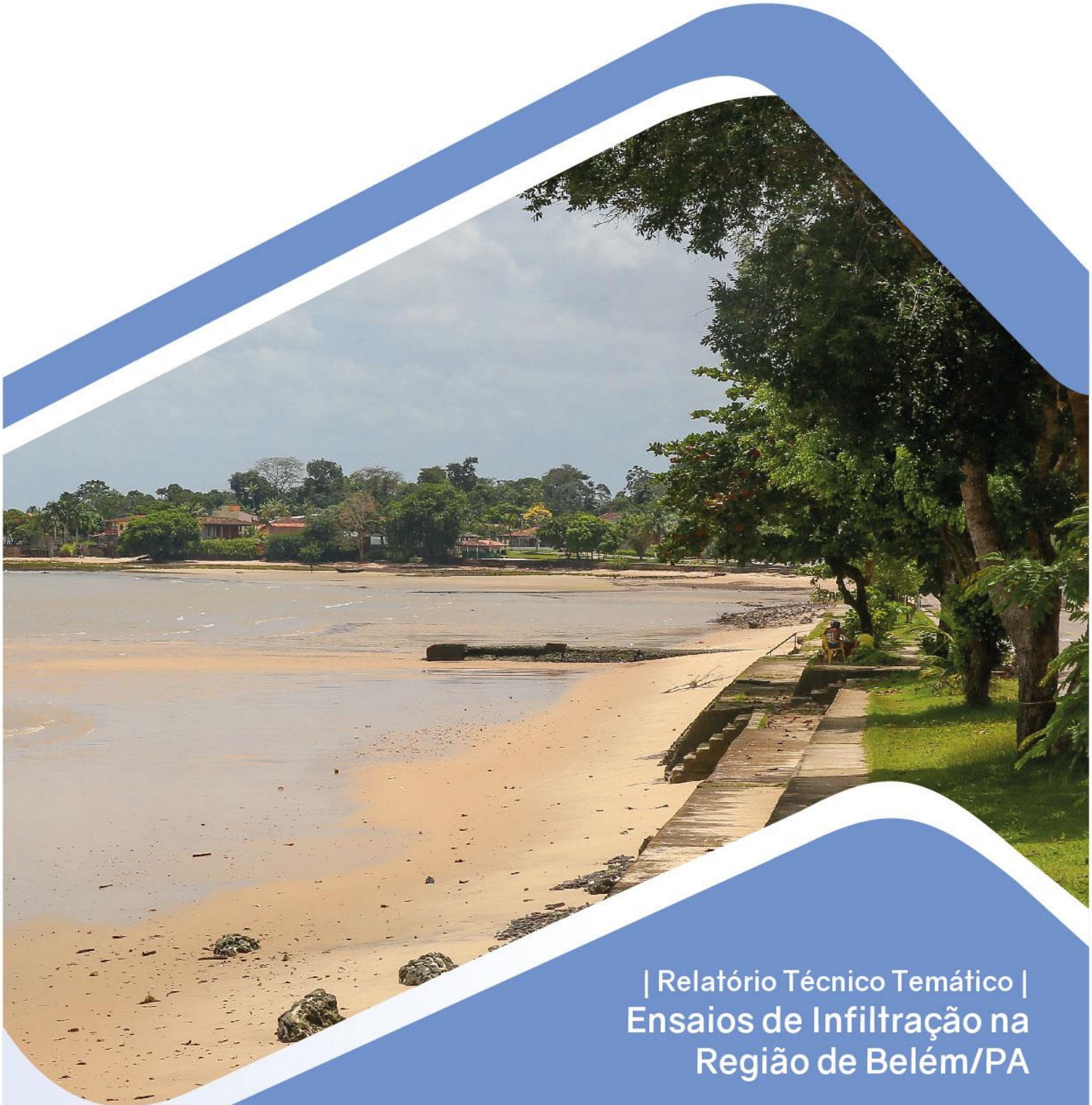


# ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE BELÉM/PA



| Relatório Técnico Temático |  
Ensaio de Infiltração na  
Região de Belém/PA



**República Federativa do Brasil**

Michel Miguel Elias Temer Lulia

Presidente da República

**Ministério do Meio Ambiente**

Edson Duarte

Ministro

**Agência Nacional de Águas**

**Diretoria Colegiada**

Christianne Dias Ferreira - Diretora-Presidente

Ricardo Medeiros de Andrade

Ney Maranhão

Oscar de Moraes Cordeiro Netto

Marcelo Cruz

**Superintendência de Implementação de Programas e Projetos - SIP**

Tibério Magalhães Pinheiro (Superintendente)

Victor Sucupira (Superintendente Adjunto)

**Coordenação de Águas Subterrâneas - COSUB**

Fernando Roberto de Oliveira (Coordenador)

Adriana Niemeyer Pires Ferreira

Fabrcio Bueno da Fonseca Cardoso

Letícia Lemos de Moraes

Leonardo de Almeida (Gestor Substituto do Contrato)

Mrcia Tereza Pantoja Gaspar (Gestora do Contrato)

© 2018 Agência Nacional de Águas – ANA  
Setor Policial, Área 5, Quadra 3, Blocos B, L, M, N, O e T  
CEP: 70610-200, Brasília - DF  
PABX: 2109-5400 / 2109-5252  
Endereço eletrônico: <http://www.ana.gov.br>

Capa: Vanessa Cardoso  
Local da Foto: Ilha do Mosqueiro – Belém/PA  
Autor da fotografia: Cristiano cantão

Equipe:

**Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização – CTAF**

Márcia Tereza Pantoja Gaspar (ANA)	Leonardo de Almeida (ANA)	Luciene Mota de Leão Chaves (SEMAS/PA)
Márcia Helena D'Oliveira Nascimento (SEMAS/PA)	Juvenal Andrade Neto (SEMAS/PA)	Valmor José Freddo Filho (CPRM)
Homero Reis de Melo Junior (CPRM)	Manoel Imbiriba Junior (CPRM)	Giovanni Chaves Penner (UFPA/ITEC)
Raimundo Nonato do Espírito Santo (UFPA/IG)	Ronaldo Lopes Mendes (UFPA/NUMA)	Hélida Gonçalves Soares (SEMMA Belém)
Wanderley Nascimento da Silva (COSANPA)	Alessandra Machado Noronha (AMAE)	Rosângela Maria L. da Rocha (SEMMA Marituba)
Edivan de Jesus Souza (SEMMA Marituba)	Fernando Monteiro da <u>Silva</u> (SEMMA Marituba)	Carla Marques de Oliveira (SEMMA Santa Bárbara do Pará)
Alexsandra Christine Borges de Queiroz (SEMMA Marituba)	Ricelly Luciana Luz Maia do Rosário (SEMMA Santa Izabel do Pará)	

**Elaboração e Execução – PROFILL Engenharia e Ambiente S.A.**

Mauro Jungblut – Coordenação Geral  
Cíntia Letícia Sallet – Gerente de Projetos

**Membros da Equipe Técnica Executora:**

Flávio de Paula e Silva e Tiago Vier Fischer – Coordenação Técnica

Antônio Flavio Uberti Costa	Antônio Silvio Jornada Krebs	Ana Luiza Helfer
Carla Gasparini	Carlos Bortoli	Daniel Wiegand
Guilherme Joaquim	Igor Alves	Isabel Rekowsky
Marcia Regina Stradioto	Neomar Oliveira Fraga	Rodrigo Tusi Costa
Sidnei Agra		

**Agradecimentos**

Agradecemos a todos os colaboradores e usuários de recursos hídricos que direta ou indiretamente contribuíram com a elaboração deste trabalho.

Todos os direitos reservados.

É permitida a reprodução de dados e de informações, desde que citada a fonte.

**A265e** Agência Nacional de Águas (Brasil).  
Estudos hidrogeológicos para a Gestão das Águas Subterrâneas da  
Região de Belém: Relatório técnico temático sobre os ensaios de  
infiltração na região de Belém / Agência Nacional de Águas;  
Elaboração e Execução: Profill Engenharia e Ambiente S.A – Brasília:  
ANA, 2018.

145 p. il.

1. Hidrogeologia. 2. Bacias Hidrográficas. 3. Belém, Região  
Metropolitana de (PA). I. Título

**CDU 556.3**



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização dos ensaios de infiltração executados. ....	10
Figura 2 – Esquema conceitual do ensaio de infiltração tipo <i>open end hole</i> . ....	11
Figura 3 – Execução dos furos de trado para a realização dos testes de infiltração. ....	14
Figura 4 – Disposição dos furos com tubos cravados para realização do teste de infiltração. ....	15
Figura 5 – Preenchimento de água no tubo para o início do teste de infiltração. ....	15
Figura 6 – Medição da variação do nível de água no tubo cravado. ....	16
Figura 7 – Mapa com a indicação da dos pontos de ensaio e profundidade do lençol freático na área de estudo. ....	18
Figura 8 - Portal da Amazônia, Ponto 1. ....	19
Figura 9 - Perfuração do furo de 1,0 m para o teste de infiltração. ....	20
Figura 10 - Preenchimento de água no tubo para o início do teste. ....	20
Figura 11 - Preenchimento de água no tubo para o início do teste. ....	21
Figura 12 - Furo de 0,5m para execução do teste. ....	21
Figura 13 - Praça Dom Pedro II, Ponto 3, onde foi realizado o teste. ....	22
Figura 14 - Furo para o teste na profundidade de 0,5m. ....	22
Figura 15 - Furo para teste na profundidade de 1,0 m. ....	23
Figura 16 - Preenchimento de água no furo para o início do teste. ....	23
Figura 17 - Praça da República, Ponto 4, local onde foi realizado o teste de infiltração. ....	24
Figura 18 - Furo de trado para teste na profundidade de 0,5m. ....	24
Figura 19 - Execução dos testes de infiltração mostrando os tubos preenchidos com água. ....	25
Figura 20 - Perfuração do furo de 0,5 m para a realização do teste de infiltração. ....	25
Figura 21 - Bosque Rodrigues Alves, Ponto 5, onde foi realizado o teste de infiltração. ....	26
Figura 22 - Preenchimento de água no tubo para o início do teste de infiltração. ....	26
Figura 23 - Furos executados e com os tubos cravados para o início dos testes de infiltração. ....	27
Figura 24 - Praça Batista Campos, Ponto 6, onde foi realizado o teste de infiltração. ....	27
Figura 25 - Perfuração do furo de 0,5 m para a realização do teste de infiltração. ....	28
Figura 26 - Preenchimento de água no tubo para o início do teste de infiltração. ....	28
Figura 27 - Furos executados e com os tubos cravados para o início dos testes de infiltração. ....	29
Figura 28 - COSANPA 8º setor no local onde foi realizado o teste do Ponto 7. ....	30
Figura 29 - Furos de trado na área da COSANPA 8º Setor (Ponto 7). ....	30
Figura 30 - Perfuração de 0,5 m para o teste de infiltração. ....	31
Figura 31 - Medição do nível de água durante a realização do teste de infiltração. ....	31
Figura 32 - Ponto localizado no bairro da Cremação, Ponto 8. ....	32
Figura 33 - Furo de 0,5 m perfurado para o teste de infiltração. ....	32
Figura 34 - Furo de 1,0 m perfurado para o teste de infiltração. ....	33
Figura 35 - Preenchimento de água no tubo de 0,5 m para a realização do teste de infiltração. ....	33
Figura 36 - Museu Paraense Emilio Goeldi (Alcindo Cacela/Magalhães Barata), Ponto 11. ....	34

Figura 37 - Tubo cravado e preenchido com água, para o início do teste de infiltração. ....	35
Figura 38 - Furo para o teste de infiltração na profundidade de 0,5 m. ....	36
Figura 39 - Furos utilizados para o teste de infiltração. ....	36
Figura 40 - Museu Paraense Emilio Goeldi (Av. G. Bitencourt/ Tv. 9 de Janeiro), Ponto 12. ....	37
Figura 41 - Preenchimento do tubo cravado para o início do teste de infiltração. ....	37
Figura 42 - Furo para o teste de infiltração na profundidade de 1,0 m. ....	38
Figura 43 - Bosque Rodrigues Alves (Av. 25 de Setembro/Tv. Lomas Valentinas), Ponto 13. ....	39
Figura 44 - Furo de 0,5m perfurado para o teste de infiltração. ....	39
Figura 45 - Preenchimento de água para teste no furo no 0,5m. ....	40
Figura 46 - Furos executados para o teste de infiltração no Ponto 14. ....	41
Figura 47 - Preenchimento de água no furo para o início do teste de infiltração. ....	41
Figura 48 - Outeiro, bairro São João, Ponto 15. ....	42
Figura 49 - Preenchimento do tubo cravado para o início do teste de infiltração. ....	43
Figura 50 - Medição da variação do nível d'água no tubo. ....	43
Figura 51 - Cruzamento da Rodovia Augusto Montenegro com a Av. Independência, Ponto 16. ....	44
Figura 52 - Perfuração para o teste de 1,0 m. ....	44
Figura 53 - SAAEB/COSANPA Conj. Eduardo Angelim, Ponto 17. ....	45
Figura 54 - Furo de 1,0 m perfurado para o teste de infiltração. ....	45
Figura 55 - Preenchimento de água no tubo de 1,0m para a realização do teste de infiltração. ....	46
Figura 56 - Escola Alice Fanjas, Ponto 18. ....	46
Figura 57 - Início da execução do Furo de 0,5m perfurado para o teste de infiltração. ....	47
Figura 58 - SAAEB/COSANPA Souza Franco - Icoaraci, Ponto 19. ....	48
Figura 59 - Furo de 0,5 m perfurado para o teste de infiltração. ....	48
Figura 60 - Preenchimento de água no tubo de 0,5 m para a realização do teste de infiltração. ....	49
Figura 61 - SAAEB/COSANPA Outeiro, Ponto 20. ....	49
Figura 62 - Perfuração para o teste de 1,0 m. ....	50
Figura 63 - COSANPA ÁGUA BOA - OUTEIRO, Ponto 21. ....	50
Figura 64 - Furo de 0,5 m perfurado para o teste de infiltração. ....	51
Figura 65 - COSANPA Praia do Bispo – Mosqueiro, Ponto 22. ....	51
Figura 66 - Início da perfuração do furo de 0,5m. ....	52
Figura 67 - Preenchimento do tubo para o início do teste de infiltração. ....	52
Figura 68 - Tentativa de realização dos furos para a realização dos testes de 1,0 m e 1,5 m que falharam, devido à presença de seixos de tamanhos diversos. ....	53
Figura 69 - COSANPA Murubira – Mosqueiro, Ponto 23. ....	53
Figura 70 - Preenchimento do tubo cravado para o início do teste de infiltração. ....	54
Figura 71 - Furo para o teste de infiltração na profundidade de 1,0 m. ....	54
Figura 72 - Medição da variação do nível d'água no tubo. ....	55
Figura 73 - Furos executados nas profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m para o teste de infiltração. ....	55
Figura 74 - SAAEB/COSANPA Paracuri II, Ponto 25. ....	56

