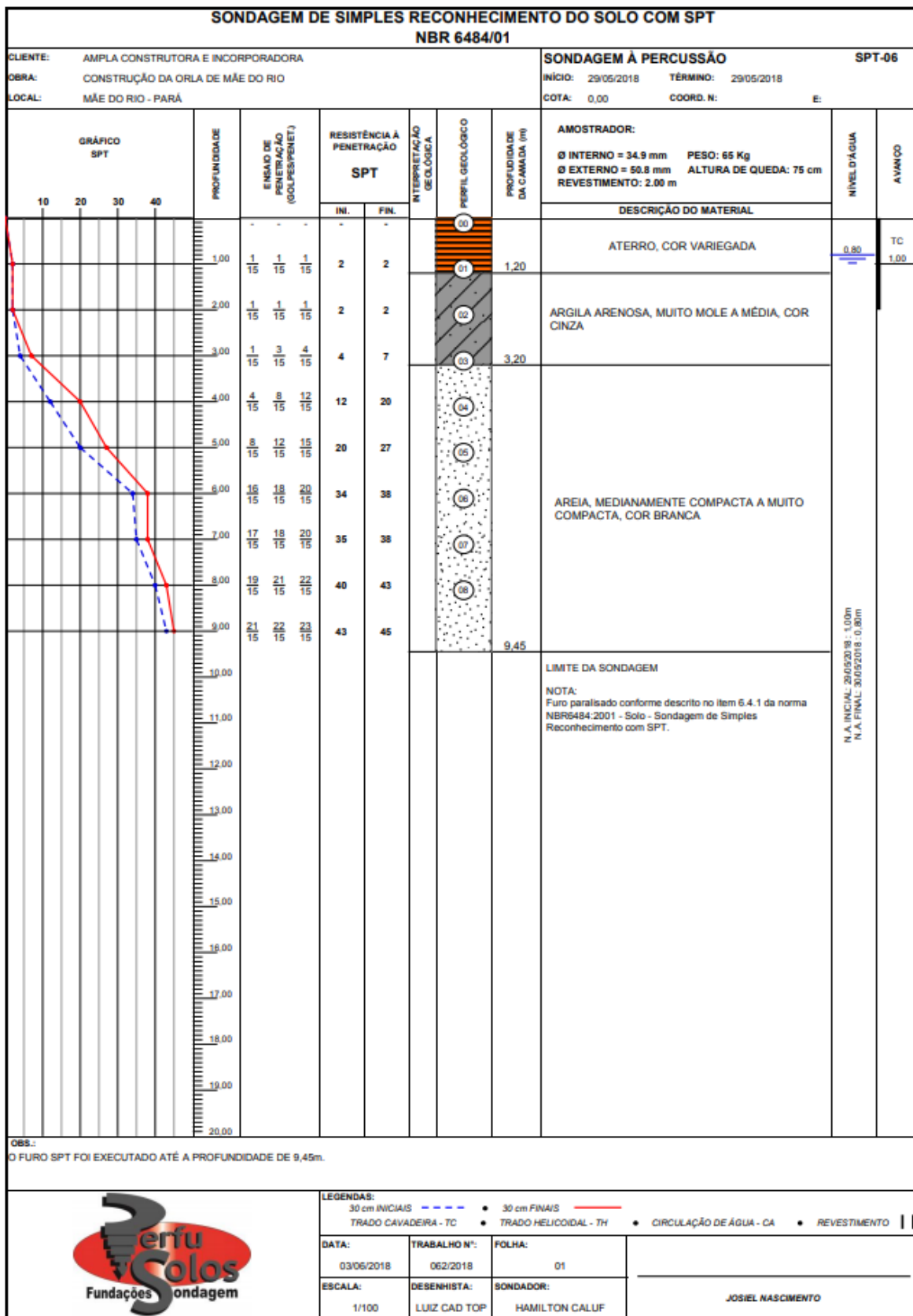
*Handwritten signature*

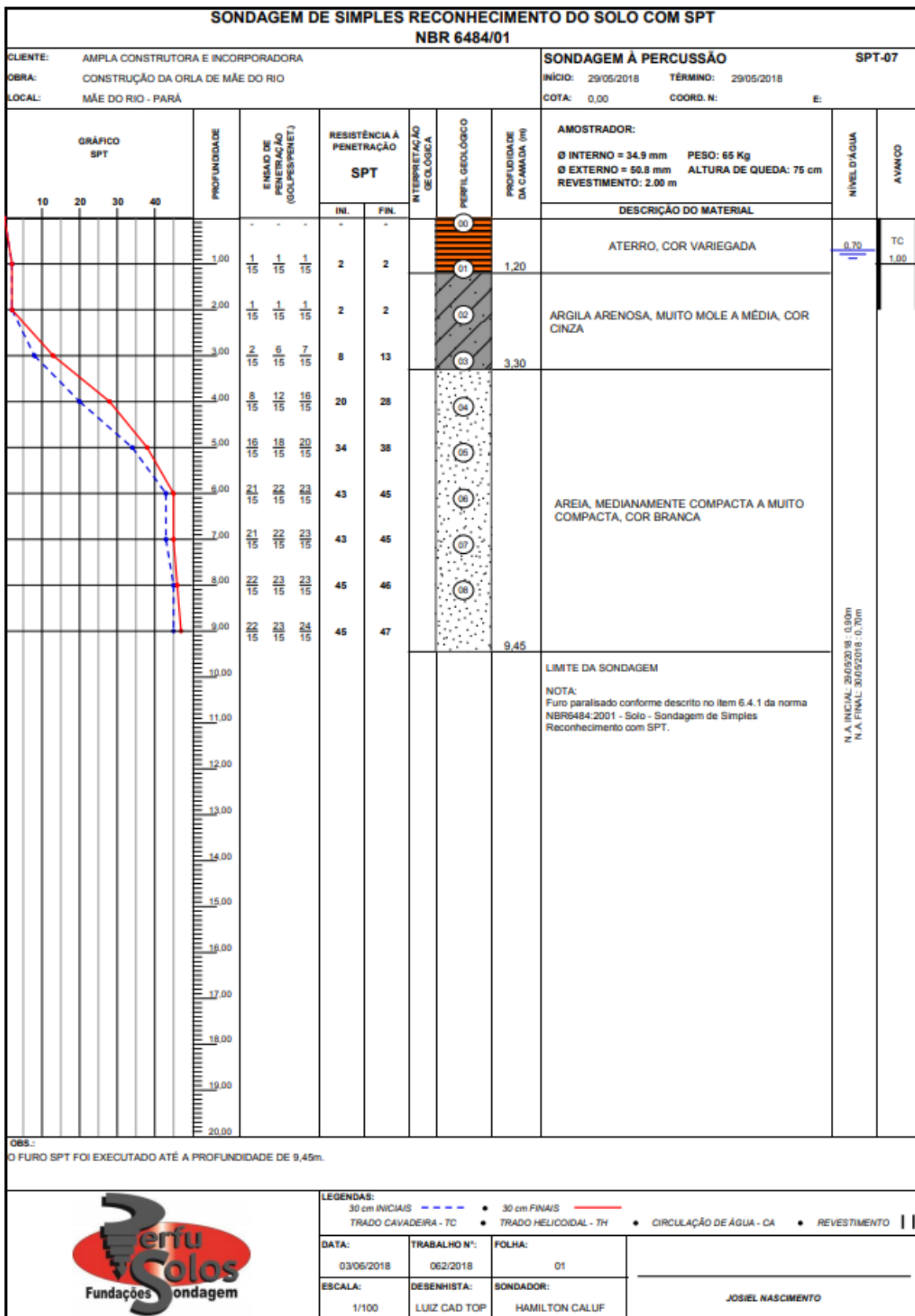


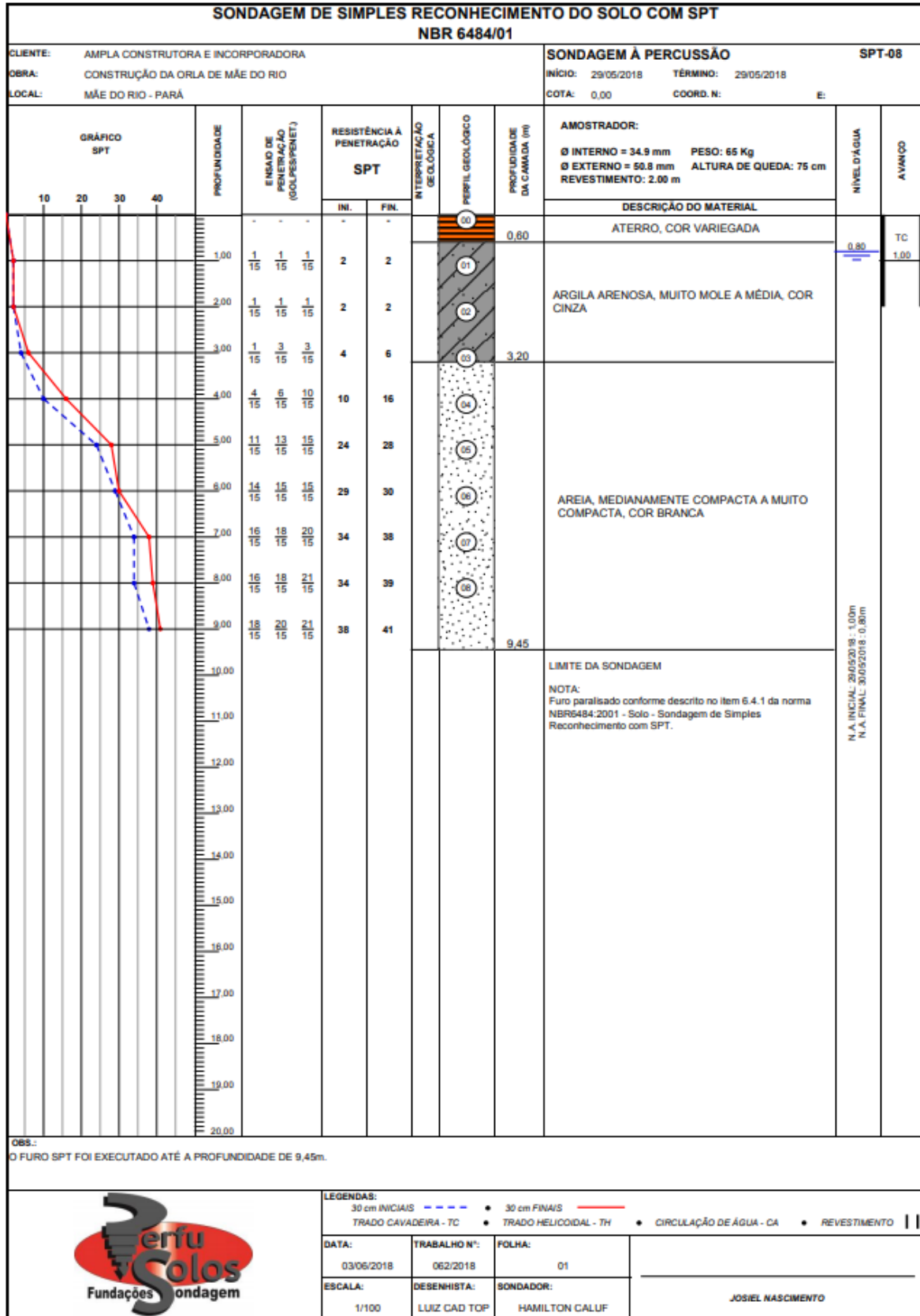
*JOSIEL NASCIMENTO*



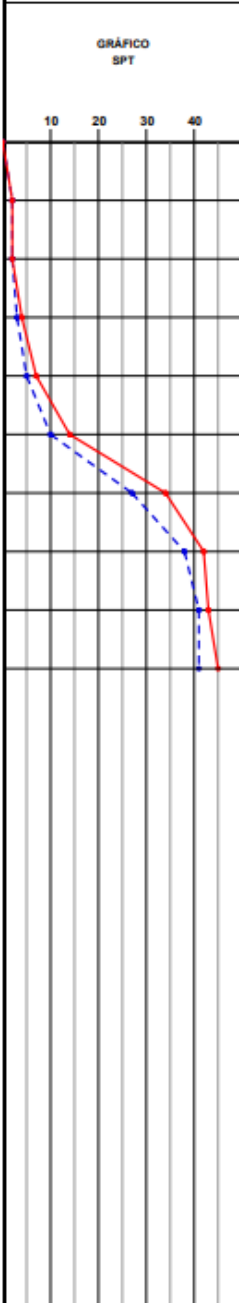

*J. Ad.*



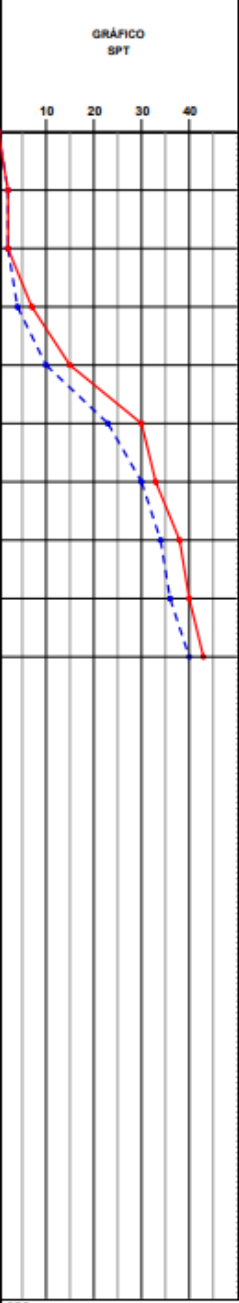
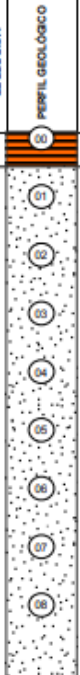