Figura 75 - Furo de 1,0 m perfurado para o teste de infiltração.....	56
Figura 76 - Preenchimento de água no tubo de 0,5m para a realização do teste de infiltração. ....	57
Figura 77 - SAEEB/COSANPA 5ª Rua Mosqueiro, Ponto 26. ....	57
Figura 78 - Preenchimento do tubo cravado para o início do teste de infiltração.....	58
Figura 79 - Furos prontos para o início dos testes de infiltração. ....	58
Figura 80 - Furo para a execução do teste na profundidade de 1,0 m. ....	59
Figura 81 - Praça em Santa Bárbara onde foi realizado o teste do Ponto 27. ....	59
Figura 82 - Preenchimento do tubo cravado para o início do teste de infiltração.....	60
Figura 83 - Furos executados para a realização dos testes de infiltração.....	60
Figura 84 - Furo para a execução do teste de 1,0 m de profundidade. ....	61
Figura 85 - Campo de futebol de Santa Bárbara, Ponto 28.....	61
Figura 86 - Furos com tubos cravados para o início dos testes de infiltração.....	62
Figura 87 - Perfuração do furo de 1,5 m para a realização do teste. ....	62
Figura 88 - Residencial Mina Casa Minha Vida em Santa Bárbara, Ponto 29. ....	63
Figura 89 - Furo de 0,5 m perfurado para o teste de infiltração.....	63
Figura 90 - Furo de 1,0 m perfurado para o teste de infiltração.....	64
Figura 91 - Preenchimento de água no tubo de 0,5 m para a realização do teste de infiltração. ....	64
Figura 92 - SAAE Benevides, Ponto 30. ....	65
Figura 93 - Uso de talha para melhorar a descida do trado.....	65
Figura 94 - Início da perfuração do furo para o teste de infiltração. ....	66
Figura 95 - Preenchimento de água no tubo cravado para o teste na profundidade de 1,5 m. ....	66
Figura 96 - Preenchimento de água no tubo cravado para o teste na profundidade de 1,0 m. ....	67
Figura 97 - Escola em Benevides, Ponto 31.....	67
Figura 98 - Execução dos furos de trado para o início dos testes de infiltração. ....	68
Figura 99 - Medição da variação do nível de água no Ponto 31.....	68
Figura 100 - Preenchimento de água do tubo cravado para o início do teste de infiltração.....	69
Figura 101 - SAAE-Benevides, Ponto 32. ....	69
Figura 102 - Perfuração do furo de 0,5 m para o teste de infiltração. ....	70
Figura 103 - Perfuração do furo de 1,0 m para o teste de infiltração. ....	70
Figura 104 - Preenchimento de água no tubo para o início do teste de infiltração.....	71
Figura 105 - SAAE-Benevides, Ponto 32. ....	71
Figura 106 - Perfuração do furo de 0,5 m para o teste de infiltração. ....	72
Figura 107 - Início da Perfuração do furo de 1,0 m para o teste de infiltração.....	73
Figura 108 - Preenchimento de água no tubo para o início do teste de infiltração.....	73
Figura 109 - Residencial Minha Casa, Minha Vida em Santa Izabel do Pará, Ponto 34.....	74
Figura 110 - Tubo cravado para o preenchido com água para o início do teste. ....	74
Figura 111 - Furos em diferentes profundidades 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m para a realização dos testes de infiltração. ....	75
Figura 112 - Perfuração do furo de 0,5 m para o teste de infiltração. ....	75

Figura 113 - Perfuração do furo de 0,5 m para o teste de infiltração. ....	76
Figura 114 - Tubo no furo de 0,5m para o início do teste. ....	76
Figura 115 - Início da perfuração do furo de 0,5 m. ....	77
Figura 116 - Preenchimento do tubo para o início do teste de infiltração. ....	78
Figura 117 - Outeiro, Bar Pre-Amar, Ponto 37. ....	79
Figura 118 - Perfuração do furo de 1,5 m para o teste de infiltração. ....	79
Figura 119 - Preenchimento de água no tubo para o início do teste. ....	80
Figura 120 - COSANPA - C-569 - Marituba, Ponto 38. ....	81
Figura 121 - Perfuração do furo de 1,0 m para o teste de infiltração. ....	81
Figura 122 - Preenchimento de água no tubo para o início do teste. ....	82
Figura 123 - COSANPA - Beija Flor - Marituba, Ponto 39. ....	82
Figura 124 - Início da perfuração do furo de 0,5m. ....	83
Figura 125 - Preenchimento do tubo para o início do teste de infiltração. ....	83
Figura 126 - Campo de futebol - Murinim – Benevides, Ponto 40. ....	84
Figura 127 - Inserção da extensão de 1,0 m para a perfuração do furo de 1,5 m. ....	84
Figura 128 - Perfuração do furo de 1,0 m para o teste de infiltração. ....	85
Figura 129 - Perfuração do furo de 1,0 m para a execução do teste de infiltração. ....	85
Figura 130 - Medição da variação do nível d'água no tubo cravado. ....	86
Figura 131 - Histograma dos dados de infiltração em m/dia. ....	98
Figura 132 –Distribuição dos resultados dos ensaios sobre os diferentes tipos de uso de solo. ....	100
Figura 133 - Exemplo de apresentação da curva granulométrica. ....	101



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Locais selecionados para a realização de testes de infiltração. ....	13
Quadro 2 – Valores de condutividade hidráulica (K), em cm/s, para alguns materiais geológicos (FETTER, 2001). ....	16
Quadro 3 - Valores medianos de $K_v$ em m/dia e cm/seg obtidos nos testes de infiltração executados. ....	87
Quadro 4 - Parâmetros investigados e valores de $K_v$ obtidos às profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m, além do $K_v$ mediana. ....	88
Quadro 5 - Sumário estatístico para os ensaios de infiltração.....	97
Quadro 6 - Parâmetros obtidos para geração do histograma.....	98
Quadro 7 - Classificação de Wentworth para materiais geológicos. ....	102
Quadro 8 - Classificação dos materiais segundo o coeficiente de uniformidade .....	103
Quadro 9 - Resumo das análises granulométricas. ....	104
Quadro 10 - Valores medianos de $K_v$ em m/dia e cm/seg obtidos nos testes de infiltração executados. ....	105

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>SELEÇÃO DO MÉTODO</b> .....	<b>11</b>
2.1	MÉTODO <i>OPEN END HOLE</i> .....	11
<b>3</b>	<b>CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DOS PONTOS ENSAIADOS</b> .....	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	<b>19</b>
4.1	ENSAIOS REALIZADOS .....	19
4.1	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA .....	87
4.2	TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS RESULTADOS .....	97
<b>5</b>	<b>ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS</b> .....	<b>101</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>106</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>107</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>108</b>
	ANEXO I – Planilhas de resultados das análises granulométricas.....	108

# 1 INTRODUÇÃO

Este Relatório Técnico Temático apresenta os resultados dos ensaios de infiltração desenvolvidos no âmbito dos “*Estudos Hidrogeológicos para a Gestão das Águas Subterrâneas da Região de Belém/PA*”.

Este relatório técnico temático descreve detalhadamente a realização dos ensaios de infiltração executados no âmbito do estudo e apresenta as conclusões do tema. Esse tema é apresentado de forma resumida no Tomo I Volume 1, do Relatório Final dos estudos.

As propriedades hidráulicas básicas podem ser obtidas com uso de diversos tipos de ensaios de campo, dentre os quais incluem-se os ensaios de infiltração. Os ensaios de infiltração são utilizados comumente na determinação da condutividade hidráulica de meios saturados e não saturados. Esse parâmetro permite distinguir e classificar áreas em função das velocidades verticais de percolação da água.

Outra condição importante obtida pelo método é que o resultado alcançado consiste na obtenção da condutividade hidráulica vertical, que é o parâmetro mais adequado para as estimativas de infiltração e para subsidiar os cálculos de recarga a serem realizados.

Todo o desenvolvimento dos ensaios de infiltração realizados ao longo do projeto será discriminado detalhadamente ao longo deste Relatório Técnico Temático. A Figura 1 ilustra a localização dos 40 ensaios de infiltração executados na área de estudo.

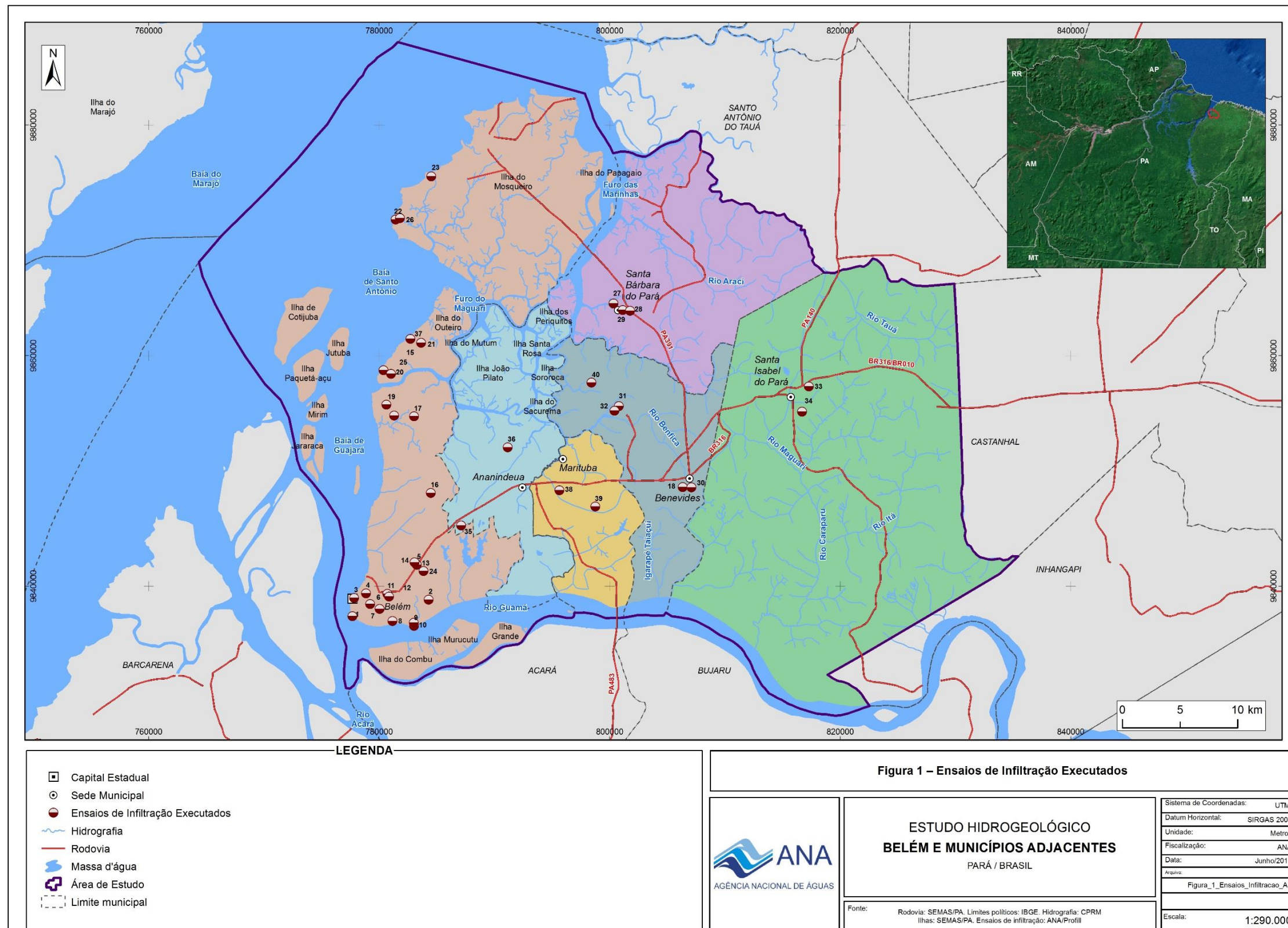


Figura 1 – Mapa de localização dos ensaios de infiltração executados.

## 2 SELEÇÃO DO MÉTODO

Para a determinação da condutividade hidráulica vertical *in situ* dos solos na região estudada optou-se por utilizar o método *open end hole* ou “ensaio de ponta aberta”. Este método foi selecionado em função das condições dos solos locais, facilidade e rapidez na execução dos ensaios, repetibilidade e baixo custo operacional, além de propiciar resultados confiáveis para subsidiar os estudos hidrogeológicos realizados.

Além disso, recomenda-se que a realização dos ensaios, conforme a literatura especializada (FIORI, 2010) seja feita em três profundidades distintas em cada ponto selecionado para melhor amostragem das condições locais. Assim, observa-se a possibilidade de avaliação da consistência dos resultados que, mesmo obtidos em profundidades diferentes, devem fornecer valores semelhantes. Caso contrário, deve ser feita uma análise minuciosa das amostras de solo, em campo, a fim de se verificar se os intervalos ensaiados apresentam características distintas entre si.

### 2.1 MÉTODO OPEN END HOLE

O método *open end hole* consiste num ensaio de infiltração realizado em furo de sondagem revestido lateralmente e aberto somente no fundo, de modo a permitir a percolação de água no sentido vertical. Para tanto, os furos de sondagem foram feitos com trado manual com broca de 4 polegadas de diâmetro (0,05 m) e revestidos com tubo de PVC, do topo até a sua base, para evitar a fuga lateral da água (Figura 2). O material retirado das sondagens foi armazenado para realização de análises texturais.

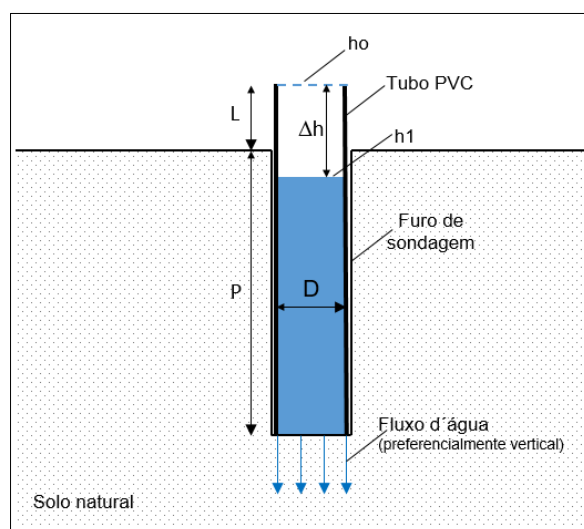


Figura 2 – Esquema conceitual do ensaio de infiltração tipo *open end hole*.



As profundidades de investigação definidas foram 0,5 m, 1,0 m e 1,50 m. Todavia, como procedimento inicial para a determinação com exatidão das profundidades de ensaio, foi necessário, primeiramente, determinar a entrada d'água de cada um dos pontos, através da execução de sondagens, as quais definiram também quais as condições do substrato para a realização dos ensaios.

As sondagens buscaram atingir a profundidade de entrada d'água, para então aguardar até 30 minutos para a ação da capilaridade sobre o furo, em busca da condição ideal para realização do ensaio (a ação da capilaridade trazendo a água para níveis mais superficiais impediria a realização do ensaio àquela profundidade). Uma vez observada, por exemplo, a ocorrência de água à profundidade menor de 1,5 m, então buscaram-se as profundidades de 1,0 e 0,5 m para a realização do ensaio, que seguiu sendo realizada em dois pontos (um para cada profundidade). Observada a água em profundidade menor que 1,0 m, o ensaio foi realizado apenas à profundidade de 0,5 m. Caso o nível estivesse mais raso que 0,5 m, o ponto era substituído. Outras situações, como inacessibilidade ou insegurança também foram parâmetros para alteração de pontos. Os três ensaios, quando executados, foram espacializados de forma triangular (equilátera), concêntricos às coordenadas do ponto de referência, distando, aproximadamente, 1,50 m dele.