*Josiel Nascimento*

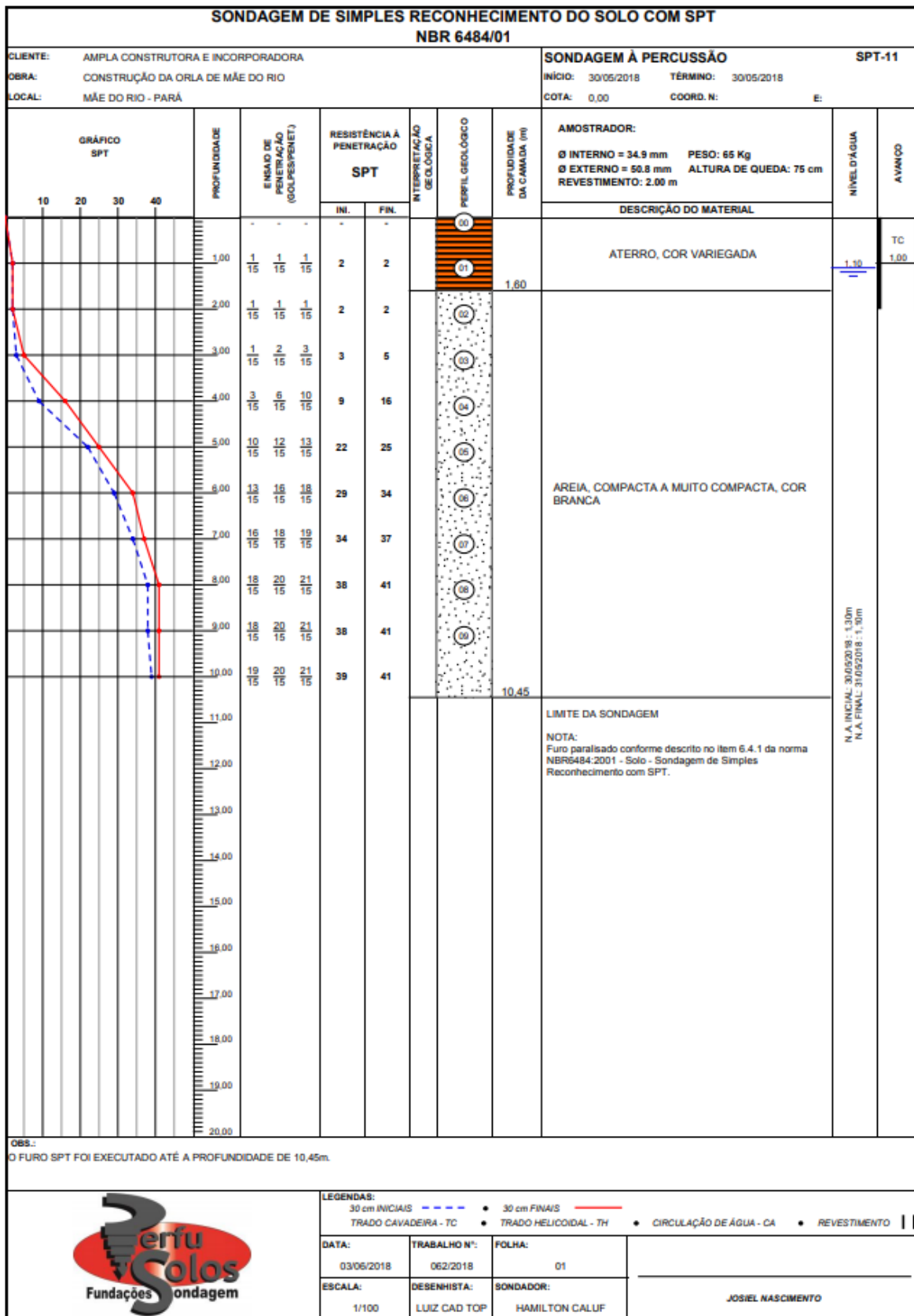
SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO COM SPT										
NBR 6484/01										
<b>CLIENTE:</b> AMPLA CONSTRUTORA E INCORPORADORA <b>OBRA:</b> CONSTRUÇÃO DA ORLA DE MÃE DO RIO <b>LOCAL:</b> MÃE DO RIO - PARÁ					<b>SONDAGEM À PERCUSSÃO</b> <b>SPT-09</b> <b>INÍCIO:</b> 30/05/2018 <b>TÉRMINO:</b> 30/05/2018 <b>COTA:</b> 0,00 <b>COORD. N:</b> E:					
GRÁFICO SPT	PROFUNDIDADE	ENGAÇO DE PENETRAÇÃO (GOLPES/15cm)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO SPT		TEMPERATURA GEOLÓGICA	PERFIL GEOLÓGICO	PROFUNDIDADE DA CAMADA (m)	AMOSTRADOR: Ø INTERNO = 34,9 mm PESO: 65 Kg Ø EXTERNO = 50,8 mm ALTURA DE QUEDA: 75 cm REVESTIMENTO: 2,00 m	NÍVEL D'ÁGUA	AVANÇO
			INI.	FIN.						
	0,00	-	-	-	-	00	0,60	ATERRO, COR VARIEGADA	0,40	TC
	1,00	1/15	1/15	1/15	2	2	01	AREIA, POUCA COMPACTA, COR BRANCA		1,00
	2,00	1/15	1/15	1/15	2	2	02			
	3,00	1/15	2/15	2/15	3	4	03			
	4,00	2/15	3/15	4/15	5	7	04			
	5,00	4/15	6/15	8/15	10	14	05	AREIA( COM SEIXO), MEDIANAMENTE COMPACTA A MUITO COMPACTA, COR BRANCA		
	6,00	11/15	16/15	18/15	27	34	06			
	7,00	18/15	20/15	22/15	38	42	07			
	8,00	20/15	21/15	22/15	41	43	08			
	9,00	19/15	22/15	23/15	41	45				
10,00	LIMITE DA SONDAGEM						9,45	NOTA: Furo paralisado conforme descrito no item 6.4.1 da norma NBR6484:2001 - Solo - Sondagem de Simples Reconhecimento com SPT.		
<b>OBS.:</b> O FURO SPT FOI EXECUTADO ATÉ A PROFUNDIDADE DE 9,45m.										
			<b>LEGENDAS:</b> 30 cm INICIAIS - - - - - • 30 cm FINAIS - - - - - TRADO CAVADEIRA - TC • TRADO HELICOIDAL - TH • CIRCULAÇÃO DE ÁGUA - CA • REVESTIMENTO							
			<b>DATA:</b> 03/06/2018 <b>ESCALA:</b> 1/100	<b>TRABALHO N.º:</b> 062/2018 <b>DESENHISTA:</b> LUIZ CAD TOP	<b>FOLHA:</b> 01 <b>SONDADOR:</b> HAMILTON CALUF	<b>JOSIEL NASCIMENTO</b>				

*J. Ad.*

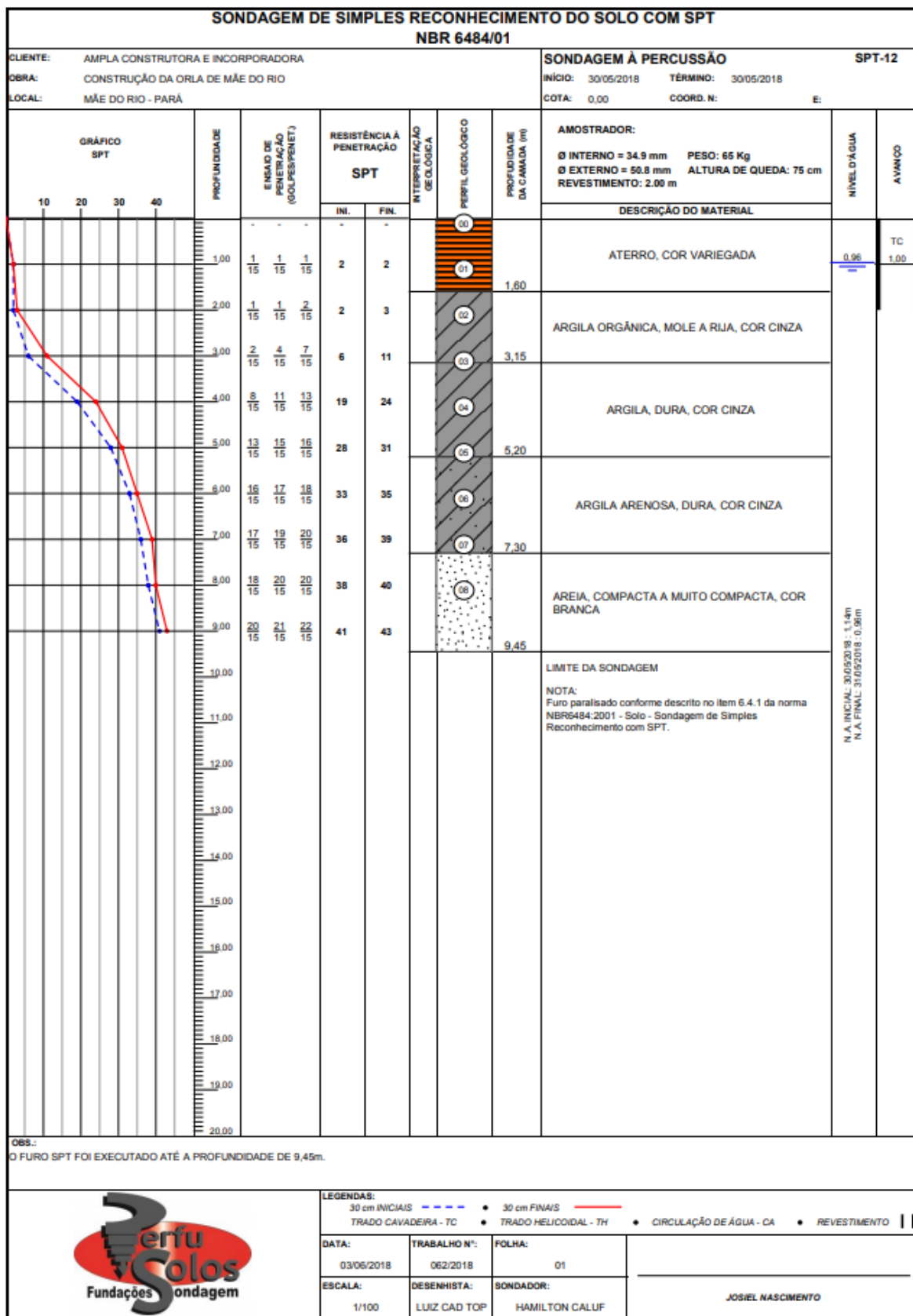


SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO COM SPT									
NBR 6484/01									
CLIENTE: AMPLA CONSTRUTORA E INCORPORADORA OBRA: CONSTRUÇÃO DA ORLA DE MÃE DO RIO LOCAL: MÃE DO RIO - PARÁ					SONDAGEM À PERCUSSÃO SPT-10 INÍCIO: 30/05/2018 TÉRMINO: 30/05/2018 COTA: 0,00 COORD. N: E:				
GRÁFICO SPT 	PROFUNDIDADE 1,00 2,00 3,00 4,00 5,00 6,00 7,00 8,00 9,00 10,00 11,00 12,00 13,00 14,00 15,00 16,00 17,00 18,00 19,00 20,00	ENSAIO DE PENETRAÇÃO (GOLPES/15CM) 1/15 1/15 1/15 1/15 1/15 1/15 1/15 3/15 4/15 4/15 6/15 9/15 9/15 14/15 16/15 14/15 16/15 17/15 16/15 18/15 20/15 17/15 19/15 21/15 19/15 21/15 22/15	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO SPT INI. FINI.		INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA PERFIL GEOLÓGICO 	PROFUNDIDADE DA CAMADA (m) 0,60 9,45	AMOSTRADOR: Ø INTERNO = 34,9 mm PESO: 65 Kg Ø EXTERNO = 50,8 mm ALTURA DE QUEDA: 75 cm REVESTIMENTO: 2,00 m		NÍVEL D'ÁGUA 0,40 N.A. INICIAL: 30/05/2018 - 0,60m N.A. FINAL: 30/05/2018 - 0,40m
			DESCRIÇÃO DO MATERIAL ATERRO, COR VARIEGADA  AREIA, COMPACTA A MUITO COMPACTA, COR BRANCA				AVANÇO TC 1,00		
LIMITE DA SONDAGEM NOTA: Furo paralisado conforme descrito no item 6.4.1 da norma NBR6484:2001 - Solo - Sondagem de Simples Reconhecimento com SPT.									
OBS.: O FURO SPT FOI EXECUTADO ATÉ A PROFUNDIDADE DE 9,45m.									
			LEGENDAS: 30 cm INICIAIS - - - - - 30 cm FINAIS - - - - - TRADO CAVADEIRA - TC • TRADO HELICOIDAL - TH • CIRCULAÇÃO DE ÁGUA - CA • REVESTIMENTO						
			DATA: 03/06/2018	TRABALHO Nº: 062/2018	FOLHA: 01				
ESCALA: 1/100	DESENHISTA: LUIZ CAD TOP	SONDADOR: HAMILTON CALUF	JOSIEL NASCIMENTO						