Os pontos de ensaio estão apresentados no Quadro 1.

Uma vez executadas as sondagens e instalados os canos que impermeabilizem as suas paredes laterais, os furos foram enchidos com água até a saturação do solo e conseqüente manutenção de um fluxo uniforme. Nessa condição, tomou-se a medida de rebaixamento do nível d'água até sua estabilização, e o tempo decorrido da infiltração. Os dados obtidos foram então inseridos na fórmula abaixo para cálculo da condutividade hidráulica vertical ( $K_v$ ):

$$K_v = 2,303 \times \left( \frac{R}{4\Delta t} \right) \times \text{Log} \frac{h_0}{h_1} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:  $R$  = raio do tubo;  $h_0$  = coluna d'água inicial;  $h_1$  = coluna d'água final (estabilização do rebaixamento);  $\Delta t$  = tempo decorrido para o rebaixamento entre  $h_0$  e  $h_1$ .

Quadro 1 – Locais selecionados para a realização de testes de infiltração.

Ponto	UTM_E	UTM_S	Localização
Ponto 01	777.743	9.837549	Portal da Amazônia
Ponto 02	784.289	9.838.811	Poço 7º Setor COSANPA
Ponto 03	777.832	9.838.955	Praça D. Pedro II, em frente ao prédio da Prefeitura Municipal de Belém
Ponto 04	778.867	9.839.369	Praça da República
Ponto 05	779.275	9.841.849	Cemitério da Soledade
Ponto 06	779.346	9.838.577	Praça Batista Campos
Ponto 07	780.158	9.837.574	Jurunas (Campo entre Dr. Moraes/F. Guilhon)
Ponto 08	781.154	9.836.963	Cremação (Av. Pe. Eutíquio)
Ponto 09	783.028	9.836.531	UFPA Inst. Geociências (Biblioteca)
Ponto 10	783.003	9.836.807	UFPA Inst. Geociências
Ponto 11	780.714	9.839.310	Museu Paraense Emilio Goeldi (A. Cacela/ M. Barata)
Ponto 12	780.617	9.839.450	Museu Paraense Emilio Goeldi (Gentil Bittencourt/ 9 de Janeiro)
Ponto 13	782.840	9.841.646	Bosque Rodrigues Alves
Ponto 14	783.075	9.842.062	COSANPA 5º Setor
Ponto 15	781.975	9.860.361	Outeiro São João
Ponto 16	784.483	9.848.070	Augusto Montenegro/ Independência
Ponto 17	783.028	9.854.719	SAAEB/COSANPA Conj. Eduardo Angelim
Ponto 18	806.327	9.848.587	Escola Alice Fanjas
Ponto 19	780.742	9.855.709	SAAEB/COSANPA Souza Franco – Icoaraci
Ponto 20	781.004	9.858.390	SAAEB/COSANPA Outeiro
Ponto 21	783.686	9.861.146	SAAEB/COSANPA Outeiro Água Boa
Ponto 22	781.468	9.871.807	COSANPA Praia do Bispo – Mosqueiro
Ponto 23	784.562	9.875.616	COSANPA Murubira – Mosqueiro
Ponto 24	783.850	9.841.292	CPRM Belém
Ponto 25	781.296	9.859.797	SAEEB/COSANPA Paracuri II
Ponto 26	781.826	9.871.881	SAEEB/COSANPA 5ª Rua Mosqueiro
Ponto 27	800.323	9.864.685	Aterro Sanitário Sta. Bárbara
Ponto 28	801.176	9.863.976	Campo de Futebol – Santa Bárbara do Pará
Ponto 29	801.662	9.863.863	“Minha Casa, Minha Vida” – Santa Bárbara do Pará
Ponto 30	807.108	9.848.558	SAAE Benevides
Ponto 31	800.794	9.855.781	SAAE Benevides – Escola Eunício Santos
Ponto 32	800.379	9.855.227	SAAE Benevides
Ponto 33	817.287	9.857.322	Posto – Santa Izabel do Pará
Ponto 34	816.925	9.855.360	“Minha Casa, Minha Vida” – Santa Izabel do Pará
Ponto 35	787.123	9.845.251	COSANPA - Poço Guanabara II – Ananindeua
Ponto 36	791.165	9.852.031	COSANPA - Poço PAAR 5 – Ananindeua
Ponto 37	782.611	9.865.491	Outeiro Pré-Amar
Ponto 38	795.658	9.848.422	COSANPA – C-569 – Marituba
Ponto 39	798.724	9.846.874	COSANPA – Beija-Flor – Marituba
Ponto 40*	798.471	9.857.643	Campo de Futebol – Murinim - Benevides

N/D = Não Definido; Prof. = Profundidade (m).

Assim, o procedimento padrão para a realização dos ensaios consiste em:

- Perfuração dos furos a trado em 4 polegadas (Figura 3);
- Colocação dos revestimentos de PVC de 4 polegadas (Figura 4);
- Enchimento dos tubos de revestimento com água (Figura 5) até a altura determinada para o início do teste ( $h_0$ ).
- Medição altura da coluna d'água final ( $h_1$ ) (Figura 6) e do tempo ( $\Delta t$ ) decorrido para o nível d'água variar de  $h_0$  para  $h_1$ .

A duração de cada ensaio foi variável, em geral entre 10 minutos e 15 minutos.

A carga hidráulica inicial ( $h_0$ ) é dada pela profundidade do furo e o comprimento do tubo acima da superfície:

$$h_0 = P + L$$

Decorrido um intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) medido, a carga hidráulica no tempo ( $t$ ) é dada pela expressão:

$$h_1 = h_0 - \Delta h$$



Figura 3 – Execução dos furos de trado para a realização dos testes de infiltração.



Figura 4 – Disposição dos furos com tubos cravados para realização do teste de infiltração.



Figura 5 – Preenchimento de água no tubo para o início do teste de infiltração.





Figura 6 – Medição da variação do nível de água no tubo cravado.

Os valores de condutividade hidráulica obtidos nos ensaios foram comparados com os valores apresentados em Fetter (2001), para diversos materiais geológicos (Quadro 2), para fins de classificação.

Quadro 2 – Valores de condutividade hidráulica (K), em cm/s, para alguns materiais geológicos (FETTER, 2001).

<b>Material</b>	<b>K (cm/s)</b>
Cascalho bem selecionado	1 a $10^{-2}$
Areia bem selecionada	$10^{-1}$ a $10^{-3}$
Silte arenoso, areia fina	$10^{-3}$ a $10^{-5}$
Silte, areia siltica, argila arenosa	$10^{-4}$ a $10^{-6}$



### 3 CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DOS PONTOS ENSAIADOS

A partir das sondagens elétricas verticais (SEV) foi possível inferir a profundidade aproximada do lençol freático na maior porção da área estudada. Com essa informação foi elaborado um mapa de profundidade do lençol freático, o qual indicou que existem alguns setores da área estudada, principalmente no Município de Santa Izabel do Pará, onde a profundidade do lençol freático é superior a 2,0 m.

O método *open end hole* é realizado na zona insaturada, tomando-se, portanto, o cuidado em definir pontos onde o lençol freático esteja em profundidade tal que permita a realização do teste. Na área de estudo existem áreas de baixadas, onde o lençol freático posiciona-se em profundidades inferiores a 1,0 m na maior parte do ano. Nessa condição, optou-se pela sugestão de pontos em que não fossem esperadas profundidades muito rasas para a entrada d'água, a fim de se realizar os testes nas profundidades mencionadas anteriormente (0,5, 1,0 e 1,5 m), e atendendo às profundidades recomendadas por Fiori (2010). O mapa com profundidade do lençol freático e os pontos selecionados para os ensaios de infiltração é mostrado na Figura 7.

Os locais para realização dos ensaios para determinação da condutividade hidráulica do terreno foram distribuídos estrategicamente em 40 pontos da área estudada. Deste total, 15 pontos foram locados em áreas de recarga das unidades aquíferas, preferencialmente em divisores de micro bacias e/ou terrenos de instituições públicas. Foram locados também pontos próximos a estações de captação de águas devido à sua importância para abastecimento das comunidades.

Com o intuito de se avaliar o comportamento das águas subterrâneas em áreas desprovidas de saneamento básico, foram distribuídos alguns pontos em comunidades de baixa renda. Ainda, considerando a possibilidade de alguns igarapés já estarem com suas águas poluídas, foram locados alguns pontos nas proximidades das margens de cursos de água. Por fim, foram locados alguns pontos junto aos poços onde foram realizados ensaios de bombeamento. A Figura 7 ilustra os locais e as profundidades onde foram realizados os testes de infiltração.

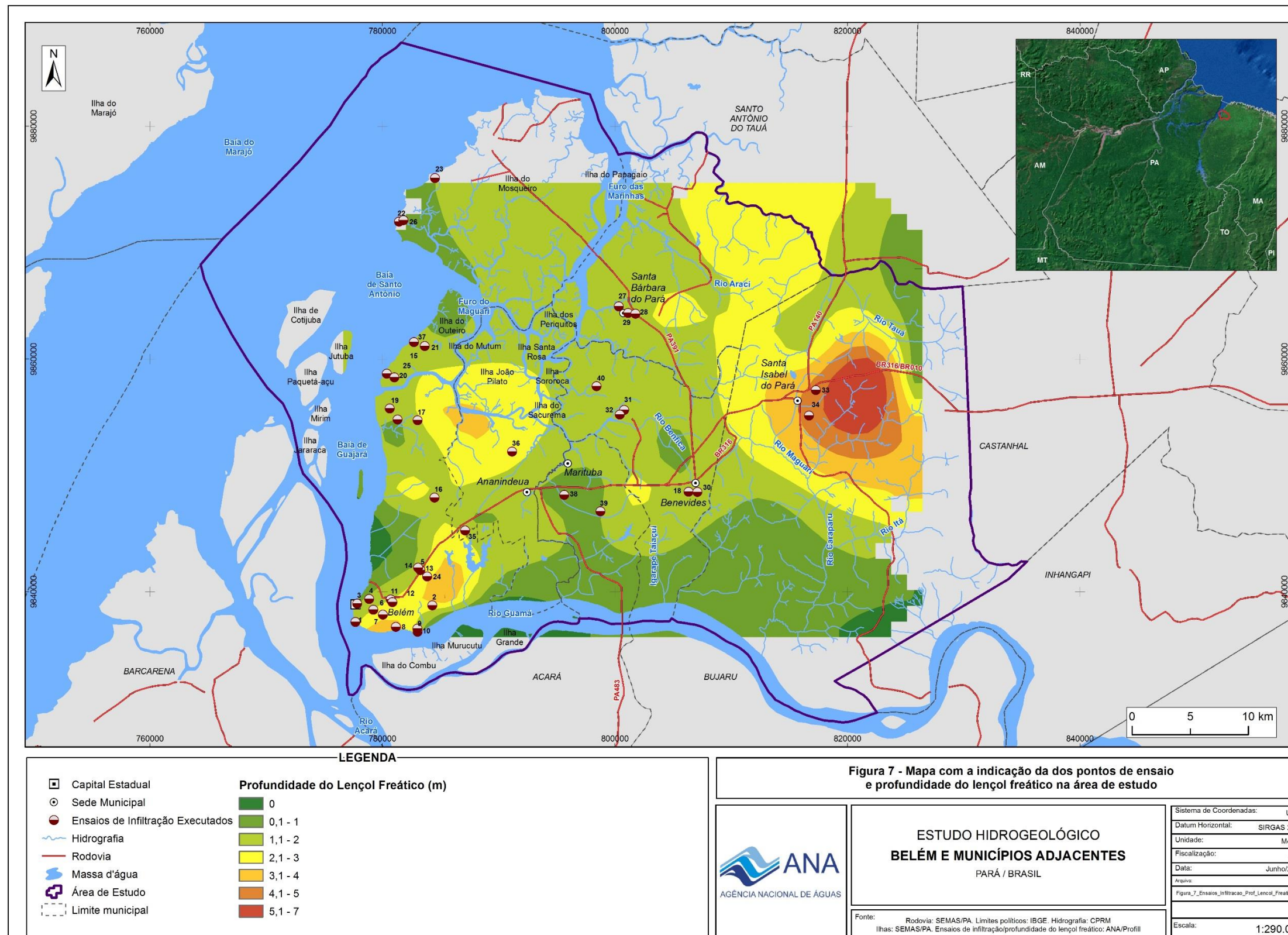


Figura 7 – Mapa com a indicação da dos pontos de ensaio e profundidade do lençol freático na área de estudo.

## 4 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados dos 40 ensaios de infiltração para a determinação da condutividade hidráulica vertical na área de estudo são apresentados a seguir.

### 4.1 ENSAIOS REALIZADOS

#### ***Ponto 1***

O Ponto 1 está localizado no Portal da Amazônia, onde foram encontrados sedimentos argilo-arenosos, com a presença de lateritas dispersas, de cor vermelha, provavelmente, proveniente de aterro.



Figura 8 - Portal da Amazônia, Ponto 1.

Duas tentativas foram realizadas para sondagem até 1,0 m, pois o primeiro furo atingiu apenas 0,85 m. A profundidade de 1,5 m, por sua vez, não foi possível atingir por conta da observação de níveis de laterita a partir de 0,85 m no ponto, impedindo o seu aprofundamento. Assim, foram calculados os valores de  $K_v$  apenas para as profundidades de 0,5 e 1,0 m.





Figura 9 - Perfuração do furo de 1,0 m para o teste de infiltração.



Figura 10 - Preenchimento de água no tubo para o início do teste.



Figura 11 - Preenchimento de água no tubo para o início do teste.

### **Ponto 2**

O Ponto 2 está localizado no 7º setor de abastecimento de água da COSANPA. As sondagens a trado indicaram ocorrência de sedimentos inconsolidados marrons a castanhos com concreções lateríticas, provavelmente aterro.



Figura 12 - Furo de 0,5m para execução do teste.

A observação de um nível de rochas na profundidade de 0,65 m impediu a execução dos furos de 1,0 m e de 1,5 m com o trado.



### **Ponto 3**

O Ponto 3 está localizado na Praça Dom Pedro II, onde foram encontrados sedimentos arenoargilosos, de cor marrom, com a presença de fragmentos de telhas e tijolos, provavelmente correspondentes a ações de movimentação de solo.



Figura 13 - Praça Dom Pedro II, Ponto 3, onde foi realizado o teste.



Figura 14 - Furo para o teste na profundidade de 0,5m.

O furo de 1,0 m foi desconsiderado para o ensaio, pois, havia um nível de rochas à profundidade de 0,75 m, que dificultava firmar o tubo no furo. O furo de 1,5 m não foi executado, pois, devido ao nível rochoso citado, a operação com o trado para a perfuração foi impossibilitada.



Figura 15 - Furo para teste na profundidade de 1,0 m.



Figura 16 - Preenchimento de água no furo para o início do teste.

#### **Ponto 4**

O Ponto 4 está localizado na Praça da República, onde foram encontrados sedimentos areno-argilosos, de cor amarela, bastante homogêneo. A partir da profundidade de 1,10 m encontra-se um nível de laterita que impossibilitou a descida do trado.



Figura 17 - Praça da República, Ponto 4, local onde foi realizado o teste de infiltração.

O furo de 1,5 m não foi executado, por conta da presença de níveis de laterita a partir de 1,10 m que dificultaram a descida do trado. Assim, foram calculados os valores de  $K_v$  apenas para as profundidades de 0,5m e 1,0 m.



Figura 18 - Furo de trado para teste na profundidade de 0,5m.





Figura 19 - Execução dos testes de infiltração mostrando os tubos preenchidos com água.

### **Ponto 5**

O Ponto 5, planejado inicialmente para o Cemitério da Soledade, foi remanejado para o Bosque Rodrigues Alves, devido a problemas de autorização para acesso ao local. Foram encontrados sedimentos argiloarenosos, de cor amarela. Calcularam-se os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m.



Figura 20 - Perfuração do furo de 0,5 m para a realização do teste de infiltração.



Figura 21 - Bosque Rodrigues Alves, Ponto 5, onde foi realizado o teste de infiltração.



Figura 22 - Preenchimento de água no tubo para o início do teste de infiltração.





Figura 23 - Furos executados e com os tubos cravados para o início dos testes de infiltração.

### **Ponto 6**

O Ponto 6 localiza-se na Praça Batista Campos, onde foram encontrados sedimentos arenoargilosos de coloração marrom-amarelada. A presença de níveis com seixos dificultou o aprofundamento do furo a partir de 1 m de profundidade.



Figura 24 - Praça Batista Campos, Ponto 6, onde foi realizado o teste de infiltração.

O furo planejado para 1,5 metros não atingiu aprofundamento maior do que 1,135 m devido à presença de um nível de seixos que impediram a descida do trado, conforme mencionado anteriormente. Assim, foram calculados os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m.



Figura 25 - Perfuração do furo de 0,5 m para a realização do teste de infiltração.



Figura 26 - Preenchimento de água no tubo para o início do teste de infiltração.



Figura 27 - Furos executados e com os tubos cravados para o início dos testes de infiltração.

### **Ponto 7**

O Ponto 7 foi realizado na área da COSANPA 8º Setor, pois o local inicialmente programado encontrava-se alagado. Nesse local foram encontrados sedimentos argiloarenosos, de cor vermelha a marrom com a presença de seixos lateríticos, provavelmente relacionados a aterro.

As profundidades de 1,0 e 1,5 m foram descartadas, devido à presença de seixos com variados tamanhos a partir de 0,75 m, não sendo possível firmar o tubo no furo. Assim, foi calculado o valor de Kv apenas para a profundidade de 0,5m.





Figura 28 - COSANPA 8º setor no local onde foi realizado o teste do Ponto 7.



Figura 29 - Furos de trado na área da COSANPA 8º Setor (Ponto 7).



Figura 30 - Perfuração de 0,5 m para o teste de infiltração.



Figura 31 - Medição do nível de água durante a realização do teste de infiltração.



### **Ponto 8**

O Ponto está localizado no bairro da Cremação, onde foram encontrados sedimentos arenosos com presença de pedaços de telhas e tijolos, provavelmente relacionadas a aterro, com cores marrom, cinza e avermelhada. O furo de 1,5m não foi realizado devido a presença de um nível de pedras que impossibilitava a descida do trado.



Figura 32 - Ponto localizado no bairro da Cremação, Ponto 8.



Figura 33 - Furo de 0,5 m perfurado para o teste de infiltração.





Figura 34 - Furo de 1,0 m perfurado para o teste de infiltração.



Figura 35 - Preenchimento de água no tubo de 0,5 m para a realização do teste de infiltração.

Foram calculados os valores de Kv para as profundidades de 0,5m e 1,0 m.

### **Ponto 9**

Foram calculados os valores de Kv para as profundidades de 0,5m, 1,0 m e 1,5 m.

### **Ponto 10**

Foram calculados os valores de Kv para as profundidades de 0,5m, 1,0 m e 1,5 m.

### **Ponto 11**

O Ponto 11 situa-se no Museu Paraense Emilio Goeldi. As sondagens indicaram sedimentos arenoargilosos de cor preta plásticos, com presença de níveis de brita, os quais associam-se a aterro.



Figura 36 - Museu Paraense Emilio Goeldi (Alcindo Cacela/Magalhães Barata), Ponto 11.

Foram calculados os valores de Kv para as profundidades de 0,5m, 1,0 m e 1,5 m.





Figura 37 - Tubo cravado e preenchido com água, para o início do teste de infiltração.



Figura 38 - Furo para o teste de infiltração na profundidade de 0,5 m.



Figura 39 - Furos utilizados para o teste de infiltração.



### **Ponto 12**

O Ponto 12 também está situado no Museu Paraense Emilio Goeldi. As sondagens encontraram sedimentos argilosos de cor marrom à amarelada plástica.



Figura 40 - Museu Paraense Emilio Goeldi (Av. G. Bitencourt/ Tv. 9 de Janeiro), Ponto 12.

Foram calculados os valores de Kv para as profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m.



Figura 41 - Preenchimento do tubo cravado para o início do teste de infiltração.



Figura 42 - Furo para o teste de infiltração na profundidade de 1,0 m.

### **Ponto 13**

O Ponto 13 está localizado no Bosque Rodrigues Alves, onde foram encontrados sedimentos arenoargilosos, plásticos, de cor amarela. O furo de 1,5 m não foi executado devido a presença de um nível laterítico na profundidade de 1,0 m.



Figura 43 - Bosque Rodrigues Alves (Av. 25 de Setembro/Tv. Lomas Valentinas), Ponto 13.



Figura 44 - Furo de 0,5m perfurado para o teste de infiltração.



Foram calculados os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5m e 1,0 m.



Figura 45 - Preenchimento de água para teste no furo no 0,5m.

### **Ponto 14**

O Ponto 14 está localizado junto à COSANPA 5º Setor. Neste local foram encontrados sedimentos areno argilosos, argilosos, de cor marrom a cinza.

Foram calculados os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m.





Figura 46 - Furos executados para o teste de infiltração no Ponto 14.



Figura 47 - Preenchimento de água no furo para o início do teste de infiltração.

### **Ponto 15**

Ponto 15 está situado no Outeiro, bairro São João. Foram encontrados sedimentos areno argilosos de cor marrom com presença de níveis lateríticos, provavelmente aterro. Os furos de 1m e 1,5 m não foram executados, pois níveis lateríticos foram encontrados na profundidade de 0,65 m, impossibilitando o aprofundamento do furo.



Figura 48 - Outeiro, bairro São João, Ponto 15.

Foram calculados os valores de  $K_v$  para a profundidade de 0,5 m.



Figura 49 - Preenchimento do tubo cravado para o início do teste de infiltração.



Figura 50 - Medição da variação do nível d'água no tubo.

### **Ponto 16**

O Ponto 16 situa-se próximo ao cruzamento da Rodovia Augusto Montenegro com a Avenida Independência. Neste local foram encontrados sedimentos argilosos, com níveis lateríticos de cor vermelha, bastante compactado, correspondendo, provavelmente, a material de aterro.

Foram calculados os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m.





Figura 51 - Cruzamento da Rodovia Augusto Montenegro com a Av. Independência, Ponto 16.



Figura 52 - Perfuração para o teste de 1,0 m.

### **Ponto 17**

O Ponto 17 está localizado no SAEEB/COSANPA Conj. Eduardo Angelim, onde foi encontrado sedimento argiloso plástico, de cor marrom, com presença de nível laterítico a partir de 1 m. O furo de 1,5 m não foi executado, pois o nível laterítico na profundidade de 1 m dificultou a descida do trado.





Figura 53 - SAAEB/COSANPA Conj. Eduardo Angelim, Ponto 17.

Foram calculados os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5 m e 1,0 m.



Figura 54 - Furo de 1,0 m perfurado para o teste de infiltração.





Figura 55 - Preenchimento de água no tubo de 1,0m para a realização do teste de infiltração.

### **Ponto 18**

O Ponto 18 está localizado na Escola Alice Fanjas, onde foram encontrados sedimentos argiloarenosos, plásticos, de cor cinza.



Figura 56 - Escola Alice Fanjas, Ponto 18.



Figura 57 - Início da execução do Furo de 0,5m perfurado para o teste de infiltração.

Foram calculados os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5 m e 1,0 m.

### **Ponto 19**

O Ponto 19 está localizado no SAAEB/COSANPA Souza Franco - Icoaraci, onde foram encontrados sedimentos argilosos com cor cinza clara e concreções ferruginosas. No topo foi observado aterro, até a profundidade de 0,60 m.

Foram calculados os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5 m, e 1,0 m.





Figura 58 - SAAEB/COSANPA Souza Franco - Icoaraci, Ponto 19.



Figura 59 - Furo de 0,5 m perfurado para o teste de infiltração.





Figura 60 - Preenchimento de água no tubo de 0,5 m para a realização do teste de infiltração.

### **Ponto 20**

O Ponto 20 situa-se no SAAEB/COSANPA Outeiro. Neste local foram encontrados sedimentos arenosos de cor marrom no topo à argiloso amarelo na base.



Figura 61 - SAAEB/COSANPA Outeiro, Ponto 20.

Foram calculados os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5 m, e 1,0 m.



Figura 62 - Perfuração para o teste de 1,0 m.

### **Ponto 21**

O Ponto 21 está localizado no COSANPA ÁGUA BOA - OUTEIRO, onde foram encontrados sedimentos argilosos avermelhados até 0,4 m de profundidade. Entre 0,4 m e 1,0 m ocorre a presença de argila avermelhada clara.



Figura 63 - COSANPA ÁGUA BOA - OUTEIRO, Ponto 21.

Foram calculados os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5 m, e 1,0 m.





Figura 64 - Furo de 0,5 m perfurado para o teste de infiltração.

### **Ponto 22**

O Ponto 22 localiza-se na COSANPA Praia do Bispo – Mosqueiro. Neste local foram encontrados sedimentos arenoargilosos de cor marrom com a presença de seixos dispersos. Foi realizado apenas o teste no furo de 0,5 m, pois os níveis de seixos impediram o aprofundamento do trado em quatro tentativas. Assim, foi calculado o valor de  $K_v$  apenas para a profundidade de 0,5 m.



Figura 65 - COSANPA Praia do Bispo – Mosqueiro, Ponto 22.





Figura 66 - Início da perfuração do furo de 0,5m.



Figura 67 - Preenchimento do tubo para o início do teste de infiltração.



Figura 68 - Tentativa de realização dos furos para a realização dos testes de 1,0 m e 1,5 m que falharam, devido à presença de seixos de tamanhos diversos.

### **Ponto 23**

O Ponto 23 está situado na COSANPA Murubira– Mosqueiro. Foram encontrados sedimentos argilosos de cor marrom, homogêneo e plástico. Os valores de  $K_v$  foram calculados para as profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m.



Figura 69 - COSANPA Murubira – Mosqueiro, Ponto 23.





Figura 70 - Preenchimento do tubo cravado para o início do teste de infiltração.



Figura 71 - Furo para o teste de infiltração na profundidade de 1,0 m.





Figura 72 - Medição da variação do nível d'água no tubo.

#### **Ponto 24**

O Ponto 24 se situa na CPRM/Superintendência Belém onde foram encontrados sedimentos arenoargilosos de cor marrom, com a presença de fragmentos lateríticos, caracterizando material de aterro. Os valores de Kv foram calculados para as profundidades de 0,5m, 1,0 m e 1,5 m.



Figura 73 - Furos executados nas profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m para o teste de infiltração.

### **Ponto 25**

O Ponto 25 está localizado no SAAEB/COSANPA Paracuri II, onde foram encontrados sedimentos arenoargilosos de cor marrom no topo à amarelo na base com níveis lateríticos.

Foram calculados os valores de Kv para as profundidades de 0,5 m e 1,0 m.



Figura 74 - SAAEB/COSANPA Paracuri II, Ponto 25.



Figura 75 - Furo de 1,0 m perfurado para o teste de infiltração.





Figura 76 - Preenchimento de água no tubo de 0,5m para a realização do teste de infiltração.

### **Ponto 26**

O Ponto 26 está localizado no SAEEB/COSANPA 5ª Rua Mosqueiro, onde foram identificados sedimentos argilosos, plásticos, de cor amarela. Na profundidade de 1,3 m foi encontrado um nível de laterita. Foram calculados os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m.



Figura 77 - SAEEB/COSANPA 5ª Rua Mosqueiro, Ponto 26.





Figura 78 - Preenchimento do tubo cravado para o início do teste de infiltração.



Figura 79 - Furos prontos para o início dos testes de infiltração.



Figura 80 - Furo para a execução do teste na profundidade de 1,0 m.

### **Ponto 27**

O Ponto 27 foi deslocado para uma praça em Santa Bárbara do Pará, pois não havia condições ambientais e de segurança. No local onde foi perfurado o Ponto 27 foram encontrados sedimentos argiloarenosos, plásticos, de cor cinza.



Figura 81 - Praça em Santa Bárbara onde foi realizado o teste do Ponto 27.





Figura 82 - Preenchimento do tubo cravado para o início do teste de infiltração.



Figura 83 - Furos executados para a realização dos testes de infiltração.





Figura 84 - Furo para a execução do teste de 1,0 m de profundidade.

Foram calculados os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m.

### **Ponto 28**

O Ponto 28 está localizado em um campo de futebol em Santa Bárbara do Pará. Neste local foram encontrados sedimentos arenoargilosos de cor amarela.

Foram calculados os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5m, 1,0 m e 1,5 m.



Figura 85 - Campo de futebol de Santa Bárbara, Ponto 28.



Figura 86 - Furos com tubos cravados para o início dos testes de infiltração.



Figura 87 - Perfuração do furo de 1,5 m para a realização do teste.

### **Ponto 29**

O Ponto 29 está localizado no Residencial “Minha Casa, Minha Vida” em Santa Bárbara do Pará, onde foram encontrados sedimentos argiloarenosos, plásticos, de cor cinza.



Figura 88 - Residencial Mina Casa Minha Vida em Santa Bárbara, Ponto 29.



Figura 89 - Furo de 0,5 m perfurado para o teste de infiltração.

Foram calculados os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5m, 1,0 me 1,5 m.





Figura 90 - Furo de 1,0 m perfurado para o teste de infiltração.



Figura 91 - Preenchimento de água no tubo de 0,5 m para a realização do teste de infiltração.

### **Ponto 30**

O Ponto 30 está situado no SAAE Benevides, onde foram encontrados sedimentos argilosos com concreções ferruginosas, plásticos, de cor marrom. Na profundidade de 1,41 m há concreções ferruginosas que dificultam a descida do trado.



Figura 92 - SAAE Benevides, Ponto 30.

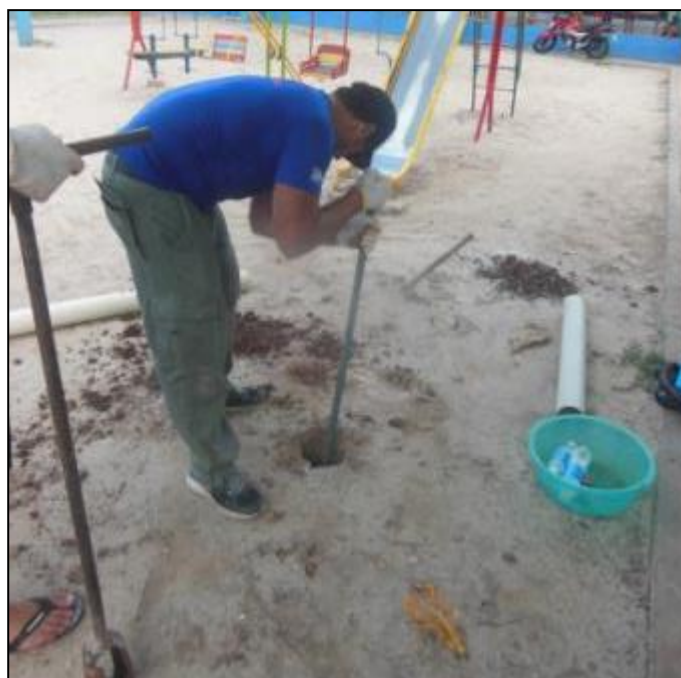


Figura 93 - Uso de talha para melhorar a descida do trado.