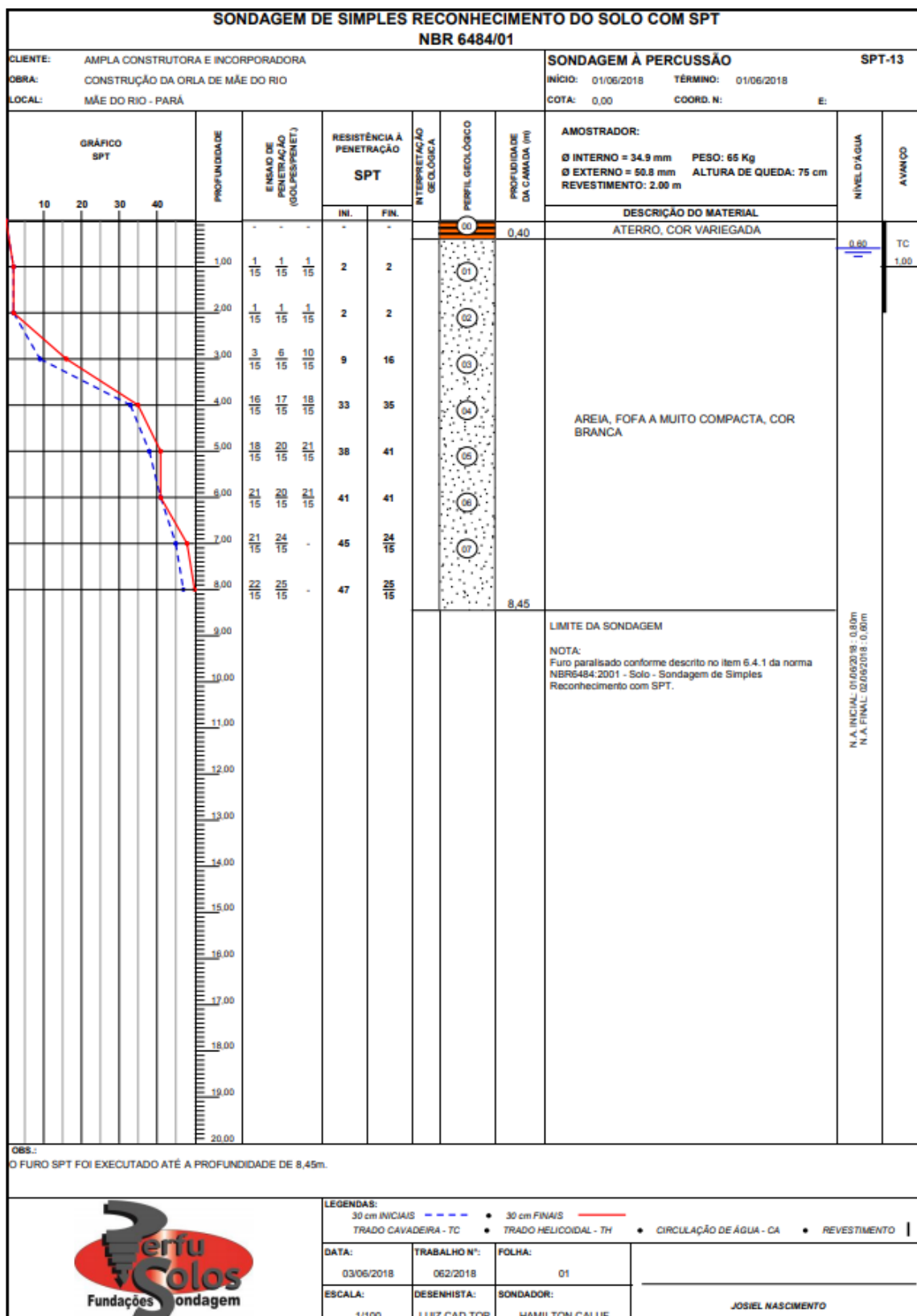
*Josiel Nascimento*

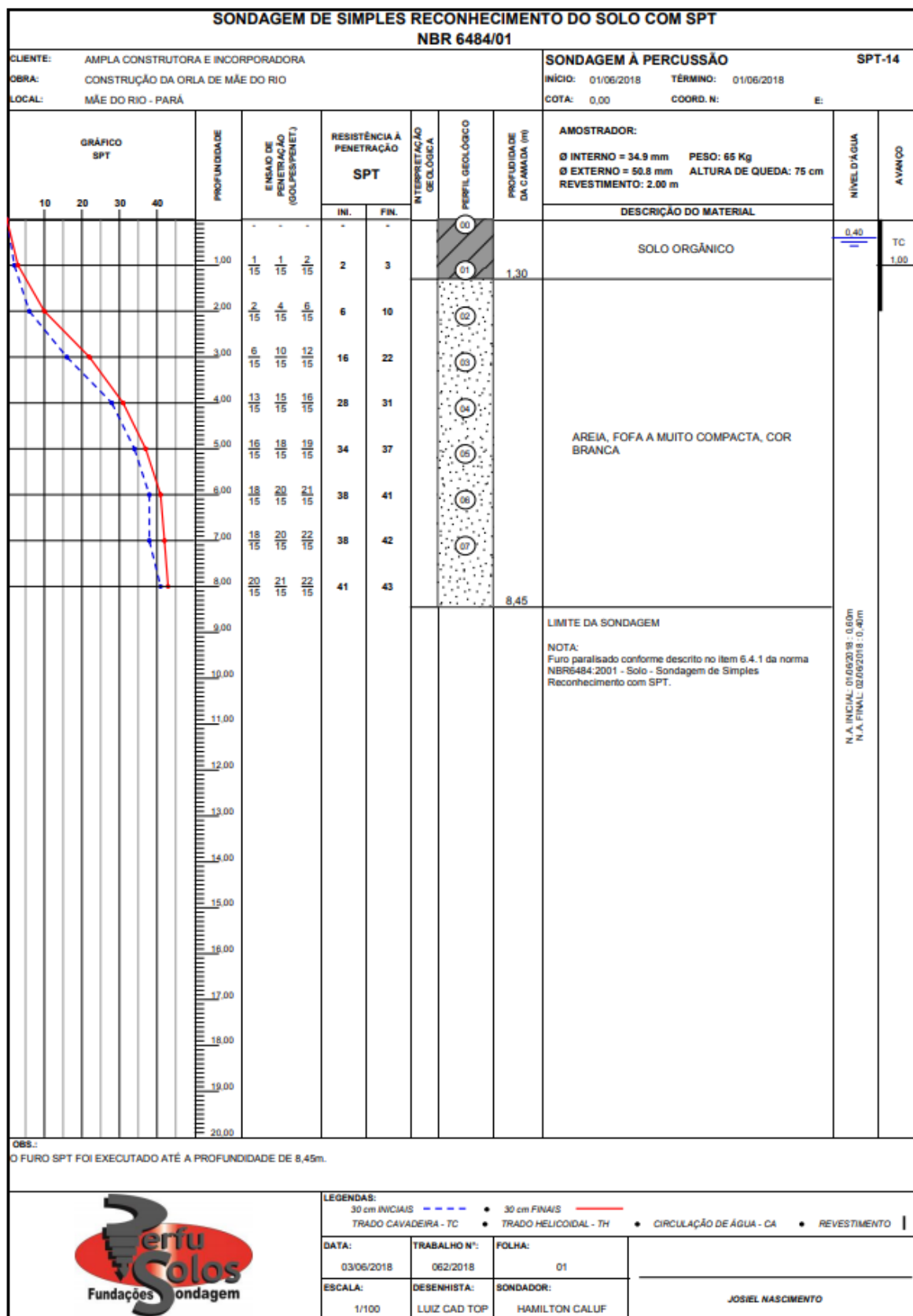


*J. N. Nascimento*



*J. Ad.*



*J. A. D.*

### 3.5. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS



## 3.5 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

### 3.5.1 INTRODUÇÃO

Os estudos topográficos foram executados com a finalidade de estabelecer os elementos fundamentais para elaboração dos demais estudos e projetos. Os serviços de campo foram realizados pelo processo convencional de topografia, por meio da utilização de estação total e nível, conforme a IS-205 – Estudos Topográficos para Projetos Executivos de Engenharia – DNIT (2006) e NBR -13.133/94 – Execução de Levantamentos Topográficos – Procedimentos.

#### 3.5.1.1 EXECUÇÃO DO ESTUDO

Os estudos topográficos foram executados seguindo as etapas de trabalho:

- Locação direta;
- Nivelamento e contranivelamento;
- Levantamento das seções transversais;
- Amarrações;
- Levantamento das obras de arte correntes e obras de arte especiais;
- Elaboração da planta topográfica.

O sistema de coordenadas empregadas, o controle do alinhamento e a relação das curvas locadas estão discriminados no traçado, nos elementos das curvas e na relação dos marcos de referência de nível (RN's).

### 3.5.2 DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS

A locação do eixo da obra desenvolveu-se tendo como diretriz o alinhamento para melhor execução da obra de contenção e as considerações do urbanismo envolvido.

O processo utilizado foi locação direta com o emprego de estação total com precisão de leitura de 1". O eixo do traçado foi materializado pela implantação de piquetas colocados de 20 em 20 metros nas tangentes, bem como PC, PT, TS, SC, CS, ST, cruzamentos de vias, acidentes topográficos etc.

Estas piquetas foram fabricadas com estacas de madeira de lei e implantadas ao redor da área do empreendimento, delimitando a área a ser trabalhada, com o número escrito de cima para baixo e voltado para o piquete.

O controle do alinhamento foi feito através de GPS, com receptores de precisão geodésica e com coordenadas do plano topográfico local.

Após a locação do eixo foram iniciados o nivelamento e contranivelamento dos mesmos.

Estes serviços foram executados empregando o nível de colimação automática, precisão de 1,5mm/km, e de miras com escala centimétrica equipadas com nível de bolha.

O levantamento das seções transversais foi realizado com a utilização dos mesmos níveis de colimação automática.

O levantamento cadastral partiu da determinação dos limites físicos da faixa de domínio, entradas de assentamentos, acessos, etc.

Todos os serviços de cadastramento foram executados pelo processo de irradiação.



## 4. PROJETOS



## 4.1. PROJETO GEOMÉTRICO



## **4.1 PROJETO GEOMÉTRICO**

### **4.1.1 INTRODUÇÃO**

Para o desenvolvimento do projeto geométrico foi necessária a discussão sobre qual a melhor solução para a contenção das cheias do córrego mãe do rio, determinou-se que a implantação da estrutura de contenção se daria em aterro compactado com proteção de pedra de mão com tela nas duas margens para a delimitação da área de cheia seria a solução mais adequada a situação da região, garantindo assim o controle da área inundada e a utilização do espaço para tráfego de pessoas e área de lazer. O aterro foi deslocado mais para o centro igarapé de modo a não sofrer influência das redes de alta tensão.

### **4.1.2 APRESENTAÇÃO**

O detalhamento da solução de geometria está indicado no Volume 02 – Projeto de Execução na disciplina Projeto Geométrico

## 4.2. PROJETO DE TERRAPLENAGEM



## 4.2 PROJETO DE TERRAPLENAGEM

### 4.2.1 INTRODUÇÃO

O Projeto de Terraplenagem compreendeu o cálculo dos volumes de materiais a serem movimentados durante os trabalhos de construção, a seleção destes materiais, as especificações e orientações técnicas para garantia da estabilidade dos maciços dos aterros e os cuidados com o meio ambiente.

Os estudos geológicos e geotécnicos procedidos ao longo do alinhamento definido pelo projeto geométrico tiveram como objetivo a definição e a classificação dos materiais a serem utilizados, o que permitiu uma adequada distribuição dos mesmos.

De acordo com os elementos fornecidos pelos estudos topográficos e definições do projeto geométrico, além das diretrizes geológicas e geotécnicas, o projeto de terraplenagem compreendeu, em linhas gerais, os seguintes itens:

- Cálculo dos volumes dos aterros;
- Quantificação e classificação dos materiais a serem escavados;
- Determinação, com base na operação ideal do equipamento (objetivando minimizar as distâncias de transporte), da distribuição racional dos volumes a serem escavados em cortes e empréstimos, indicando a origem e a destinação, nas camadas dos aterros e em bota-foras;
- Definição das distâncias de transporte dos materiais a escavar;
- Definição do grau de compactação a ser exigido nos aterros;
- Cálculo das áreas de desmatamento, destocamento e limpeza.