O furo de 1,5 m, devido à dificuldade de descida do trado, ficou com 1,41 m de profundidade. Assim, foram calculados os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5m, 1,0 me 1,41m.



Figura 94 - Início da perfuração do furo para o teste de infiltração.



Figura 95 - Preenchimento de água no tubo cravado para o teste na profundidade de 1,5 m.





Figura 96 - Preenchimento de água no tubo cravado para o teste na profundidade de 1,0 m.

### **Ponto 31**

O Ponto 31 está localizado no SAAE Benevides, onde foram encontrados sedimentos arenoargilosos de cor amarela, plástica, homogênea.



Figura 97 - Escola em Benevides, Ponto 31.

Foram calculados os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m.



Figura 98 - Execução dos furos de trado para o início dos testes de infiltração.



Figura 99 - Medição da variação do nível de água no Ponto 31.



Figura 100 - Preenchimento de água do tubo cravado para o início do teste de infiltração.

### **Ponto 32**

O Ponto 32 está localizado no SAAE Benevides, onde foram encontrados sedimentos arenoargilosos de cor amarela.



Figura 101 - SAAE-Benevides, Ponto 32.



Foram calculados os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m.



Figura 102 - Perfuração do furo de 0,5 m para o teste de infiltração.



Figura 103 - Perfuração do furo de 1,0 m para o teste de infiltração.



Figura 104 - Preenchimento de água no tubo para o início do teste de infiltração.

### **Ponto 33**

Ponto 33 está localizado em um Campo de Futebol em Santa Izabel do Pará, onde foram encontrados sedimentos arenoargilosos de cor amarela.



Figura 105 - SAAE-Benevides, Ponto 32.

Foram calculados os valores de  $K_v$  para as profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m.



Figura 106 - Perfuração do furo de 0,5 m para o teste de infiltração.





Figura 107 - Início da Perfuração do furo de 1,0 m para o teste de infiltração.



Figura 108 - Preenchimento de água no tubo para o início do teste de infiltração.

### **Ponto 34**

O Ponto 34 está localizado no Residencial “Minha Casa, Minha Vida” em Santa Izabel do Pará. Neste local foram encontrados sedimentos arenoargilosos de cor amarela, homogênea, plástica. Foram calculados os valores de Kv para as profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m.



Figura 109 - Residencial Minha Casa, Minha Vida em Santa Izabel do Pará, Ponto 34.



Figura 110 - Tubo cravado para o preenchido com água para o início do teste.





Figura 111 - Furos em diferentes profundidades 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m para a realização dos testes de infiltração.



Figura 112 - Perfuração do furo de 0,5 m para o teste de infiltração.

### **Ponto 35**

O Ponto 35 está localizado na COSANPA – Poço Guanabara II – Ananindeua, onde foram encontrados sedimentos argiloarenosos de cor marrom com concreções ferruginosas





Figura 113 - Perfuração do furo de 0,5 m para o teste de infiltração.

O furo de 1,5 m não foi possível realizar, pois havia níveis de laterita a partir de 1,0 m que dificultaram a descida do trado. Assim, foram calculados os valores de  $K_v$  apenas para as profundidades de 0,5 m e 1,0 m.



Figura 114 - Tubo no furo de 0,5m para o início do teste.

### **Ponto 36**

O Ponto 36 se localiza na COSANPA – Poço PAAR 5 – Ananindeua. Neste local foram encontrados sedimentos arenoargilosos com concreções lateríticas, com indícios de aterro. Foi realizado apenas o teste no furo de 0,5 m, pois, os níveis lateríticos impediram o avanço do trado. Assim, foi calculado o valor de Kv apenas para as profundidades de 0,5 m.



Figura 115 - Início da perfuração do furo de 0,5 m.





Figura 116 - Preenchimento do tubo para o início do teste de infiltração.

### **Ponto 37**

O Ponto 37 está localizado no Outeiro, Bar Pre-Amar, em alteração ao ponto proposto na Ilha de Cotijuba. Os sedimentos encontrados possuem textura argilosa de cor cinza misturado com plástico, vidros e outros materiais.

A execução do teste à profundidade de 1,5 m foi impossibilitada, pois foi observada entrada d'água a partir de 1,10 m que não permitiu a descida do trado. Assim, foram calculados os valores de  $K_v$  apenas para as profundidades de 0,5 m e 1,0 m.





Figura 117 - Outeiro, Bar Pre-Amar, Ponto 37.



Figura 118 - Perfuração do furo de 1,5 m para o teste de infiltração.



Figura 119 - Preenchimento de água no tubo para o início do teste.

### **Ponto 38**

O Ponto 38 está localizado na COSANPA - C-569 – Marituba, onde foram encontrados sedimentos argilosos de cor cinza misturado com materiais provenientes de aterro.

E execução do furo de 1,5 m foi impossibilitada pela ocorrência de entrada d'água a partir de 1,10 m, não permitindo a descida do trado. Assim, foram calculados os valores de  $K_v$  apenas para as profundidades de 0,5 m e 1,0 m.





Figura 120 - COSANPA - C-569 - Marituba, Ponto 38.



Figura 121 - Perfuração do furo de 1,0 m para o teste de infiltração.





Figura 122 - Preenchimento de água no tubo para o início do teste.

### **Ponto 39**

O Ponto 39 localiza-se na COSANPA – Beija Flor – Marituba. Neste local foram encontrados sedimentos argilosos de cor vermelha com concreções ferruginosas. A presença de nível de seixos na profundidade 0,70 m impediu a execução dos ensaios às profundidades de 1,0 e 1,5 m. Assim, foi calculado o valor de  $K_v$  apenas para a profundidade de 0,5 m.



Figura 123 - COSANPA - Beija Flor - Marituba, Ponto 39.



Figura 124 - Início da perfuração do furo de 0,5m.



Figura 125 - Preenchimento do tubo para o início do teste de infiltração.



### **Ponto 40**

O Ponto 40 está localizado no campo de futebol – Murinim – em Benevides, onde foram encontrados sedimentos arenosos finos com argila homogênea, de cor amarela.

Foram calculados os valores de Kv para as profundidades de 0,5m, 1,0 me 1,5 m.



Figura 126 - Campo de futebol - Murinim – Benevides, Ponto 40.



Figura 127 - Inserção da extensão de 1,0 m para a perfuração do furo de 1,5 m.





Figura 128 - Perfuração do furo de 1,0 m para o teste de infiltração.



Figura 129 - Perfuração do furo de 1,0 m para a execução do teste de infiltração.



Figura 130 - Medição da variação do nível d'água no tubo cravado.

## 4.1 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA

Para cada profundidade investigada de cada ponto foi obtido um valor de  $K_v$ . A mediana do  $K_v$  em cada ponto foi adotada como a condutividade hidráulica vertical do local investigado. O Quadro 3 mostra os valores de  $K_v$  em m/dia e cm/seg para comparação, com suas respectivas coordenadas UTM de localização.

Quadro 3 - Valores medianos de  $K_v$  em m/dia e cm/seg obtidos nos testes de infiltração executados.

Pontos	$K_v$ Med (m/dia)	$K_v$ Med (cm/seg)
1	1,74	$2,01 \cdot 10^{-3}$
2	0,84	$9,82 \cdot 10^{-4}$
3	1,98	$2,29 \cdot 10^{-3}$
4	0,13	$1,53 \cdot 10^{-4}$
5	0,2	$2,4 \cdot 10^{-4}$
6	1,32	$1,52 \cdot 10^{-3}$
7	0,64	$7,43 \cdot 10^{-4}$
8	0,42	$4,92 \cdot 10^{-4}$
9	0,11	$1,31 \cdot 10^{-4}$
10	0,02	$3,15 \cdot 10^{-5}$
11	1,04	$1,2 \cdot 10^{-3}$
12	0,16	$1,96 \cdot 10^{-4}$
13	0,46	$5,39 \cdot 10^{-4}$
14	0,18	$2,19 \cdot 10^{-4}$
15	$9,1 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$
16	0,33	$3,82 \cdot 10^{-4}$
17	0,41	$4,75 \cdot 10^{-4}$
18	0,2	$2,32 \cdot 10^{-4}$
19	0,83	$9,68 \cdot 10^{-4}$
20	$1,08 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$
21	0,91	$1,05 \cdot 10^{-3}$
22	0,16	$1,91 \cdot 10^{-4}$
23	0,1	$1,21 \cdot 10^{-4}$
24	0,45	$5,22 \cdot 10^{-4}$
25	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-7}$
26	0,14	$1,64 \cdot 10^{-4}$
27	0,26	$3,02 \cdot 10^{-4}$
28	0,2	$2,38 \cdot 10^{-4}$
29	0,12	$1,43 \cdot 10^{-4}$
30	1,28	$1,48 \cdot 10^{-3}$
31	0,12	$1,46 \cdot 10^{-4}$
32	0,19	$2,31 \cdot 10^{-4}$
33	0,27	$3,14 \cdot 10^{-4}$
34	0,62	$7,28 \cdot 10^{-4}$
35	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-7}$
36	$1,72 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-6}$
37	$1,23 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$
38	$1,85 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-7}$
39	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-8}$
40	0,15	$1,8 \cdot 10^{-4}$



O Quadro 4 resume todos os parâmetros investigados e os respectivos valores da condutividade hidráulica vertical ( $K_v$ ) em cada profundidade investigada (0,5 m, 1,0 m e 1,5 m) em todos os pontos avaliados.

Quadro 4 - Parâmetros investigados e valores de  $K_v$  obtidos às profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m, além do  $K_v$  mediana.

<b>Ponto</b>	<b>1</b>	<b>25/05/2017</b>		
Toponímia	Portal da Amazônia			
Coord. UTM	777474	9837547		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1		
H (m)	0,3	0,24		
$\Delta t$ (min)	10	10		
R	0,05	0,05		Kv Mediana
$K_v$ (m/min)	6,39E-04	1,78E-03		1,21E-03
$K_v$ (m/dia)	9,20E-01	2,57E+00		1,74E+00
$K_v$ (cm/min)	6,39E-06	1,78E-05		1,21E-05
<b>Ponto</b>	<b>2</b>	<b>28/06/2017</b>		
Toponímia	COSANPA 7º SETOR - UFRA			
Coord. UTM	784289	9838811	Teste 1,5 m	
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m		
H0 (m)	0,5			
H (m)	0,312			
$\Delta t$ (min)	10			
R	0,05			Kv Mediana
$K_v$ (m/min)	5,90E-04			5,90E-04
$K_v$ (m/dia)	8,49E-01			8,49E-01
$K_v$ (cm/min)	5,90E-06			5,90E-06
<b>Ponto</b>	<b>3</b>	<b>19/05/2017</b>		
Toponímia	Praça D. Pedro II			
Coord. UTM	777876	9838969		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,47			
H (m)	0,09			
$\Delta t$ (min)	15			
R	0,05			Kv Mediana
$K_v$ (m/min)	1,38E-03			1,38E-03
$K_v$ (m/dia)	1,98E+00			1,98E+00
$K_v$ (cm/min)	1,38E-05			1,38E-05
<b>Ponto</b>	<b>4</b>	<b>19/05/2017</b>		
Toponímia	Praça da República			
Coord. UTM	778781	9839468		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1		
H (m)	0,43	0,898		
$\Delta t$ (min)	18	17		
R	0,05	0,05		Kv Mediana
$K_v$ (m/min)	1,05E-04	7,91E-05		9,19E-05
$K_v$ (m/dia)	1,51E-01	1,14E-01		1,32E-01
$K_v$ (cm/min)	1,05E-06	7,91E-07		9,19E-07

<b>Ponto</b>	<b>5</b>	<b>29/06/2017</b>		
Toponímia	Bosque Rodrigues Alves			
Coord. UTM	782049	9841581		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1		
H (m)	0,49	0,81		
$\Delta t$ (min)	10	10		
R	0,05	0,05		Kv Mediana
Kv (m/min)	2,53E-05	2,63E-04		1,44E-04
Kv (m/dia)	3,64E-02	3,79E-01		2,08E-01
Kv (cm/min)	2,53E-07	2,63E-06		1,44E-06
<b>Ponto</b>	<b>6</b>	<b>26/05/2017</b>		
Toponímia	Praça Batista Campos			
Coord. UTM	779328	9838570		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,135	
H (m)	0,24	0,98	0,35	
$\Delta t$ (min)	10	10	10	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	9,18E-04	2,53E-05	1,47E-03	9,18E-04
Kv (m/dia)	1,32E+00	3,64E-02	2,12E+00	1,32E+00
Kv (cm/min)	9,18E-06	2,53E-07	1,47E-05	9,18E-06
<b>Ponto</b>	<b>7</b>	<b>30/05/2017</b>		
Toponímia	COSANPA 8º Setor			
Coord. UTM	780156	9837574		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5			
H (m)	0,35			
$\Delta t$ (min)	10			
R	0,05			Kv Mediana
Kv (m/min)	4,46E-04			4,46E-04
Kv (m/dia)	6,42E-01			6,42E-01
Kv (cm/min)	4,46E-06			4,46E-06
<b>Ponto</b>	<b>8</b>	<b>13/06/2017</b>		
Toponímia	Assembleia de Deus - Av. Pe. Eutiquio			
Coord. UTM	781149	9836962		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m		
H0 (m)	0,5	1		
H (m)	0,465	0,67		
$\Delta t$ (min)	10	10		
R	0,05	0,05		Kv Mediana
Kv (m/min)	9,07E-05	5,01E-04		2,96E-04
Kv (m/dia)	1,31E-01	7,21E-01		4,26E-01
Kv (cm/min)	9,07E-07	5,01E-06		2,96E-06
<b>Ponto</b>	<b>9</b>	<b>11/05/2017</b>		
Toponímia	UFPA - Espaço de Ensino Mirante do Rio			
Coord. UTM	783016	9836539		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,5	
H (m)	0,36	0,91	1,485	
$\Delta t$ (min)	15	15	15	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	2,74E-04	7,86E-05	8,38E-06	7,86E-05
Kv (m/dia)	3,94E-01	1,13E-01	1,21E-02	1,13E-01
Kv (cm/min)	2,74E-06	7,86E-07	8,38E-08	7,86E-07

<b>Ponto</b>	<b>10</b>	<b>11/05/2017</b>		
Toponímia	UFPA - Instituto de Geociências			
Coord. UTM	782823	9836879		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1		
H (m)	0,49	0,99		
Δt (min)	10	10		
R	0,05	0,05		Kv Mediana
Kv (m/min)	2,53E-05	1,26E-05		1,89E-05
Kv (m/dia)	3,64E-02	1,81E-02		2,72E-02
Kv (cm/min)	2,53E-07	1,26E-07		1,89E-07
<b>Ponto</b>	<b>11</b>	<b>05/07/2017</b>		
Toponímia	Museu Paraense Emilio Goeldi			
Coord. UTM	780714	9839310		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,5	
H (m)	0,36	0,29	0,84	
Δt (min)	10	10	10	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	4,11E-04	1,55E-03	7,25E-04	7,25E-04
Kv (m/dia)	5,91E-01	2,23E+00	1,04E+00	1,04E+00
Kv (cm/min)	4,11E-06	1,55E-05	7,25E-06	7,25E-06
<b>Ponto</b>	<b>12</b>	<b>05/07/2017</b>		
Toponímia	Museu Paraense Emilio Goeldi			
Coord. UTM	780869	9839098		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,5	
H (m)	0,075	0,91	1,465	
Δt (min)	10	10	10	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	2,37E-03	1,18E-04	2,95E-05	1,18E-04
Kv (m/dia)	3,42E+00	1,70E-01	4,25E-02	1,70E-01
Kv (cm/min)	2,37E-05	1,18E-06	2,95E-07	1,18E-06
<b>Ponto</b>	<b>13</b>	<b>29/06/2017</b>		
Toponímia	Bosque Rodrigues Alves			
Coord. UTM	783263	9841847		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,5	
H (m)	0,386	0,804	0,54	
Δt (min)	10	10	10	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	3,24E-04	2,73E-04	1,28E-03	3,24E-04
Kv (m/dia)	4,66E-01	3,93E-01	1,84E+00	4,66E-01
Kv (cm/min)	3,24E-06	2,73E-06	1,28E-05	3,24E-06
<b>Ponto</b>	<b>14</b>	<b>15/05/2017</b>		
Toponímia	5º Setor COSANPA			
Coord. UTM				
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,5	
H (m)	0,45	0,97	1,26	
Δt (min)	10	15	12	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	1,32E-04	2,54E-05	1,82E-04	1,32E-04
Kv (m/dia)	1,90E-01	3,66E-02	2,62E-01	1,90E-01
Kv (cm/min)	1,32E-06	2,54E-07	1,82E-06	1,32E-06



<b>Ponto</b>	<b>15</b>	<b>05/07/2017</b>		
Toponímia	Outeiro São João - Escola Bosque			
Coord. UTM	781617	9839450		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,50	
H (m)	0,465			
Δt (min)	10			
R	0,05			Kv Mediana
Kv	9,07E-05			9,07E-05
<b>Ponto</b>	<b>16</b>	<b>16/05/2017</b>		
Toponímia	Av. Aug. Montenegro/Av. Independência			
Coord. UTM	784474	9848090		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,5	
H (m)	0,462	0,732	0,66	
Δt (min)	10	17	10	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	9,88E-05	2,29E-04	1,03E-03	2,29E-04
Kv (m/dia)	1,42E-01	3,30E-01	1,48E+00	3,30E-01
Kv (cm/min)	9,88E-07	2,29E-06	1,03E-05	2,29E-06
<b>Ponto</b>	<b>17</b>	<b>12/06/2017</b>		
Toponímia	COSANPA - Conj. Eduardo Angelim			
Coord. UTM	783028	9854719		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m		
H0 (m)	0,5	1		
H (m)	0,495	0,64		
Δt (min)	10	10		
R	0,05	0,05		Kv Mediana
Kv (m/min)	1,26E-05	5,58E-04		2,85E-04
Kv (m/dia)	1,81E-02	8,03E-01		4,11E-01
Kv (cm/min)	1,26E-07	5,58E-06		2,85E-06
<b>Ponto</b>	<b>18</b>	<b>14/06/2017</b>		
Toponímia	Benevides - Escola Alice Fanjas			
Coord. UTM	806327	9848587		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m		
H0 (m)	0,5	1		
H (m)	0,471	0,849		
Δt (min)	10	10		
R	0,05	0,05		Kv Mediana
Kv (m/min)	7,47E-05	2,05E-04		1,40E-04
Kv (m/dia)	1,08E-01	2,95E-01		2,01E-01
Kv (cm/min)	7,47E-07	2,05E-06		1,40E-06
<b>Ponto</b>	<b>19</b>	<b>12/07/2017</b>		
Toponímia	COSANPA SOUZA FRANCO - ICOARACI			
Coord. UTM	780636	9855740		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1		
H (m)	0,24	0,822		
Δt (min)	10	10		
R	0,05	0,05		Kv Mediana
Kv (m/min)	9,18E-04	2,45E-04		5,81E-04
Kv (m/dia)	1,32E+00	3,53E-01		8,37E-01
Kv (cm/min)	9,18E-06	2,45E-06		5,81E-06

<b>Ponto</b>	<b>20</b>	<b>05/07/2017</b>		
Toponímia	COSANPA Outeiro			
Coord. UTM	781023	9858413		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,50	
H (m)	0,21	0,5	1,44	
$\Delta t$ (min)	10	10	10	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv	1,08E-03	8,67E-04	5,10E-05	1,08E-03
<b>Ponto</b>	<b>21</b>	<b>12/07/2017</b>		
Toponímia	COSANPA ÁGUA BOA - OUTEIRO			
Coord. UTM	780644	9861103		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1		
H (m)	0,49	0,37		
$\Delta t$ (min)	10	10		
R	0,05	0,05		Kv Mediana
Kv (m/min)	2,53E-05	1,24E-03		6,34E-04
Kv (m/dia)	3,64E-02	1,79E+00		9,13E-01
Kv (cm/min)	2,53E-07	1,24E-05		6,34E-06
<b>Ponto</b>	<b>22</b>	<b>31/05/2017</b>		
Toponímia	COSANPA Praia do Bispo - Mosqueiro			
Coord. UTM	781468	9871807		
Parâmetros	Teste 0,5 m			
H0 (m)	0,5			
H (m)	0,456			
$\Delta t$ (min)	10			
R	0,05			Kv Mediana
Kv (m/min)	1,15E-04			1,15E-04
Kv (m/dia)	1,66E-01			1,66E-01
Kv (cm/min)	1,15E-06			1,15E-06
<b>Ponto</b>	<b>23</b>	<b>31/05/2017</b>		
Toponímia	COSANPA Murubira - Mosqueiro			
Coord. UTM	784562	9875616		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,5	
H (m)	0,472	0,962	1,404	
$\Delta t$ (min)	10	10	10	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	7,20E-05	4,84E-05	8,27E-05	7,20E-05
Kv (m/dia)	1,04E-01	6,97E-02	1,19E-01	1,04E-01
Kv (cm/min)	7,20E-07	4,84E-07	8,27E-07	7,20E-07
<b>Ponto</b>	<b>24</b>	<b>12/05/2017</b>		
Toponímia	CPRM			
Coord. UTM	783854	9841290		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,5	
H (m)	0,37	0,28	1,2	
$\Delta t$ (min)	12	15	15	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	3,14E-04	1,06E-03	1,86E-04	3,14E-04
Kv (m/dia)	4,52E-01	1,53E+00	2,68E-01	4,52E-01
Kv (cm/min)	3,14E-06	1,06E-05	1,86E-06	3,14E-06

<b>Ponto</b>	<b>25</b>	<b>05/07/2017</b>		
Toponímia	COSANPA Paracuri II			
Coord. UTM	781298	9854786		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1		
H (m)	0,416	0,885		
$\Delta t$ (min)	10	10		
R	0,05	0,05		Kv Mediana
Kv	2,30E-04	1,53E-04		1,91E-04
<b>Ponto</b>	<b>26</b>	<b>31/05/2017</b>		
Toponímia	COSANPA 5ª Rua - Mosqueiro			
Coord. UTM	781826	9871881		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,5	
H (m)	0,462	0,947	1,148	
$\Delta t$ (min)	10	13	10	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	9,88E-05	5,24E-05	3,34E-04	9,88E-05
Kv (m/dia)	1,42E-01	7,54E-02	4,81E-01	1,42E-01
Kv (cm/min)	9,88E-07	5,24E-07	3,34E-06	9,88E-07
<b>Ponto</b>	<b>27</b>	<b>01/06/2017</b>		
Toponímia	Praça - Sta. Bárbara			
Coord. UTM	800323	9864685		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,5	
H (m)	0,42	0,986	1,276	
$\Delta t$ (min)	12	13	10	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	1,82E-04	1,36E-05	2,02E-04	1,82E-04
Kv (m/dia)	2,62E-01	1,95E-02	2,91E-01	2,62E-01
Kv (cm/min)	1,82E-06	1,36E-07	2,02E-06	1,82E-06
<b>Ponto</b>	<b>28</b>	<b>01/06/2017</b>		
Toponímia	Campo de Futebol - Sta. Bárbara			
Coord. UTM	801176	9863976		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,5	
H (m)	0,474	0,892	1,188	
$\Delta t$ (min)	10	10	10	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	6,68E-05	1,43E-04	2,92E-04	1,43E-04
Kv (m/dia)	9,61E-02	2,06E-01	4,20E-01	2,06E-01
Kv (cm/min)	6,68E-07	1,43E-06	2,92E-06	1,43E-06
<b>Ponto</b>	<b>29</b>	<b>01/06/2017</b>		
Toponímia	Minha Casa Minha Vida - Sta. Bárbara			
Coord. UTM	801662	9863863		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m		
H0 (m)	0,5	1		
H (m)	0,442	0,986		
$\Delta t$ (min)	10	10		
R	0,05	0,05		Kv Mediana
Kv (m/min)	1,54E-04	1,76E-05		8,59E-05
Kv (m/dia)	2,22E-01	2,54E-02		1,24E-01
Kv (cm/min)	1,54E-06	1,76E-07		8,59E-07



<b>Ponto</b>	<b>30</b>	<b>06/06/2017</b>		
Toponímia	SAEB Benevides - Escola Santa Luzia			
Coord. UTM	807108	9848558		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,41	
H (m)	0,206	0,601	0,69	
$\Delta t$ (min)	10	10	10	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	1,11E-03	6,37E-04	8,93E-04	8,93E-04
Kv (m/dia)	1,60E+00	9,17E-01	1,29E+00	1,29E+00
Kv (cm/min)	1,11E-05	6,37E-06	8,93E-06	8,93E-06
<b>Ponto</b>	<b>31</b>	<b>06/06/2017</b>		
Toponímia	Escola Eunice Santos			
Coord. UTM	800794	9855781		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,5	
H (m)	0,466	0,922	1,445	
$\Delta t$ (min)	10	10	10	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	8,80E-05	1,02E-04	4,67E-05	8,80E-05
Kv (m/dia)	1,27E-01	1,46E-01	6,73E-02	1,27E-01
Kv (cm/min)	8,80E-07	1,02E-06	4,67E-07	8,80E-07
<b>Ponto</b>	<b>32</b>	<b>07/06/2017</b>		
Toponímia	SAEBE Benfica			
Coord. UTM	800379	9855228		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,5	
H (m)	0,468	0,895	0,665	
$\Delta t$ (min)	10	10	10	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	8,27E-05	1,39E-04	1,02E-03	1,39E-04
Kv (m/dia)	1,19E-01	2,00E-01	1,46E+00	2,00E-01
Kv (cm/min)	8,27E-07	1,39E-06	1,02E-05	1,39E-06
<b>Ponto</b>	<b>33</b>	<b>12/06/2017</b>		
Toponímia	Santa Isabel - Campinho de futebol			
Coord. UTM	817285	9857323		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,5	
H (m)	0,388	0,86	1,353	
$\Delta t$ (min)	10	10	10	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	3,17E-04	1,89E-04	1,29E-04	1,89E-04
Kv (m/dia)	4,57E-01	2,72E-01	1,86E-01	2,72E-01
Kv (cm/min)	3,17E-06	1,89E-06	1,29E-06	1,89E-06
<b>Ponto</b>	<b>34</b>	<b>07/06/2017</b>		
Toponímia	Próx. Minha Casa Minha Vida - Sta. Isabel			
Coord. UTM	816925	9855360		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,5	
H (m)	0,314	0,705	1,415	
$\Delta t$ (min)	10	10	10	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	5,82E-04	4,37E-04	7,29E-05	4,37E-04
Kv (m/dia)	8,38E-01	6,29E-01	1,05E-01	6,29E-01
Kv (cm/min)	5,82E-06	4,37E-06	7,29E-07	4,37E-06

<b>Ponto</b>	<b>35</b>	<b>09/08/2017</b>		
Toponímia	COSANPA - Poço Guanabara II - Ananindeua			
Coord. UTM	787123	9845251		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,50	
H (m)	0,315	0,86		
$\Delta t$ (min)	10	10		
R	0,05	0,05		Kv Mediana
Kv	5,78E-04	1,89E-04		3,83E-04
<b>Ponto</b>	<b>36</b>	<b>09/08/2017</b>		
Toponímia	COSANPA - Poço PAAR 5 - Ananindeua			
Coord. UTM	791165	9852031		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,50	
H (m)	0,126			
$\Delta t$ (min)	10			
R	0,05			Kv Mediana
Kv	1,72E-03			1,72E-03
<b>Ponto</b>	<b>37</b>	<b>11/08/2017</b>		
Toponímia	Outeiro Pre-Amar			
Coord. UTM	782611	9865491		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,50	
H (m)	0,126	0,555		
$\Delta t$ (min)	10	10		
R	0,05	0,05		Kv Mediana
Kv	1,72E-03	7,36E-04		1,23E-03
<b>Ponto</b>	<b>38</b>	<b>09/08/2017</b>		
Toponímia	COSANPA - C-569 - Marituba			
Coord. UTM	795658	9848422		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,50	
H (m)	0,38	0,978		
$\Delta t$ (min)	10	10		
R	0,05	0,05		Kv Mediana
Kv	3,43E-04	2,78E-05		1,85E-04
<b>Ponto</b>	<b>39</b>	<b>10/08/2017</b>		
Toponímia	COSANPA - Beija Flor - Marituba			
Coord. UTM	798724	9846874		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,50	
H (m)	0,49			
$\Delta t$ (min)	10			
R	0,05			Kv Mediana
Kv	2,53E-05			2,53E-05
<b>Ponto</b>	<b>40</b>	<b>07/06/2017</b>		
Toponímia	Campo de Futebol Fluminense - Murinim			
Coord. UTM	807108	9848558		
Parâmetros	Teste 0,5 m	Teste 1,0 m	Teste 1,5 m	
H0 (m)	0,5	1	1,5	
H (m)	0,365	0,917	1,43	
$\Delta t$ (min)	10	10	10	
R	0,05	0,05	0,05	Kv Mediana
Kv (m/min)	3,93E-04	1,08E-04	5,97E-05	1,08E-04
Kv (m/dia)	5,67E-01	1,56E-01	8,60E-02	1,56E-01
Kv (cm/min)	3,93E-06	1,08E-06	5,97E-07	1,08E-06

Como mostra o Quadro 4, nem todos os pontos avaliados tiveram os três furos de trado executados, principalmente aqueles com profundidades de 1,0 m e 1,5 m, em função ou da ocorrência de aterro no local, o que inviabilizou a penetração do trado e a retirada dos sedimentos, ou da verificação de água em profundidades muito rasas. Por este motivo, de um total de 40 pontos executados, apenas em 19 pontos foram executados os três furos; em 14 pontos foram realizados dois furos, à exceção de 1,5 m de profundidade; e em 7 pontos foi executado somente um furo com 0,5 m de profundidade.