### 4.2.2 METODOLOGIA

O roteiro metodológico para a elaboração do projeto compreendeu os seguintes itens:

- SEÇÃO TRANSVERSAL DE TERRAPLENAGEM

A característica da seção transversal tipo, apresenta enorme importância dentro do projeto, com reflexo direto nos aspectos qualitativos e quantitativos, quando da execução dos serviços de terraplenagem.

A seção transversal está de acordo com o projeto geométrico levando em consideração a largura da plataforma e a inclinação dos taludes de aterro, além de sua estabilidade e possíveis interferências.

Foi considerado também um alargamento adicional de 1(um) metro exterior aos dispositivos de drenagem.

Para a inclinação dos taludes e sua estabilidade foi adotado: Aterro: 1(H): 1(V).

Os volumes de terraplenagem foram calculados com base no Modelo Digital do Terreno



(MDT) definido através do levantamento em campo, e a plataforma de terraplenagem definida através de seção transversal tipo representando o projeto geométrico com as inclinações de taludes, alinhamento horizontal e greide longitudinal. Para o processamento e cálculos destes volumes, utilizou-se o software AutoCAD Civil 3D.

Os volumes gerados pelo programa foram posteriormente ajustados para fins da elaboração da distribuição de massas, levando-se em consideração os seguintes parâmetros:

- Classificação dos solos em materiais de 1<sup>a</sup>;
- Diferenças entre as massas específicas aparentes secas entre os materiais de corte e de empréstimo, *versus* maciços de aterros;
- Volumes de escavação e bota-fora, gerados da operação de limpeza dos cortes e da área de empréstimo.
- Aplicação do fator de compactação ( $k = \gamma_{COMP} / \gamma_{NAT} = 1,30$ ), ao volume geométrico do aterro obtendo-se, o volume necessário à compactação do mesmo;
- **CORPO DE ATERRO E CAMADAS FINAIS**

Os volumes dos aterros foram calculados separando-se os volumes do corpo do aterro e o das camadas finais (acabamento de terraplenagem com espessura de 60 cm).

O material utilizado para o corpo de aterro provém da escavação de empréstimo/jazida; atentando para a adequabilidade geotécnica dos materiais escavados para composição do acabamento de terraplenagem, ou seja, solos argilosos selecionados.

Para a execução da compactação do corpo de aterro será utilizado 100% do Proctor Normal e para o acabamento de terraplenagem 100% Proctor Intermediário, conforme especificação DNIT 108/2009 – Terraplenagem – Aterros – Especificação de Serviço.

#### **4.2.3 APRESENTAÇÃO**

O detalhamento da solução de geometria está indicado no Volume 02 – Projeto de Execução na disciplina Projeto de Terraplenagem.



### 4.3. PROJETO DE DRENAGEM



## 4.3 PROJETO DE DRENAGEM

### 4.3.1 INTRODUÇÃO

O Projeto de Drenagem foi desenvolvido com a finalidade de definir, dimensionar e projetar os dispositivos que se destinam a captar as águas pluviais provenientes das chuvas sem comprometer os elementos do corpo do aterro de contenção.

Para se chegar às soluções adequadas partiu-se dos resultados dos Estudos Hidrológicos e dos ajustamentos e verificações procedidas no campo, passando-se em seguida, às definições e projetos dos dispositivos, de posse dos elementos do Projeto Geométrico e dos estudos realizados.

### 4.3.2 METODOLOGIA

No Projeto de Drenagem do Corpo de aterro observou as seguintes diretrizes e critérios fundamentais:

- Prioridade para a segurança dos sistemas de drenagem, relativamente à função precípua, de proteção contra inundações, erosões e colapso das obras;
- Drenos, estruturas e dispositivos de drenagem superficiais dimensionados para escoar, em condições normais de operação para deflúvios críticos de acordo com o tempo de recorrência indicado nas normas e especificações do DNIT;
- Concepção das obras dos drenos, estruturas e dispositivos de modo a se melhorar as condições do escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo;

Para os termos de apresentação dos trabalhos, o projeto foi dividido nos seguintes itens:

- Obras de drenagem superficial, para dar escoamento às águas precipitadas sobre o corpo do aterro;
- Obras de drenagem profunda ou subterrânea, para a proteção do aterro contra as águas do lençol freático e infiltração;
- Apresentação dos resultados através de nota de serviço e memória de cálculo (quando necessário).

Os principais elementos usados na execução do Projeto de Drenagem

- Equação das chuvas com diversos tempos de recorrência e descarga máxima das bacias de contribuição, obtidas na fase de Estudos Hidrológicos;
- Desenhos dos projetos padronizados do DNIT.





### **4.3.3 RESULTADOS**

Conforme o projeto geométrico apresentado no Volume 02 – Projeto de Execução verifica-se que o caimento simples de 2% no sentido da calha do rio em questão e considerando não haver inclinação longitudinal no aterro, adotou-se a consideração mínima para drenagem superficial no trecho, sendo assim o projeto baseou-se em uma cadencia de entradas de água de 16 metros e utilização de meio fio MFC-01 em todo o comprimento do trecho em questão, atendendo assim a situação adversa da falta de inclinação longitudinal.

### **4.3.4 APRESENTAÇÃO**

As planilhas de notas de serviços dos dispositivos de drenagem são apresentadas no Volume 02 – Projeto de Execução.



#### 4.4. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO



## 4.4 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

### 4.4.1 INTRODUÇÃO

O principal objetivo do referido empreendimento é evitar e reduzir riscos de desastres à população local. Desta forma, com a implantação de uma obra de contenção de enchentes por meio de um aterro de proteção, buscou-se a utilização da crista deste aterro para fins de lazer da população, de modo que não houvesse custos adicionais ao erário.

O Projeto de Pavimentação foi desenvolvido com base nos resultados dos Estudos Geotécnicos elaborados e parâmetros de tráfego, e tem como objetivo definir a estrutura do pavimento com o respectivo dimensionamento de cada camada que compõe, a fim de que possa receber e suportar os esforços transmitidos pelo tráfego ao subleito, mesmo este sendo apenas o tráfego de pessoas.

Para este Projeto de Pavimentação, foi considerado dois trechos de 600 m, dimensionado pelo Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis – DNIT/2006.

#### a) Generalidades

O Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis do DNER foi elaborado originalmente pelo Eng<sup>o</sup> Murillo Lopes de Souza em 1961, tendo sofrido ao longo dos anos diversas alterações ou complementações em vários de seus aspectos metodológicos, com o objetivo de incorporar os avanços tecnológicos e as informações adquiridas a partir da sua aplicação na prática corrente de Engenharia.

As principais características desse método estão descritas resumidamente a seguir.

#### b) Características dos Materiais

O quadro a seguir, apresenta os valores limites e algumas recomendações relativas às principais características geotécnicas dos materiais a serem utilizados no pavimento.

Tabela 1 - Recomendações Geotécnicas

RECOMENDAÇÕES GEOTÉCNICAS						
CAMADA	ISC	EXPANSÃO	IG	LL	IP	FAIXA GRAN.
Base	> 60% (1) > 80% (2)	< 0,5%	-	≤ 25% ou EA > 30%	≤ 6% ou EA > 30%	A, B, C ou D (2) E ou F (1)
Sub-base	> 20%	≤ 1,0%	0	-	-	-
Reforço	> ISCsl	< 1,0%	≤ IG'sl	-	-	-
OBSERVAÇÕES						
(1) Para $N < 5 \times 10^6$						
(2) Para $N > 5 \times 10^6$						
Subleito: ISC > 2% e Expansão < 2%						
Os materiais lateríticos deverão ser objeto de especificações particulares						



### c) Tráfego

É representado pelo Número N (número de operações do eixo padrão de 8,17 tf), calculado com base nas pesquisas de tráfego, em considerações econômicas e em fatores de equivalência de operações dos diversos tipos de eixos e pesos que atuam no pavimento. O número N é calculado de acordo com a seguinte equação:

$$N = 365 * FR * FP * FV * \sum_{i=0}^n VMDAT_{Ci} \quad (01)$$

Onde:

N = número de repetições do eixo-padrão de 8,2t;

FR = fator climático regional (FR = 1,0);

FP = fator de pista (FP = 0,5, considerando-se a distribuição do tráfego para cada faixa de rolamento).

FV = fator de veículos, conforme as metodologias:

VMDAT<sub>Ci</sub> = volume médio diário anual de tráfego de veículos comerciais (ônibus + caminhões + reboques + semi-reboques).

Os valores de FE e FC são calculados através de procedimentos e gráficos detalhadamente apresentados no método.

### d) Coeficientes de Equivalência Estrutural

Correlaciona empiricamente à resistência dos materiais empregados no pavimento com a de um material granular tomado como padrão de referência (K = 1,0). Os coeficientes de equivalência estrutural recomendados pelo método são os indicados no quadro a seguir, e na época foram adaptados originalmente pelo DNER com base nos valores adotados pelos americanos a partir dos dados obtidos na pista experimental da AASHO (atualmente AASHTO).

Tabela 2 - Tabela 41 - Coeficientes Estruturais

COEFICIENTES ESTRUTURAIS	
CAMADA DO PAVIMENTO	COEFICIENTE K
Base ou revestimento de CBUQ	2,0
Base ou revestimento de PMQ denso	1,7
Base ou revestimento de PMF denso	1,4
Base ou revestimento por penetração	1,2
Camadas granulares	1,0
Solo-cimento - RCS > 4,5 MPa (7 dias)	1,7
Solo-cimento – 2,8 < RCS < 4,5 MPa (7 dias)	1,4
Solo-cimento – 2,1 < RCS < 2,8 MPa (7 dias)	1,2

As nomenclaturas adotadas pelo método para os coeficientes de equivalência estrutural das camadas do pavimento são as seguintes:



- Revestimento:  $K_R$
- Base:  $K_B$
- Sub-base:  $K_{SB}$
- Reforço:  $K_{Ref}$

#### e) Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso

As espessuras mínimas de revestimento betuminoso dependem do valor do Número N, conforme apresentado no quadro a seguir.

Tabela 3– Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso

NÚMERO N	ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO
$N \leq 10^5$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^5 < N \leq 5 \times 10^5$	Revestimento betuminoso com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^5 < N \leq 10^7$	Revestimento betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Revestimento betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Revestimento betuminoso com 12,5 cm de espessura

#### f) Espessuras das Camadas Granulares

O gráfico da Figura 39 apresentada a seguir fornece, em função do Número N e do ISC de um determinado material, a espessura de material granular padrão ( $K = 1,0$ ) necessária à proteção do material considerado contra a deformação permanente.

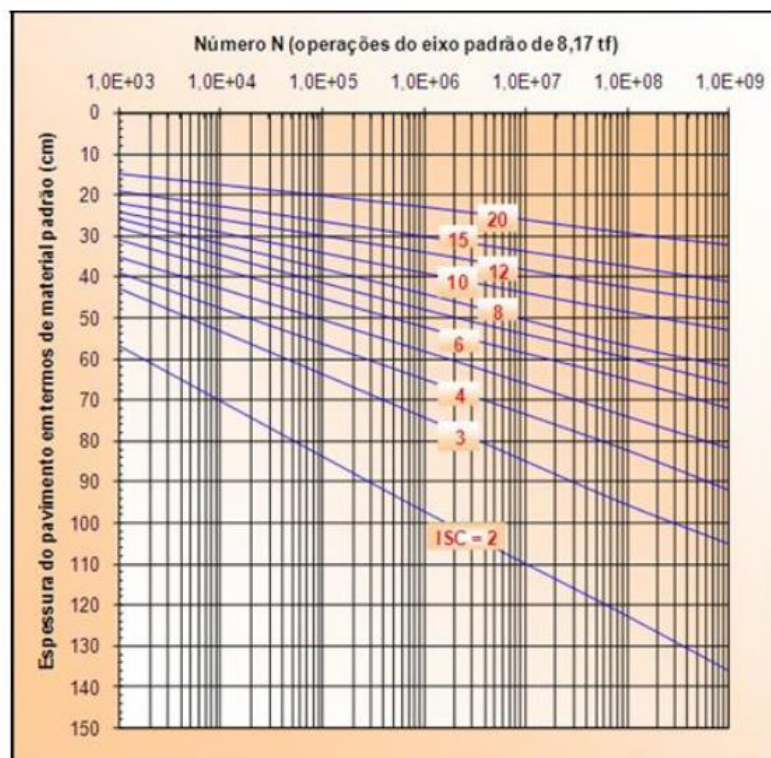


Figura 16 - Figura 65 - Ábaco de Dimensionamento do Método DNER-1996.