Os locais onde foram executados os três furos em cada área avaliada correspondem aos pontos 6 (Praça Batista Campos), 9 (Biblioteca Central – UFPA), 11 e 12 (MPEG), 13 (Bosque Rodrigues Alves), 14 (COSANPA 5º Setor), 16 (Av. Augusto Montenegro/Av. Independência), 20 (COSANPA Outeiro), 23 (COSANPA Murubira – Mosqueiro), 24 (CPRM), 26 (COSANPA 5ª Rua – Mosqueiro), 27 (Praça – Santa Bárbara), 28 (Campo de futebol – Santa Bárbara), 30 (SAEBE Benevides – Escola Santa Luzia), 31 (SAEBE Benevides – Escola Eunice Campos), 32 (SAEBE Benfica), 33 (Campinho de futebol – Santa Izabel), 34 (Minha casa, Minha Vida – Santa Izabel) e 40 (Campo de futebol do Fluminense, Murinim – Benevides).

Os pontos com apenas dois furos (profundidades de investigação de 0,5 m e 1,0 m) foram os pontos 1 (Portal da Amazônia), 4 (Praça da República), 5 (Bosque Rodrigues Alves), 8 (Assembleia de Deus – Cremação), 10 (Instituto de Geociências – UFPA), 17 (COSANPA – Conj. Eduardo Angelim), 18 (Benevides – Escola Alice Fanjas), 19 (COSANPA Souza Franco – Icoaraci), 21 (COSANPA Outeiro – Água Boa), 25 (COSANPA – Paracuri II), 29 (Minha Casa, Minha Vida – Santa Izabel), 35 (COSANPA Guanabara II), 37 (Outeiro – Pre Amar) e 38 (COSANPA C-569). E os locais onde foram executados somente os furos de 0,5 m correspondem aos pontos 2 (7º Setor COSANPA), 3 (Praça Dom Pedro II), 7 (COSANPA – 8º Setor), 15 (Escola Bosque – Outeiro), 22 (COSANPA Praia do Bispo – Mosqueiro), 36 (COSANPA PAAR 5) e 39 (COSANPA Beija Flor).

Dessa forma, em 47,5% dos pontos avaliados foram executados três furos às profundidades de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m; em 35% dos pontos estudados foram realizados os furos a 0,5 m e 1,0 m de profundidade; e, em 17,5% dos pontos foi executado somente um furo de 0,5 m de profundidade.

De acordo com os resultados, o maior valor da condutividade hidráulica ( $K_v$ ) foi identificado no ponto 3 (Praça Dom Pedro II), centro da cidade de Belém. O valor identificado de  $K_v$  foi de aproximadamente 1,98 m/dia ou 0,0022 cm/seg; entretanto, se deve considerar



que naquele ponto foi executado somente o furo de 0,5 m de profundidade, não sendo possível executar os demais furos por ser uma região aterrada, de acordo com a descrição do substrato coletado no local. O menor valor da condutividade hidráulica (Kv), por sua vez, foi identificado no ponto 39, situado na estação da captação da COSANPA Beija Flor no Município de Marituba. Naquela região, o valor de Kv obtido foi da ordem de 0,000025 m/dia ou  $2,9 \times 10^{-8}$  cm/seg. Vale destacar que, neste ponto, foi executado somente o furo de 0,5 m, em função da dificuldade de penetração (aterro).

## 4.2 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS RESULTADOS

A partir da disposição dos resultados observou-se que a relação entre número de ensaios realizados e a sua distribuição geográfica não permitiu extrapolações espaciais. Além disso, como comentado anteriormente, os resultados foram influenciados pela presença de coberturas de aterro, e, com isso, pela dificuldade de aprofundar mais os furos. Houve também dificuldades relacionadas ao acesso às áreas mais distantes dos centros urbanos, além de fatores como afloramentos de níveis d'água rasos e insegurança para realização dos testes, o que incorreu em realocação de diversos pontos.

Assim, para melhor interpretação dos resultados dos testes de infiltração, é apresentado um sumário estatístico básico e um histograma com a curva de distribuição normal. A seguir são apresentados os parâmetros que compuseram o referido sumário (Quadro 5). Salienta-se que foram utilizados os dados de infiltração considerando a unidade em metros por dia.

Quadro 5 - Sumário estatístico para os ensaios de infiltração.

Parâmetro	Condutividade hidráulica vertical (m/dia)
Max	1,983865
Min	0,000025
Media	0,403468
Mediana	0,200426
Tamanho	40,000000
Desvio padrão	0,491489
Est. Classes	6,324555
Classes	6,000000
Incremento	0,330640
Incremento 2	0,049596

Considerando-se os dados obtidos na etapa anterior da análise estatística, foram gerados os dados para a construção do histograma. Optou-se por dividi-lo em sete (7) classes, das quais foram determinadas as respectivas frequências (Quadro 6).

Quadro 6 - Parâmetros obtidos para geração do histograma.

Classes	Corte	Frequência
1	0,330664	26
2	0,661304	6
3	0,991944	3
4	1,322584	3
5	1,653224	0
6	1,983864	1
7	2,314504	1

Assim, o histograma gerado é apresentado na Figura 131, a seguir.

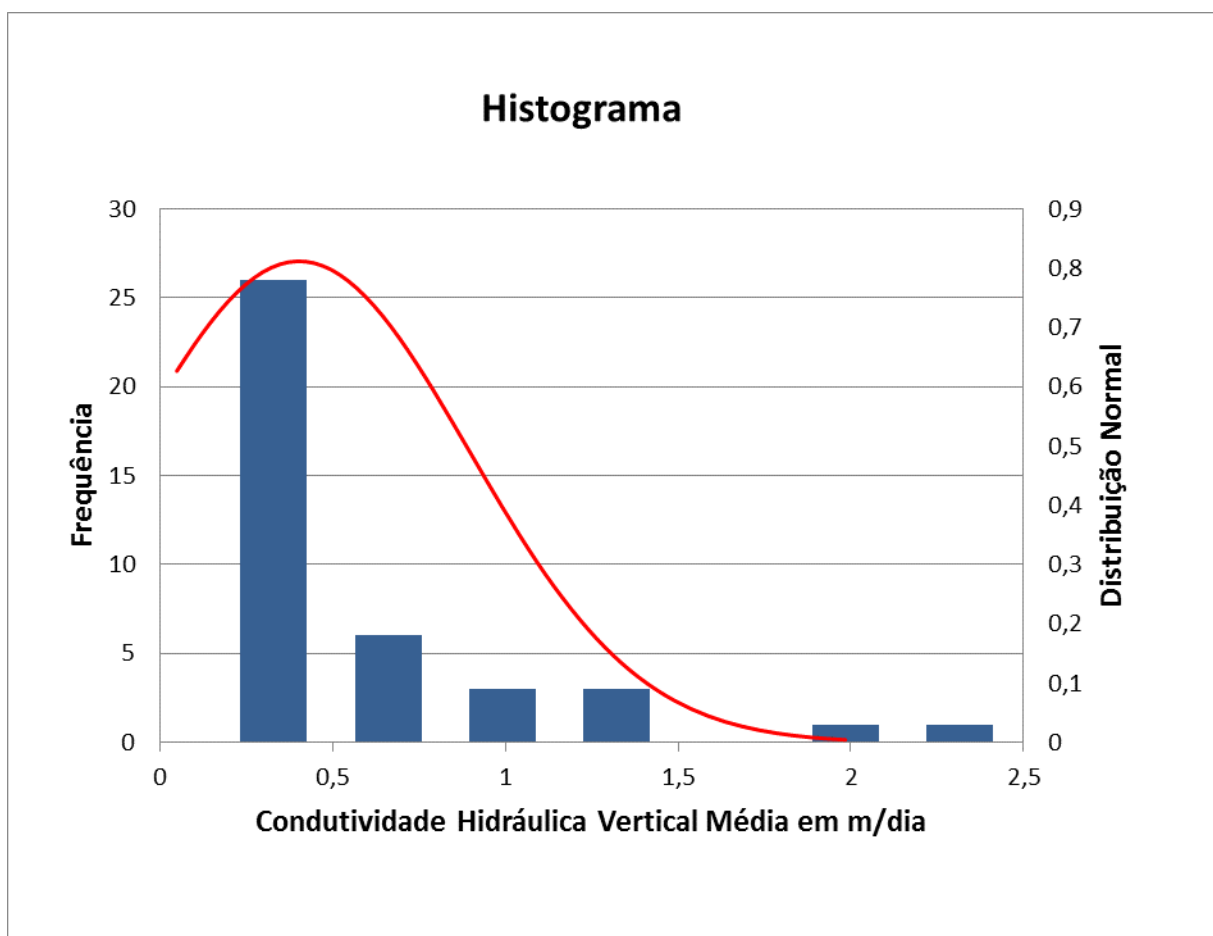


Figura 131 - Histograma dos dados de infiltração em m/dia.

O histograma apresentou distribuição assimétrica negativa (à direita), evidenciando que a moda é menor que a mediana, que por sua vez, é menor que a média aritmética. A verificação da distribuição dos resultados dos ensaios sobre os diferentes tipos de uso e ocupação do solo, em destaque as áreas rurais x urbanas podem ser visualizadas na Figura 132, que distribui os resultados das sete classes apresentadas no histograma sobre o mapa de uso de solos. Como comentado anteriormente, os pontos em que foram calculados

apenas os dados referentes ao primeiro ensaio (0,5 m) forneceram valores mais altos, influenciando na avaliação da infiltração. Percebe-se que a variação dos valores, em relação à sua frequência, é pouco variável.

Ressalta-se, ainda, que em vários pontos foram encontrados aterros e não solos naturais. Assim, os resultados obtidos não refletem necessariamente as condições de infiltração superficial natural do terreno, e, portanto, salienta-se a importância de observar que numa área urbana, onde a impermeabilização tende a ser maior, mesmo os locais selecionados como área verde podem apresentar alterações quanto à sua composição natural, incorrendo em dificuldades no que diz respeito à infiltração da água da chuva.



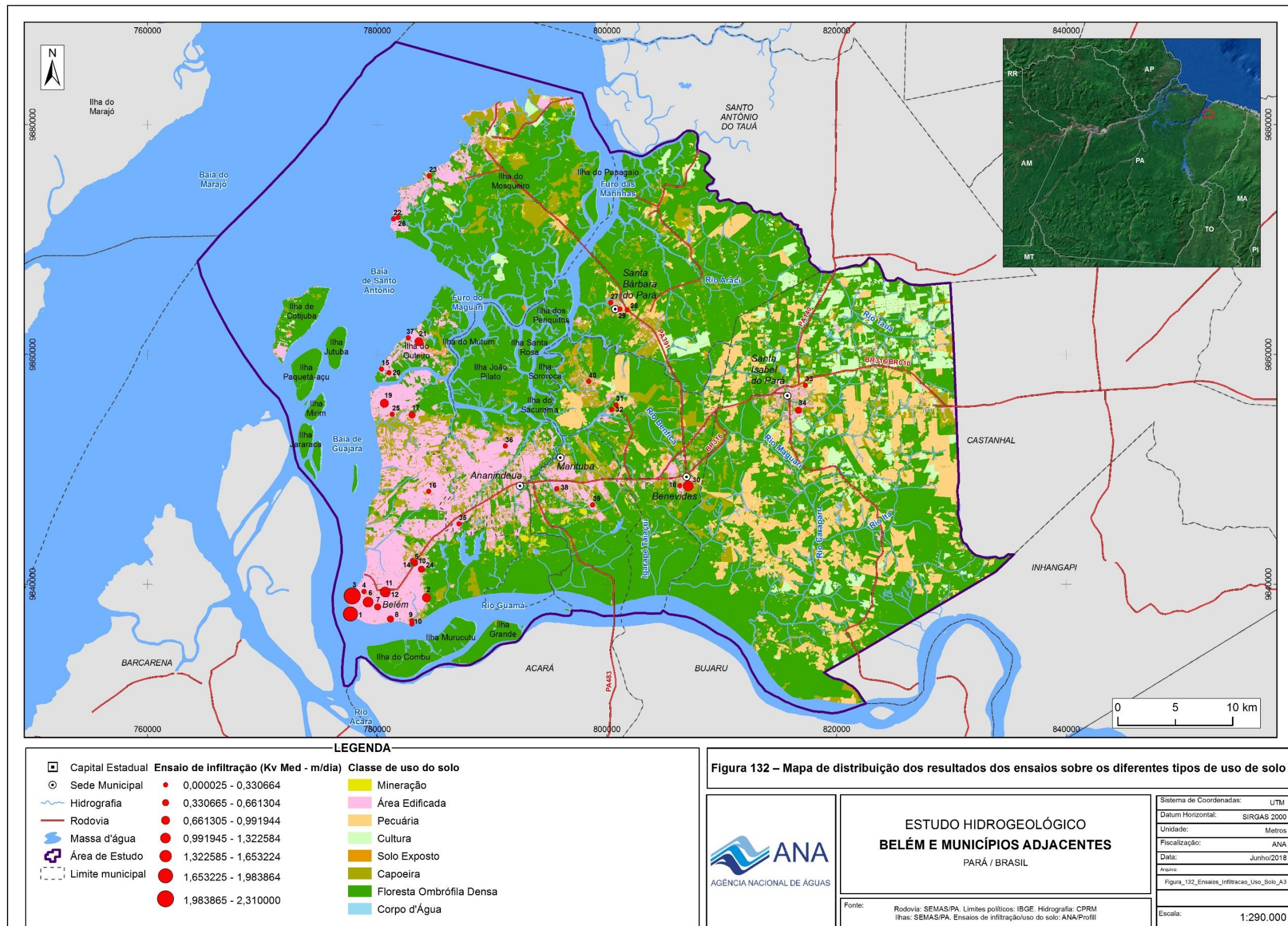


Figura 132 – Distribuição dos resultados dos ensaios sobre os diferentes tipos de uso de solo.

## 5 ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

Foram realizadas análises granulométricas por peneiramento em amostras de solo de 37 pontos, dentre o total de 40 pontos selecionados para os ensaios de infiltração. As curvas granulométricas das amostras representam somente as frações areia e cascalho, todavia, o percentual de material siltico-argiloso também foi calculado. As análises foram identificadas pelo número correspondente ao número do ensaio e os resultados encontram-se no Anexo I.

A finalidade da análise granulométrica é mostrar a distribuição percentual das classes de tamanho dos grãos constituintes do agregado de solo, para, então, classifica-lo quanto à textura. Essa distribuição é representada graficamente pela curva granulométrica (Figura 133).