#### g) Inequações de Dimensionamento

As espessuras finais das camadas do pavimento são calculadas através das inequações seguintes, exceto a do revestimento que é tabelada em função do Número N:

- Espessura do revestimento – R:

*JAD.*

*R = Tabelado em função do Número N*

- Espessura da base – B:

$$R * K_R + B * K_B \geq H_{20} \quad (02)$$

- Espessura da sub-base – SB:

$$R * K_R + B * K_B + SB * K_{SB} \geq H_n \quad (03)$$

- Espessura do reforço – REF:

$$R * K_R + B * K_B + SB * K_{SB} + REF * K_{REF} \geq H_m \quad (04)$$

Onde:

R - Espessura do revestimento (cm);

K<sub>R</sub> – Coeficiente de equivalência estrutural do revestimento;

B – espessura da base (cm);

K<sub>B</sub> – Coeficiente de equivalência estrutural da base;

SB – espessura da sub-base (cm);

K<sub>SB</sub> – coeficiente de equivalência da sub-base;

REF – espessura do reforço (cm);

K<sub>REF</sub> – espessura de equivalência estrutural do reforço;

H<sub>20</sub> - espessura de material granular padrão necessária à proteção da sub-base;

H<sub>n</sub> – espessura de material granular padrão necessária à proteção do reforço;

H<sub>m</sub> – espessura de material granular padrão necessária à proteção do subleito.

Para fins de dimensionamento, o ISC da sub-base deve ser sempre considerado como igual a 20,0%, mesmo que o material indicado para essa camada apresente valor de ISC superior.

Esses parâmetros estão representados na Figura a seguir.

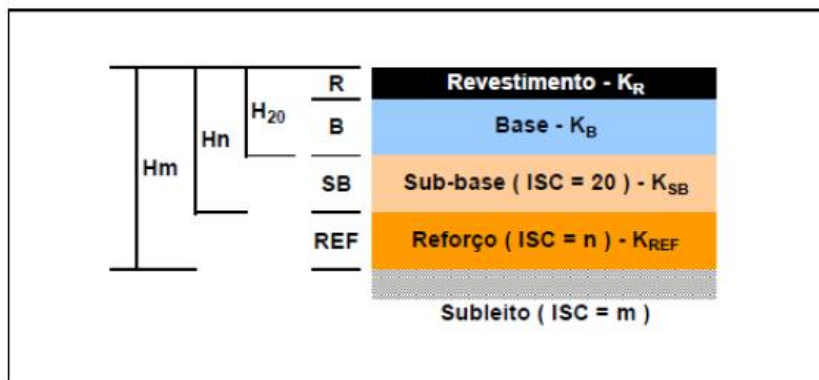


Figura 17 - Esquema Gráfico do Pavimento e Parâmetro de Dimensionamento.

## **h) Recomendações Gerais**

O método faz as seguintes recomendações de caráter executivo:

- a) o subleito e todas as camadas granulares do pavimento deverão ser compactadas com, no mínimo, 100 % de grau de compactação;
- b) todos os materiais do subleito que apresentam  $ISC < 2 \%$  e/ou expansão  $> 2 \%$  deverão ser substituídos por materiais com  $ISC > ISC$  de projeto determinado para o subleito;
- c) a menor espessura a ser adotada para as camadas granulares do pavimento é 15 cm;
- d) as espessuras mínima e máxima de compactação de materiais granulares são, respectivamente, 10 cm e 20 cm.

### **4.4.2 DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DO PAVIMENTO**

#### **4.4.2.1 MÉTODO DNER**

Com o objetivo de assegurar o desempenho estrutural e, conseqüentemente, operacional do trecho, foi utilizado o Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis (DNIT-2006).

Cabe ressaltar que para a utilização do citado método torna-se imperioso o conhecimento de duas variáveis de extrema importância: Número “N” e CBR de Projeto.

#### **i) Determinação do Número “N”**

O número “N” a ser utilizado para o dimensionamento do pavimento foi calculado para um horizonte de projeto de 10 anos e o ano de abertura da rodovia aos usuários é 2019. Porém, com já mencionado anteriormente, trata-se da implantação de um aterro para controle de enchente que será utilizado para o lazer de pedestres, com isso, o tráfego realizado para este segmento será inferior a  $N < 10^5$ .

Para o valor de número “N” do trecho em questão, o Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis do DNIT recomenda como revestimento mínimo em Tratamento Superficial Simples (TSS). Entretanto, será adotado uma camada betuminosa com 3,0 cm de espessura por apresentar melhor durabilidade e sem agregar custos ao erário, pois esta será de responsabilidade da construtora.

#### **j) Determinação do valor do ISC de projeto**

Com base na análise dos Estudos Geotécnicos para o segmento em questão, definiu-se o ISC de projeto igual a 20,00%, por se tratar de um aterro compactado por camadas, conforme preconiza a NORMA DNIT IS-108/2009-ES.

A seguir, é apresentada a estrutura do pavimento dimensionado pelo Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis (DNIT-2006) e o Quadro dos quantitativos de pavimentação é apresentado em item próprio.



#### 4.4.3 ESTRUTURA DO PAVIMENTO

A estrutura do pavimento foi dimensionada considerando um  $N < 10^5$ , por ser local de tráfego leve, de características essencialmente residencial e circulação apenas para pessoas. Considerando o N de projeto, o usual seria a utilização de Tratamento superficial simples (TSS), porém será utilizado revestimento de CBUQ de 3 cm. As camadas e suas espessuras são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Estrutura do pavimento e dimensões das camadas.

RESUMO DA ESTRUTURA DO PAVIMENTO	
Revestimento (CBUQ, Faixa C)	3 cm
Base	15 cm
Sub-base	15 cm
Total	33 cm





## 4.5. PROJETO PROPOSTO



## 4.5 PROJETO PROPOSTO

### 4.5.1 INTRODUÇÃO

A solução proposta é a construção de dois aterros-barragens de contenção de aproximadamente 600m em cada lado do igarapé Mãe do Rio. Estas contenções impedirão que a água, no período de cheias, invada as ruas e casas. Os materiais a serem utilizados na execução dos aterros devem ser provenientes da utilização de empréstimos, devidamente caracterizados e selecionados com base nos Estudos Geotécnicos. As contenções consistirão de aterros com altura média de 5m, serão protegidos com pedras de mão e tela em suas faces de modo a proteger o talude contra erosão da saia do aterro nas épocas de alagamento.

Um modelo geotécnico representativo do trecho foi criado para o desenvolvimento da análise de estabilidade que têm como objetivo a obtenção do fator de segurança global ao aterro após sua conclusão, visando alcançar o fator de segurança mínimo aceitável pela norma NBR 11682:2009 – Estabilidade de Taludes. O *layout* do projeto em planta é apresentado na Figura 18.





Figura 18 - *Layout* do projeto em planta proposto.

A retirada de vegetação ocorrerá somente no local de construção dos aterros e acessos necessários aos equipamentos.

As figuras 19 a 22 mostram o local onde serão realizadas as obras. Nas imagens é possível observar a proximidade das casas e ruas ao leito do igarapé Mãe do Rio. Nota-se também a característica plana do terreno que está abordada no item que discorre sobre o meio físico do local.





Figura 19 - Local a sofrer intervenção.



Figura 20 - Local a sofrer intervenção.

*J. R. D.*

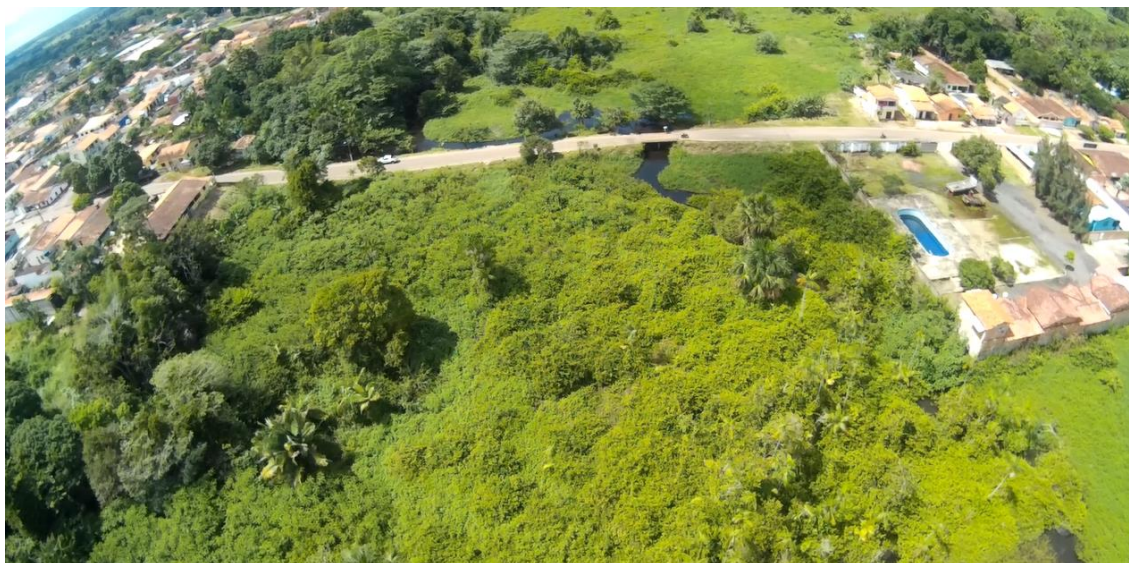


Figura 21 - Local a sofrer intervenção.



Figura 22 - Local a sofrer intervenção.

## 4.5.2 NORMAS

Para a elaboração do projeto dos aterros foram consultadas as seguintes normas:

- Norma Dnit 108/2009 – ES – Terraplenagem, Aterros – Especificação de Serviço;
- NBR 11682:2009 – Estabilidade de Taludes;
- NBR 8044:1983 – Projeto Geotécnico;



## 4.5.3 ANÁLISE DE ESTABILIDADE DO ATERRO

### 4.5.3.1 PARÂMETROS UTILIZADOS NO PROJETO

Para as análises do projeto foi desenvolvido um perfil de caracterização baseado na topografia levantada e nas sondagens apresentadas para a determinação dos parâmetros de resistência do material obtidos a partir de correlações com estas sondagens, apoiada por referências bibliográficas para materiais com características semelhantes.

Para a execução do corpo do aterro, deve-se atender a capacidade de suporte adequada ( $ISC > 2\%$ ) e expansão menor ou igual a 4%.

Tabela 4 – Referências para resistência drenada de solos coesivos (Look, 2014).

Type	Soil description/state	Effective cohesion (kPa)	Friction angle (degrees)
Cohesive	Soft – organic	5–10	10–20
	Soft – non organic	10–20	15–25
	Stiff	20–50	20–30
	Hard	50–100	25–30

Tabela 5 – Parâmetros de resistência dos materiais.

MATERIAL	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)	$\phi$ (°)
Aterro	19	10	26
Solo de fundação (argiloso)	17	8	24
Solo de fundação (areia medianamente compacta)	18	5	34,1
Solo de fundação (areia compacta)	18	5	43,6

### 4.5.3.2 RUPTURA DA FUNDAÇÃO DO ATERRO

Para a determinação da possibilidade de ruptura da fundação do aterro, foram feitas correlações baseadas na literatura com os valores de  $N_{SPT}$  obtidos em campo. A partir dessas correlações foi considerado o peso do aterro sobre o solo da fundação. A Tab. 6 apresenta alguns valores típicos de tensões admissíveis para solos, de acordo com Porto, 1979.



Tabela 6 - Correlação SPT e tensão admissível para solos (Porto, 1979)

Argila	N <sup>o</sup> de Golpes SPT	Tensões Admissíveis (Kg /cm <sup>2</sup> )	
		Sapata Quadrada	Sapata Contínua
Muito Mole	≤ 2	< 0,30	< 0,20
Mole	3 - 4	0,33 - 0,60	0,22 - 0,45
Média	5 - 8	0,60 - 1,20	0,45 - 0,90
Rija	9 - 15	1,20 - 2,40	0,90 - 1,80
Muito Rija	16 - 10	2,40 - 4,80	1,60 - 3,60
Dura	> 30	> 4,80	> 3,60

Areia	N <sup>o</sup> de golpes SPT	Tensão Admissível (Kg/cm <sup>2</sup> )
Fofa	≤ 4	< 1,0
Pouco Compacta	5 - 10	1,0 - 2,0
Medianamente Compacta	11 - 30	2,0 - 4,0
Compacta	31 - 50	4,0 - 6,0
Muito Compacta	> 50	> 6,0

Para o cálculo do peso do aterro foi considerado seu peso específico de 19 kN/m<sup>3</sup> sendo projetado sobre a camada de fundação, sendo que o aterro apresenta as dimensões de 5x11x600 m. O solo da fundação é formado por uma argila arenosa e sua tensão admissível considerada foi de 2,5 kg/cm<sup>2</sup>. A Fig. 23 apresenta a geometria e parâmetros adotados no cálculo e a Tab. 7 traz a força exercida do aterro sobre o solo de fundação.

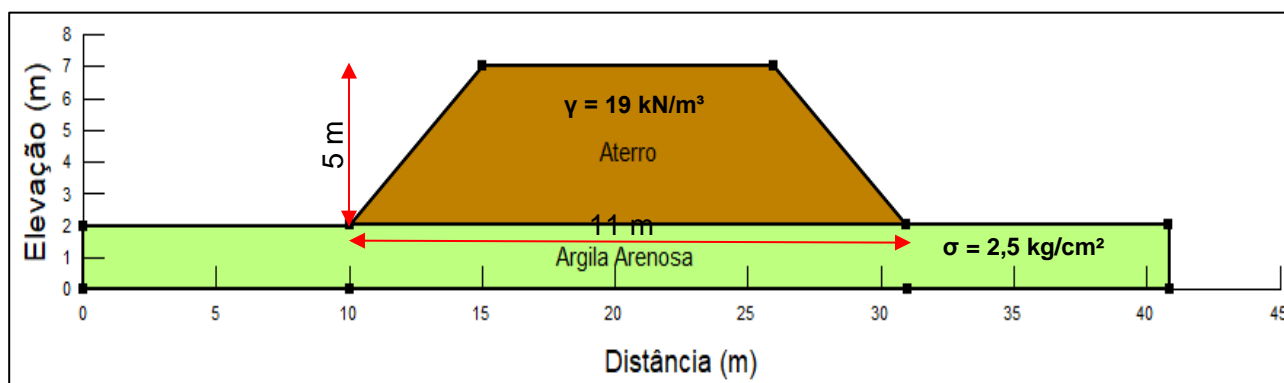


Figura 23 - Parâmetros adotados para cálculo da capacidade de suporte da fundação.

Tabela 7 - Tensão exercida pelo aterro sobre o solo de fundação.

Vol. Aterro	48.000 m <sup>3</sup>
Aproj. Aterro	12.600 m <sup>3</sup>
Peso Aterro	19 kN/m <sup>3</sup>
Carga sobre a fundação	0,73 kg/cm <sup>2</sup>

Considerando que a capacidade de suporte do solo de fundação é de 2,5 kg/cm<sup>2</sup>, foi calculado o fator de segurança (FS = Força<sub>resistente</sub> / Força<sub>atuante</sub>), o que resultou num FS = 3,4.

### 4.5.3.3 ANÁLISE DE ESTABILIDADE GLOBAL

Avalia-se a estabilidade de um aterro com altura admissível considerando-se superfície de ruptura circular.

Quanto ao fator de segurança limite conforme preconiza a NBR 11.682/09 considerou-se par o caso em questão, o grau de segurança esperado para o local seja de grau elevado, tanto no quesito vidas humanas, quanto em perdas materiais e ambientais, tal como definido nas Tabelas 1 e 2 do subitem 7.5 da referida norma. Para estas situações, portanto, a norma determina o fator de segurança mínimo de 1.5.

O item 7.3.3 da NBR 11682/2009 obriga que “todas as estruturas de contenção devem ser projetadas para suportar, além dos esforços provenientes do solo, uma sobrecarga acidental mínima de 20kPa, uniformemente distribuída sobre a superfície do terreno arrimado”.

A Fig. 24 apresenta a seção transversal analisada e em seguida as demais verificações.

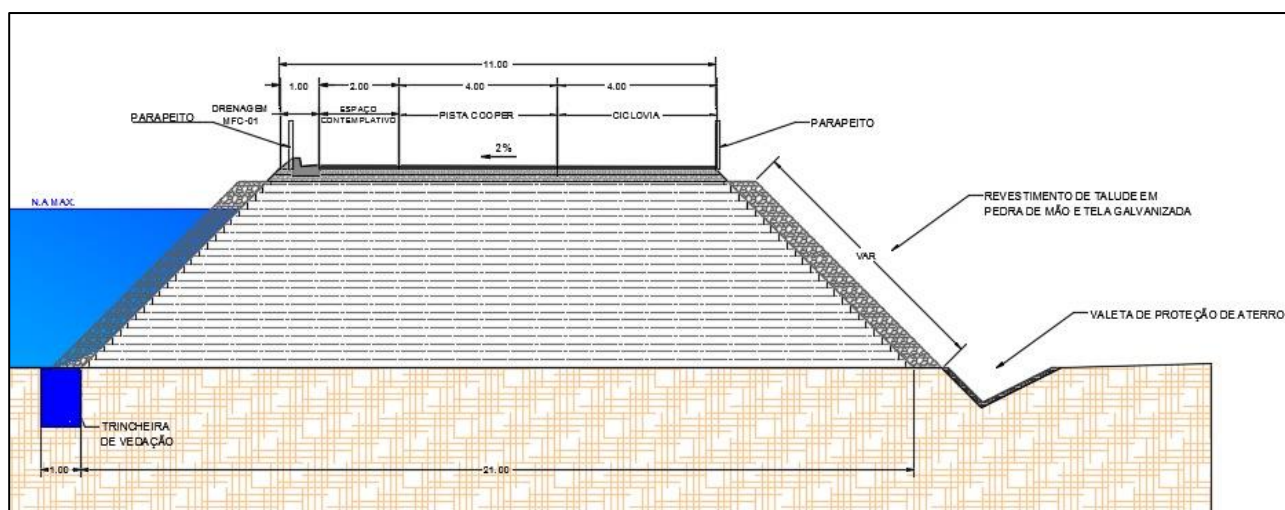


Figura 24 – Seção transversal analisada.

Para as análises de estabilidade global foi empregado o método de Morgenstern-Price, que estabelece o equilíbrio de forças e momentos das massas mobilizantes, considerando uma relação meso-senoidal (*halfsine*) como função entre fatias. As análises foram executadas com auxílio do programa SLOPE/W, pacote do software Geostudio 2014. A superfície de ruptura crítica gerada automaticamente em todas as análises foi de forma qualquer (arbitrária), ou seja, a priori, de forma não circular ou não planar, e otimizada, Fig. 24.

Para tal, são adotadas as seguintes hipóteses:

- A definição a priori de uma superfície de deslizamento;
- O solo se comporta segundo um modelo rígido perfeitamente plástico do tipo Mohr-Coulomb;
- O fator de segurança das componentes coesivas e de atrito da resistência ao cisalhamento é igual para todos os solos envolvidos;





simulação.

#### 4.5.3.5 ESTIMATIVA DE RECALQUES

Para a análise de recalques foi utilizado o software SIGMA/W, o tipo de análise feita foi do tipo *LOAD/DEFORMATION*. Para esta análise foi considerado o peso do aterro sobre o solo de fundação, assim como o peso da coluna d'água sob o solo de fundação e no talude montante do aterro.

Para a estimativa de parâmetros foi utilizado os pesos específicos já apresentados anteriormente, e os valores típicos de Módulo de Elasticidade e Coeficiente de Poisson encontrados em bibliografia. Conforme Tab. 8 e 9.

Tabela 8 - Valores típicos de Módulo de Elasticidade (Das, 2002).

Soil	$E_s$		
	(kPa)		
	Lower Limit	Upper Limit	Average
Soft clay	1800	3500	2650
Hard clay	6000	14000	10000
Loose sand	10000	28000	19000
Dense sand	35000	70000	52500

Tabela 8 - Valores típicos do Coeficiente de Poisson (Das, 2002).

Soil	$\nu$		
	Lower Limit	Upper Limit	Average
Loose sand	0.2	0.4	0.3
MediumSand	0.25	0.4	0.325
Dense sand	0.3	0.45	0.375
Silty sand	0.2	0.4	0.3
Soft clay	0.15	0.25	0.2
Medium clay	0.2	0.5	0.35

Usando os parâmetros já apresentados, foram calculados os recalques dos materiais, conforme apresentado na Fig. 27.



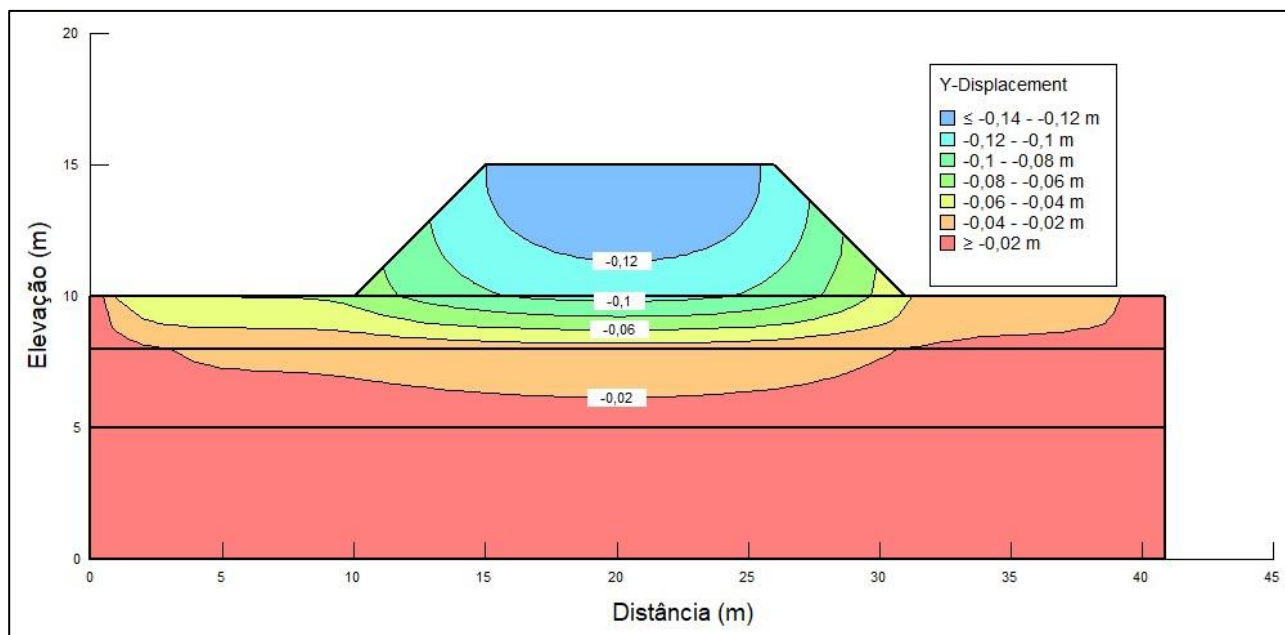


Figura 27 - Recalques para o aterro projetado.

A Fig. 28 apresenta o gráfico para os deslocamentos verticais abaixo do aterro, nota-se que estes são maiores no talude a montante que a jusante, já que o peso da coluna de água também foi considerado na análise.

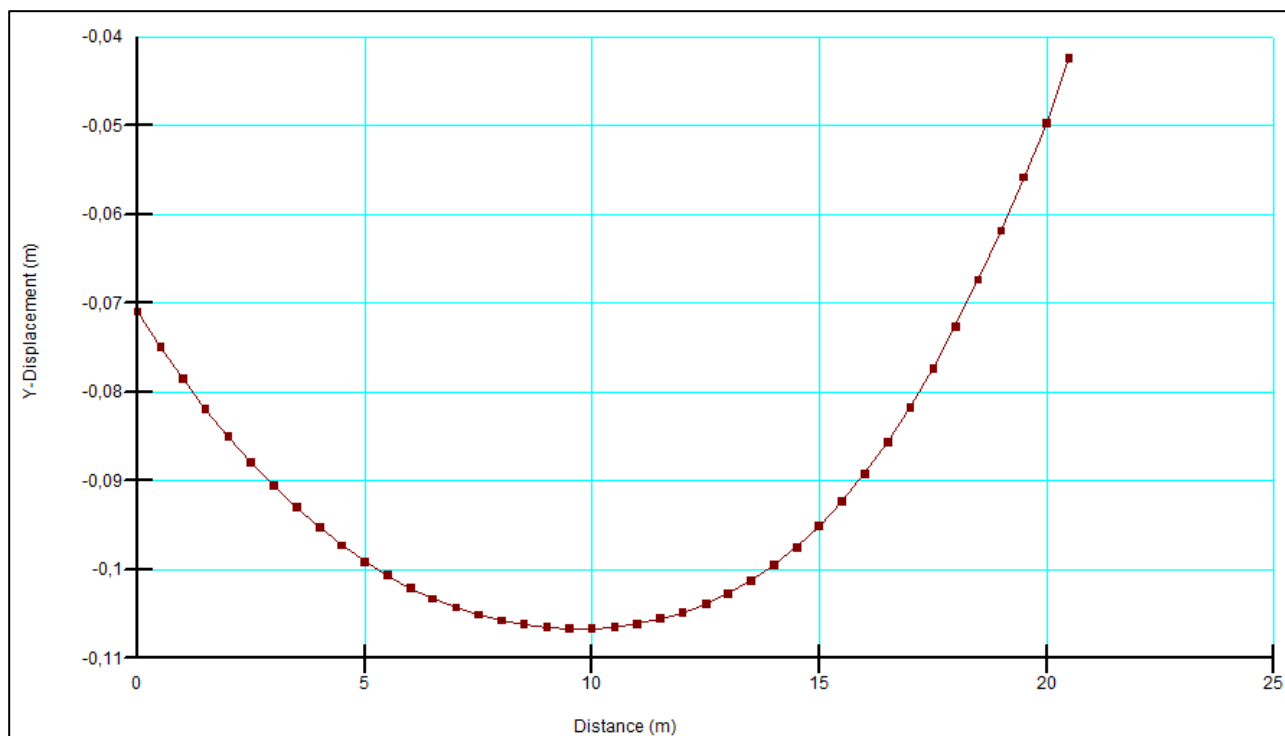


Figura 28 - Gráfico do deslocamento abaixo do aterro.

A Fig. 29 apresenta o gráfico para os deslocamentos verticais para toda a camada superficial de solo considerada na análise.

*Handwritten signature*

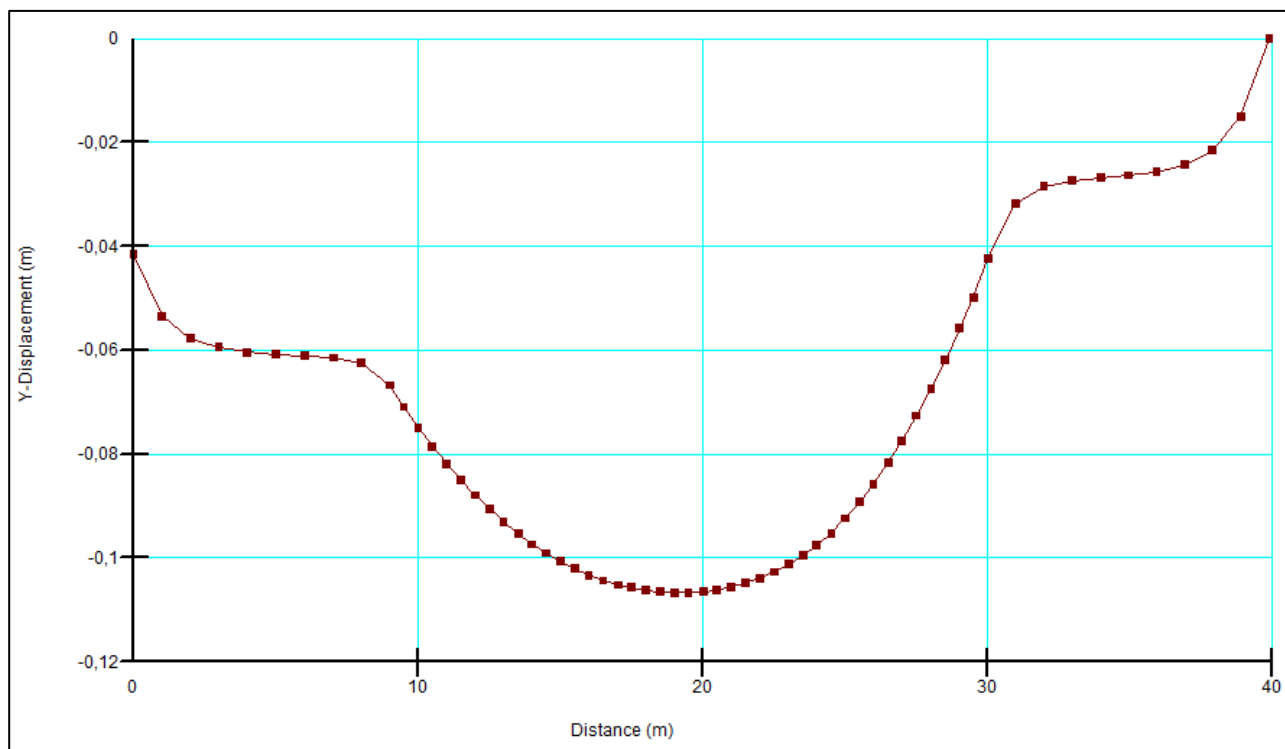


Figura 29 - Gráfico para o deslocamento de toda a camada superficial de solo da fundação.

#### 4.5.3.6 ANÁLISE DE FLUXO

Para as análises de fluxo utilizou-se o software SEEP/W, programa que modela o fluxo de água em meios porosos através do método dos elementos finitos - MEF. A modelagem e a análise numérica do fluxo de água e a distribuição das poropressões será dada a partir de solo em condição saturada, dado que as sondagens encontraram nível de água a apenas 1 m da superfície.

O tipo de análise foi *Steady-State*, considerando o nível de água máximo de 4 m, assim como na análise de estabilidade. O material foi considerado isotrópico e modelado como Saturado/Insaturado. Os parâmetros foram escolhidos com base em bibliografia e de forma a considerar a situação mais desfavorável, a Tab. 9 apresenta os parâmetros adotados para a análise.

Tabela 9 - Parâmetros adotados para análise de fluxo.

MATERIAL	k (m/seg)	Grau de saturação (m³/m³)
Aterro	$10^{-9}$	0,5
Solo de fundação (argiloso)	$10^{-8}$	0,5
Solo de fundação (areia medianamente compacta)	$10^{-7}$	0,5
Solo de fundação (areia compacta)	$10^{-7}$	0,5
Dreno	$10^{-2}$	0,5



As Fig. De 30 a 34 apresentam as análises de fluxo para o aterro projetado.

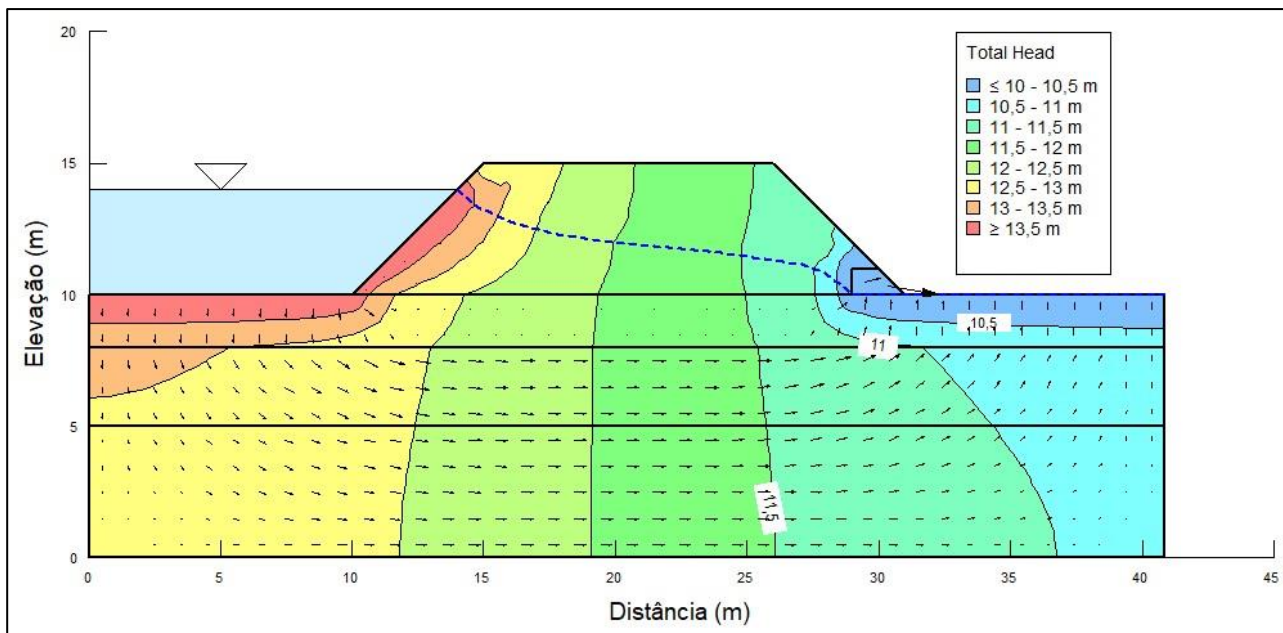


Figura 30 - Linhas equipotenciais e linhas de fluxo.

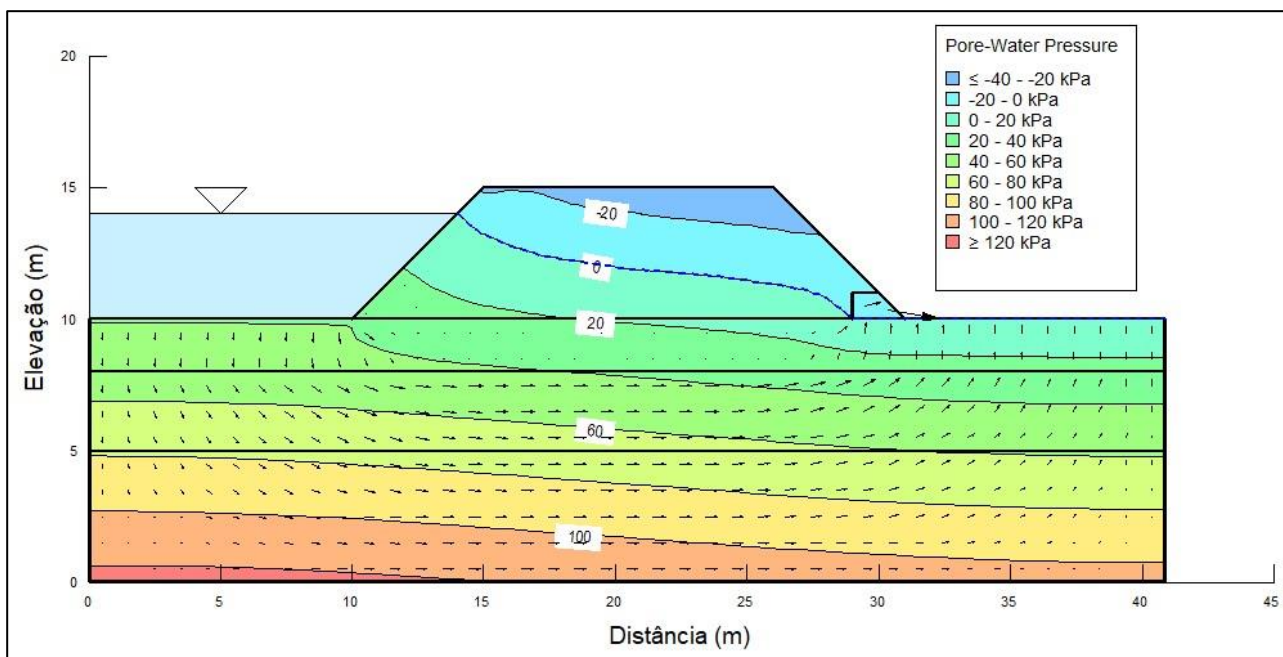


Figura 31 - Distribuição das poropressões.

*Handwritten signature*

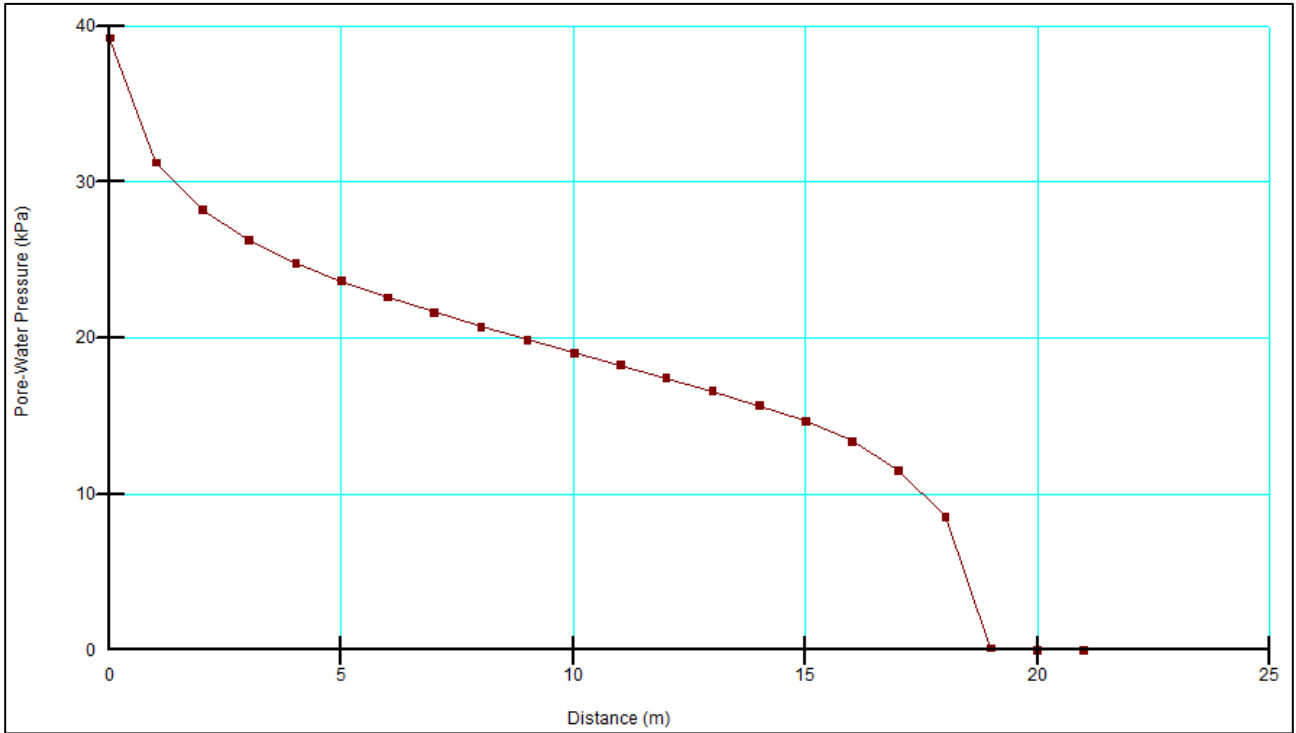


Figura 32 - Valores de poropressão na base do aterro.

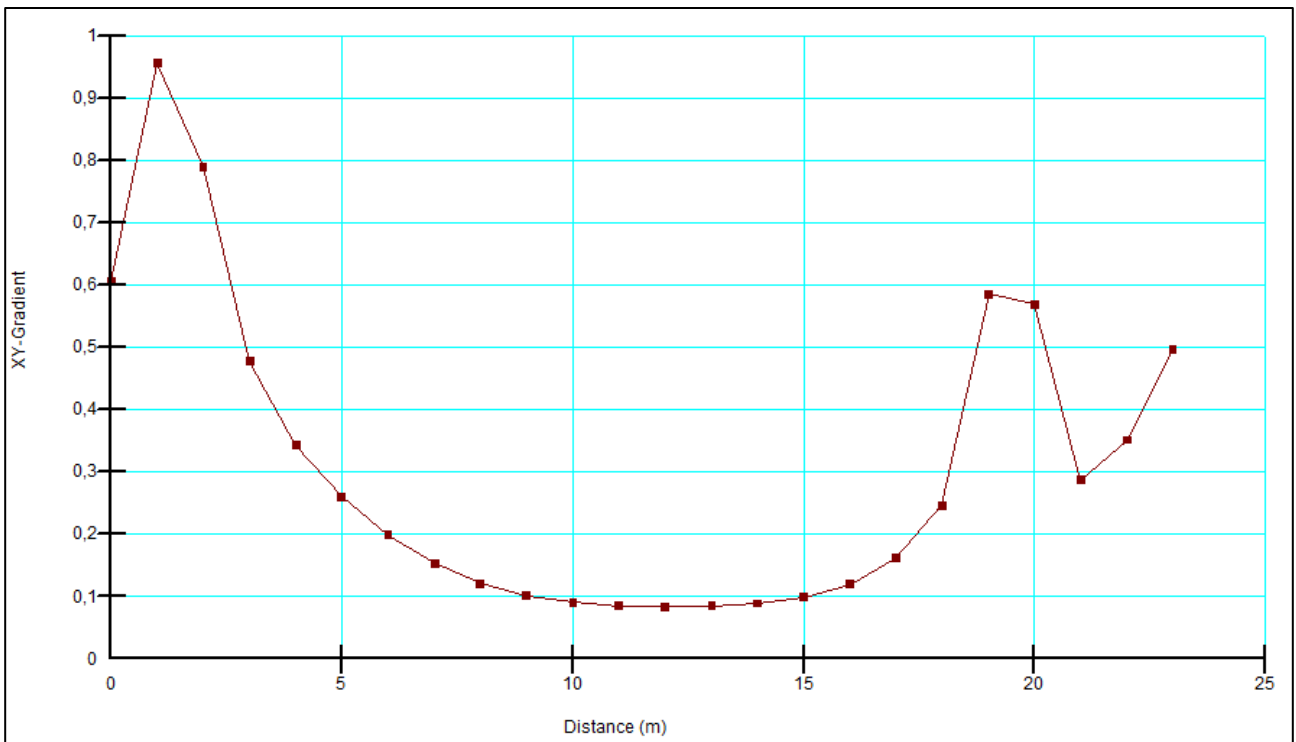


Figura 33 – Gradiente hidráulico vs largura da base do aterro.

*JAD.*

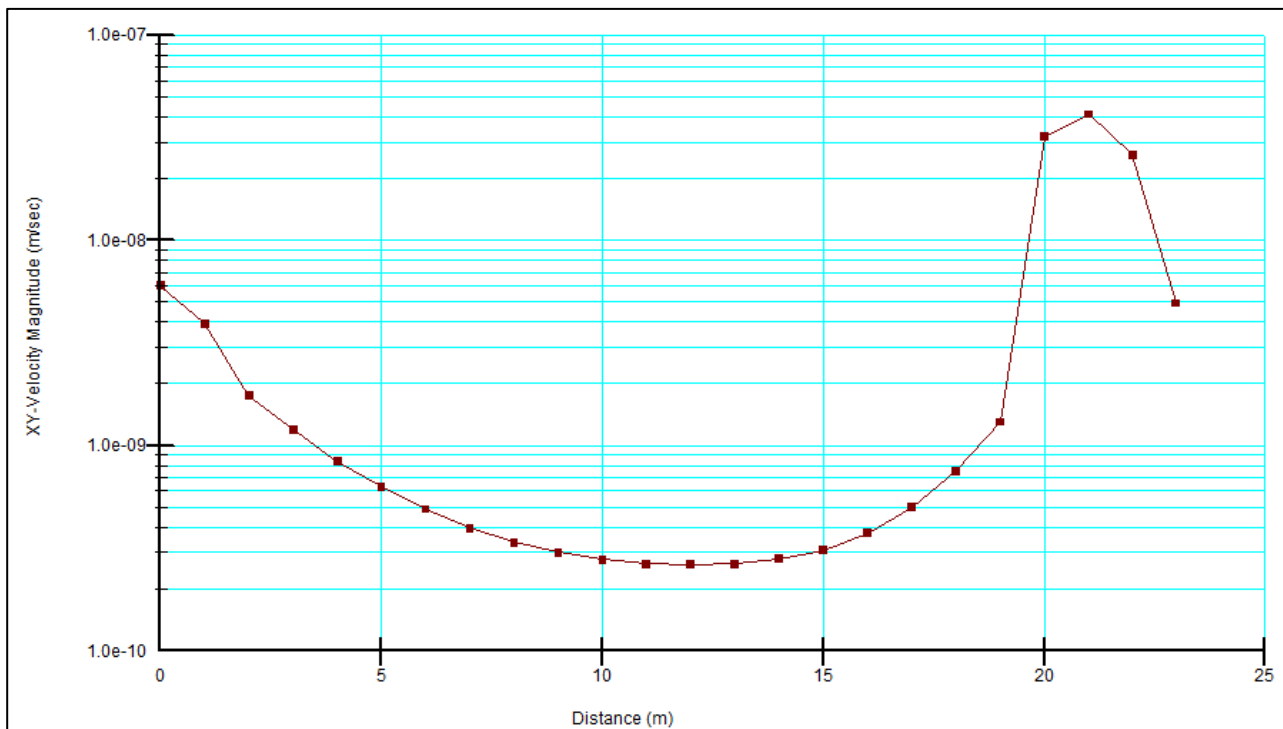


Figura 34 - Velocidade de vazão vs largura do pé do aterro.

## 4.6. QUADRO DE QUANTIDADES





## 4.6 QUADRO DE QUANTIDADES

Item	Códigos	Discriminação	Quantidade	Unid.
<b>1</b>		<b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>		
1.1	CPU - 001	Instalação do Candeiro de Obras e Alojamento	1,00	und
1.2	CPU - 002	Mobilização de Equipamentos e Mão de Obra	1,00	und
1.3	73686/SINAPI PA	Locação da Obra Com uso de Equipamentos Topográficos Inclusive Nivelador	1.221,28	m <sup>2</sup>
1.4	72733/SINAPI PA	Mobilização e Instalação de 01 Equipamento de Sondagem, Distância Acima de 20km	1,00	und
1.5	Cotação - 001	Sondagem a Percursão até 15m Loc. Alag.	14,00	und
<b>4</b>		<b>TERRAPLENAGEM ATERRO E ENROCAMENTO</b>		
4.1	5501700/SICRO PA 2018	Desmatamento, destocamento, limpeza de área e estocagem do material de limpeza com árvores de diâmetro até 0,15 m	25.578,00	m <sup>3</sup>
4.2	5501701/SICRO PA 2018	Destocamento de Árvores d=0,15 a 0,30 m	4.515,55	und
4.4	5914344/SICRO PA 2018	Transporte com Caminhão Basculante 6 m3 em Rodovia Pavimentada ( para Distâncias Superiores a 4 km)	107.470,09	m <sup>3</sup> xkm
4.5	5502978/SICRO PA 2018	Compactação de Aterros a 100% Proctor Normal	75.995,41	m <sup>3</sup>
4.6	4805758/SICRO PA 2018	Trincheira de Vedação	5.487,08	m <sup>3</sup>
4.7		Proteção de Aterro		
4.7.1	5914344/SICRO PA 2018	Transporte com Caminhão Basculante 6 m3 em Rodovia Pavimentada ( para Distâncias Superiores a 4 km)	1.219,35	m <sup>3</sup> xkm
4.7.2	1505860/SICRO PA 2018	Pedra de Mão	8.535,45	m <sup>3</sup>
4.7.3	Cotação - 002	Tela Galvanizada + PVC	17.070,90	m <sup>2</sup>
4.8		Bota-Fora		
4.8.1	5914344/SICRO PA 2018	Carga e Descarga Mecânica de Solo utilizando caminhão Basculante 6,0m3 /16t e Pá Carregadeira sobre Pneus 128 hp, Capacidade da Caçamba 1,7 A 2,8 m <sup>3</sup> , peso operacional 11632 Kg	13.563,00	m <sup>3</sup>
<b>5</b>		<b>DRENAGEM</b>		
5.1	94273/SINAPI PA	ASSENTAMENTO DE GUIA (MEIO-FIO) EM TRECHO RETO, CONFECCIONADA EM CONCRETO PRÉ-FABRICADO, DIMENSÕES 100X15X13X20 CM (COMPRIMENTO X BASE INFERIOR X BASE SUPERIOR X ALTURA), PARA URBANIZAÇÃO INTERNA DE EMPREENDIMENTOS. AF_06/2016_P	1.219,35	m
5.2	2003313/SICRO PA 2018	VALETA DE PROTEÇÃO DE ATERRO	1.220,35	m
5.4	2003618/SICRO PA 2018	BOCA DE LOBO EM ALVENARIA TIJOLO MACICO, REVESTIDA C/ ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA 1:3, SOBRE LASTRO DE CONCRETO 10CM E TAMPA DE CONCRETO ARMADO	1.221,35	m
<b>6</b>		<b>PAVIMENTAÇÃO</b>		
6.2	4011227/SICRO PA 2018	Sub-base solo estabilizado granulometricamente	1.037,97	m <sup>3</sup>
6.3	4011219/SICRO PA 2018	Base solo estabilizado granulometricamente	955,67	m <sup>3</sup>
6.4	4011352/SICRO PA 2018	Imprimação	6.096,75	m <sup>2</sup>
6.5	4011353/SICRO PA 2018	Pintura de ligação	6.096,75	m <sup>2</sup>
6.6	41899/SINAPI PA	Aquisição de Material Betuminoso (CAP 50/70)	48,29	t
6.7	5914620/SICRO PA 2018	Transporte de Material Betuminoso	48,29	tkm
<b>6</b>		<b>SINALIZAÇÃO E OBRAS COMPLEMENTARES</b>		
6.1	5213368/SICRO PA 2018	Forn. e implantação de balizador de concreto	22,00	unid
6.2	5214001/SICRO PA 2018	Pintura faixa-tinta b.acrílica emuls. água - 1 ano	223,00	m <sup>2</sup>
6.3	4915706/SICRO PA 2018	Guarda corpo de Concreto	2.438,71	m <sup>3</sup>
<b>7</b>		<b>SERVIÇOS FINAIS</b>		
7.1	CPU - 001	Desmobilização de Pessoal e Equipamentos	1,00	und

<b>8</b>		<b>PROJETO EXECUTIVO (5%)</b>		
5.1		Estudos Geológico, Geotécnicos e Estudo Topográficos	1,00	und
5.2		Projeto de Geometria, Terraplenagem	1,00	und
5.3		Projeto de Fundações e Projeto de Contenção	1,00	und
5.4		Projeto de Drenagem e Hidrologia	1,00	und
5.5		Componente Ambiental		
5.5.1		Relatório de Controle Ambiental	1,00	und
<b>9</b>		<b>ADMINISTRAÇÃO DA OBRA</b>		
9.2	93565/SINAPI PA	Engenheiro Civil de Obra Júnior com Encargos Complementares	10,00	mês
9.4	93564/SINAPI PA	Apontador ou Apropriador com Encargos Complementares	10,00	mês
9.5	88255/SINAPI PA	Auxiliar Técnico de Engenharia Com Encargos Complementares	1.760,00	h
9.6	88326/SINAPI PA	Vigia Noturno Com Encargos Complementares	1.960,00	h
9.9	90766/SINAPI PA	Almoxarife com Encargos Complementares	10,00	mês
9.10	88284/SINAPI PA	Motorista de Veículo Leve com Encargos Complementares	1.760,00	h
9.12	88264/SINAPI PA	Eletricista Com Encargos Complementares	1.760,00	h
9.13	94295/SINAPI PA	Mestre de Obras Com Encargos Complementares	10,00	mês
9.14	93572/SINAPI PA	Encarregado Geral de Obras Com Encargos Complementares	10,00	mês
9.15	88252/SINAPI PA	Auxiliar de serviços Gerais Com Encargos Complementares	1.760,00	h