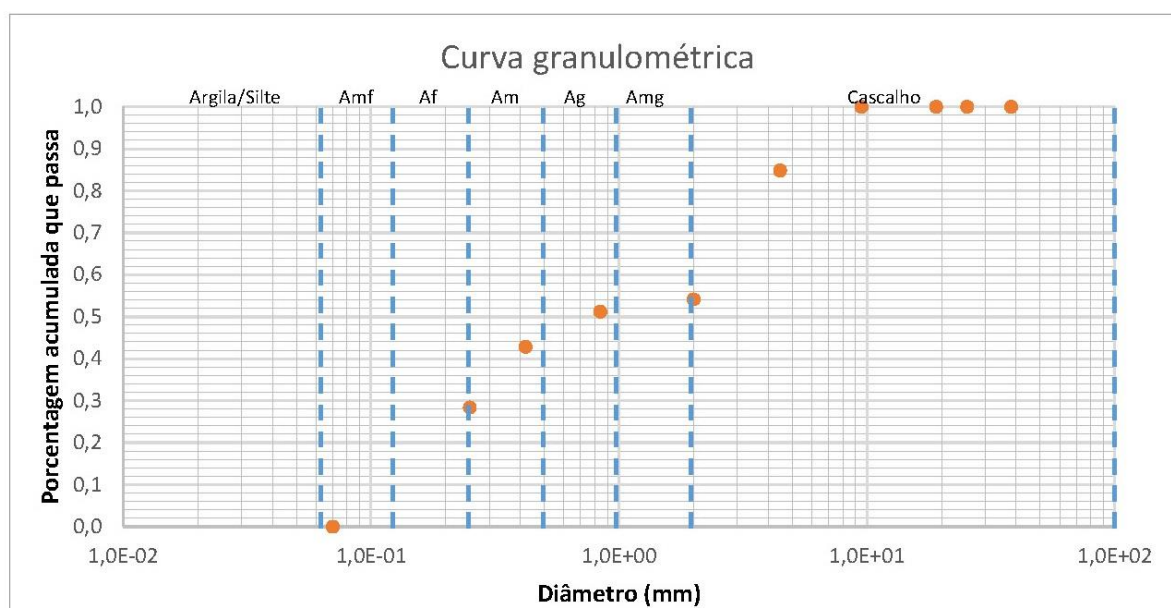


Figura 133 - Exemplo de apresentação da curva granulométrica.

Existem várias classificações granulométrica, mas uma muito utilizada pelos geólogos é a classificação de Wentworth (Quadro 7).

Esta classificação foi empregada nas análises granulométricas realizadas neste projeto. No exemplo da Figura 133, as divisões de tamanho segundo a escala Wentworth estão representadas por linhas verticais tracejadas, em azul.



Quadro 7 - Classificação de Wentworth para materiais geológicos.

Dimensões	Material
2 - 64 mm	Cascalho
1 - 2 mm	Areia muito grossa
0,5 - 1 mm	Areia grossa
0,25 - 0,5 mm	Areia média
0,125 - 0,25 mm	Areia fina
0,0625 - 0,125 mm	Areia muito fina
0,039 - 0,0625 mm	Silte
< 0,039	Argila

As análises granulométricas permitem extrair informações muito úteis para análise dos materiais ou sedimentos amostrados.

O diâmetro efetivo ( $d_{10}$ ) corresponde ao percentual de 10% das partículas menores do material peneirado. Este parâmetro é utilizado para estimar a permeabilidade de materiais arenosos por meio da equação:

$$P = C \cdot d_{10}^2$$

Onde: K= coeficiente de permeabilidade; C=constante adimensional.

A permeabilidade intrínseca ( $P$ ) é uma constante representativa das características apenas do meio poroso, sendo função especialmente do tamanho dos seus poros. A permeabilidade intrínseca tem dimensões de área. A relação de com a condutividade hidráulica é dada por:

$$K = P \frac{\gamma}{\mu}$$

Onde:  $K$  é a condutividade hidráulica;  $P$  é a permeabilidade intrínseca do meio;  $\gamma$  é o peso específico do fluido; e  $\mu$  é a viscosidade do fluido.

O coeficiente de uniformidade ( $C_{un}$ ) é a razão entre os diâmetros correspondentes a 60% ( $d_{60}$ ) e 10% ( $d_{10}$ ), tomados na curva granulométrica, de acordo com a equação abaixo:

$$C_{un} = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

Quanto mais uniforme o material, menor o valor do  $C_{un}$ , como mostrado no Quadro 8.



Quadro 8 - Classificação dos materiais segundo o coeficiente de uniformidade

Coeficiente de uniformidade (Cun)

Cun < 5 muito uniforme

Cun < 5 < 15 medianamente uniforme

Cun > 15 não uniforme

O resumo dos resultados das análises granulométricas é mostrado no Quadro 9. As amostras de solo representam misturas de areia com silte e argila, nas quais a proporção percentual de material siltico-argiloso varia de 20% a 85%. A fração arenosa em 65% das amostras é constituída por areias muito finas a finas, e por areias finas nos 35% restantes. As areias são muito uniformes em 60% das amostras, não uniformes em 35% e medianamente uniformes em apenas 5% delas. Comparando-se os valores predominantes de condutividade hidráulica vertical obtidos nos ensaios de infiltração, da ordem de 0,5 m/d ou  $5,8 \text{ E}^{-4} \text{ cm/s}$ , com as características granulométricas dos solos amostrados nos locais, os resultados mostram-se concordantes com dados apresentados por Fetter (2001), para areias finas, silticas e argilosas.

Quadro 9 - Resumo das análises granulométricas.

Amostra	d10	d60	Cun	% Silte+Argila	Classificação	Uniformidade
1	0,106	0,327	3,09	71,93	Areia muito fina	Muito uniforme
2	0,116	0,387	3,34	60,69	Areia muito fina	Muito uniforme
3	0,143	3,104	21,70	47,98	Areia fina	Não uniforme
4	0,108	0,312	2,89	72,70	Areia muito fina	Muito uniforme
5	0,144	3,156	21,84	41,93	Areia fina	Não uniforme
6	0,108	0,315	2,92	67,57	Areia muito fina	Muito uniforme
7	0,128	0,630	4,92	53,56	Areia fina	Muito uniforme
8	0,128	0,793	6,20	53,02	Areia fina	Medianamente uniforme
9	0,103	0,283	2,74	79,61	Areia muito fina	Muito uniforme
10	0,106	0,305	2,88	77,35	Areia muito fina	Muito uniforme
11	0,112	0,335	3,00	67,02	Areia muito fina	Muito uniforme
12	0,107	0,310	2,89	67,64	Areia muito fina	Muito uniforme
13	0,104	0,307	2,94	82,42	Areia muito fina	Muito uniforme
17	0,137	2,107	15,32	63,08	Areia fina	Não uniforme
18	0,154	3,618	23,43	58,19	Areia fina	Não uniforme
19	0,135	2,957	21,90	67,49	Areia fina	Não uniforme
20	0,104	0,294	2,83	76,88	Areia muito fina	Muito uniforme
21	0,111	0,410	3,68	77,85	Areia muito fina	Muito uniforme
22	0,165	4,365	26,42	26,66	Areia fina	Não uniforme
23	0,106	0,315	2,97	84,68	Areia muito fina	Muito uniforme
24	0,119	2,724	22,93	64,52	Areia muito fina	Não uniforme
25	0,126	2,000	15,86	69,89	Areia fina	Não uniforme
26	0,111	0,359	3,24	77,83	Areia muito fina	Muito uniforme
27	0,117	0,467	3,97	68,33	Areia muito fina	Muito uniforme
28	0,100	0,247	2,48	74,82	Areia muito fina	Muito uniforme
29	0,101	0,169	1,67	76,23	Areia muito fina	Muito uniforme
30	0,184	4,848	26,37	20,07	Areia fina	Não uniforme
31	0,108	0,463	4,27	75,05	Areia muito fina	Muito uniforme
32	0,104	0,265	2,55	78,31	Areia muito fina	Muito uniforme
33	0,096	0,229	2,38	80,78	Areia muito fina	Muito uniforme
34	0,096	0,229	2,37	78,91	Areia muito fina	Muito uniforme
35	0,120	0,735	6,12	58,79	Areia muito fina	Medianamente uniforme
36	0,118	1,935	16,42	58,44	Areia muito fina	Não uniforme
37	0,105	0,346	3,29	64,85	Areia muito fina	Muito uniforme
38	0,128	3,118	24,30	62,59	Areia fina	Não uniforme
39	0,155	3,666	23,59	31,65	Areia fina	Não uniforme
40	0,133	2,476	18,56	78,29	Areia fina	Não uniforme

Quadro 10 - Valores medianos de  $K_v$  em m/dia e cm/seg obtidos nos testes de infiltração executados.

Pontos	$K_v$ Med (m/dia)	$K_v$ Med (cm/seg)	Textura
1	1,74	$2,01 \cdot 10^{-3}$	Areia muito fina
2	0,84	$9,82 \cdot 10^{-4}$	Areia muito fina
3	1,98	$2,29 \cdot 10^{-3}$	Areia fina
4	0,13	$1,53 \cdot 10^{-4}$	Areia muito fina
5	0,20	$2,4 \cdot 10^{-4}$	Areia fina
6	1,32	$1,52 \cdot 10^{-3}$	Areia muito fina
7	0,64	$7,43 \cdot 10^{-4}$	Areia fina
8	0,42	$4,92 \cdot 10^{-4}$	Areia fina
9	0,11	$1,31 \cdot 10^{-4}$	Areia muito fina
10	0,02	$3,15 \cdot 10^{-5}$	Areia muito fina
11	1,04	$1,2 \cdot 10^{-3}$	Areia muito fina
12	0,16	$1,96 \cdot 10^{-4}$	Areia muito fina
13	0,46	$5,39 \cdot 10^{-4}$	Areia muito fina
14	0,18	$2,19 \cdot 10^{-4}$	Areia muito fina
15	$9,1 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$	Areia muito fina
16	0,33	$3,82 \cdot 10^{-4}$	Areia muito fina
17	0,41	$4,75 \cdot 10^{-4}$	Areia fina
18	0,20	$2,32 \cdot 10^{-4}$	Areia fina
19	0,83	$9,68 \cdot 10^{-4}$	Areia fina
20	$1,08 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	Areia muito fina
21	0,91	$1,05 \cdot 10^{-3}$	Areia muito fina
22	0,16	$1,91 \cdot 10^{-4}$	Areia fina
23	0,10	$1,21 \cdot 10^{-4}$	Areia muito fina
24	0,45	$5,22 \cdot 10^{-4}$	Areia muito fina
25	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-7}$	Areia fina
26	0,14	$1,64 \cdot 10^{-4}$	Areia muito fina
27	0,26	$3,02 \cdot 10^{-4}$	Areia muito fina
28	0,20	$2,38 \cdot 10^{-4}$	Areia muito fina
29	0,12	$1,43 \cdot 10^{-4}$	Areia muito fina
30	1,28	$1,48 \cdot 10^{-3}$	Areia fina
31	0,12	$1,46 \cdot 10^{-4}$	Areia muito fina
32	0,19	$2,31 \cdot 10^{-4}$	Areia muito fina
33	0,27	$3,14 \cdot 10^{-4}$	Areia muito fina
34	0,62	$7,28 \cdot 10^{-4}$	Areia muito fina
35	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-7}$	Areia muito fina
36	$1,72 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-6}$	Areia muito fina
37	$1,23 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	Areia muito fina
38	$1,85 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-7}$	Areia fina
39	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-8}$	Areia fina
40	0,15	$1,8 \cdot 10^{-4}$	Areia fina

Quando colocados lado a lado, pode-se observar que os resultados obtidos para infiltração (condutividade hidráulica vertical) não refletem padrões correspondentes diretamente às texturas verificadas, uma vez que a maioria são classificadas como areias finas ou muito finas, não sendo possível traçar uma relação direta entre ambas as características das amostras coletadas.



## 6 CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios de infiltração mostram que a cobertura de solo na área de estudo é constituída, predominantemente, por areias muito finas a finas, com elevado percentual de material siltico-argiloso, cuja condutividade hidráulica vertical é de até 0,5 m/d.

Todavia, em vários locais ensaiados foram encontrados aterros, de modo que os resultados podem não refletir as características de permeabilidade dos solos naturais.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FETTER, C. W. Applied Hydrogeology. 4ª ed. Prentice-Hall, Inc., USA. 598 p. 2001.

FIORI, J. P. O. Avaliação de métodos de campo para a determinação de condutividade hidráulica em meios saturados e não saturados. Dissertação (Mestrado) Curso de Pós-Graduação do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. 107 p. 2010.

## **8 ANEXOS**

### **ANEXO I – PLANILHAS DE RESULTADOS DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS**



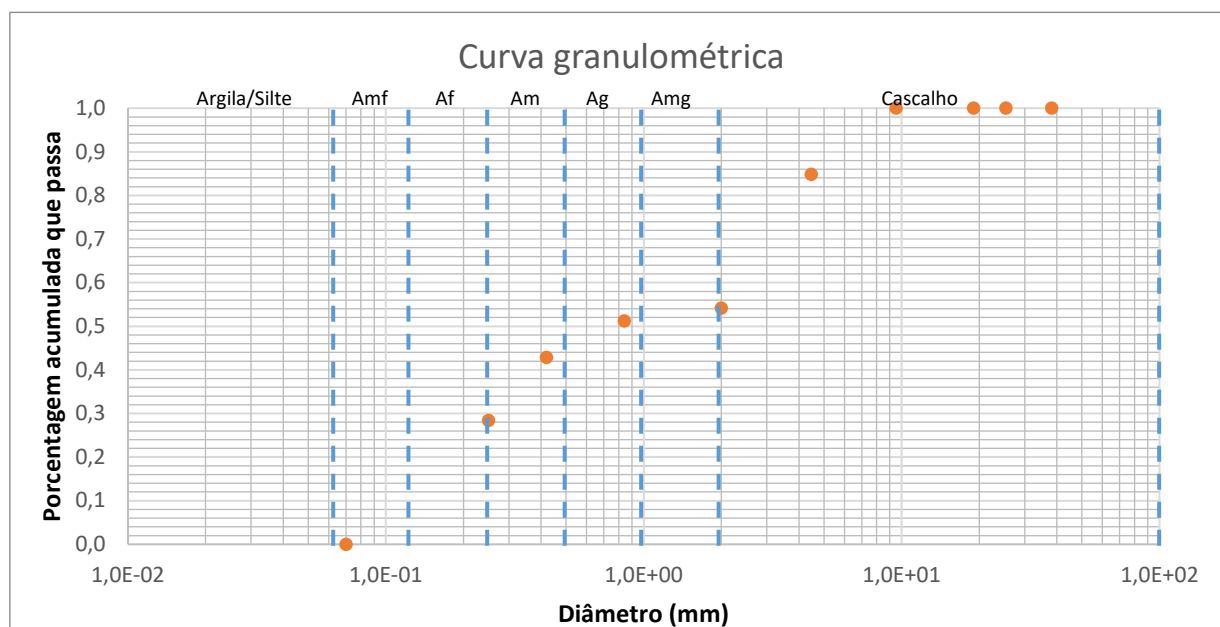
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Benevides	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Campo de futebol - Murinim	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	40/2018	<b>Profundidade:</b>		<b>Peso inicial (g):</b>	556,15
--------------------	---------	----------------------	--	--------------------------	--------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	0,01	0,00	0,00	1,00
4,460	4	18,30	0,15	0,15	0,85
2,3800	8	0,00	0,00	0,15	
2,0000	10	37,00	0,31	0,46	0,54
0,8400	20	3,62	0,03	0,49	0,51
0,4200	40	10,08	0,08	0,57	0,43
0,2500	60	17,44	0,14	0,72	0,28
0,1500	100	0,00	0,00	0,72	
0,0700	200	34,27	0,28	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>120,72</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,133
Diâmetro (d60)	2,476
Coefic. de uniform. (d60/d10)	18,56
Porcentagem silte/argila	78,29%

Coeficiente de uniformidade (Cun)  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

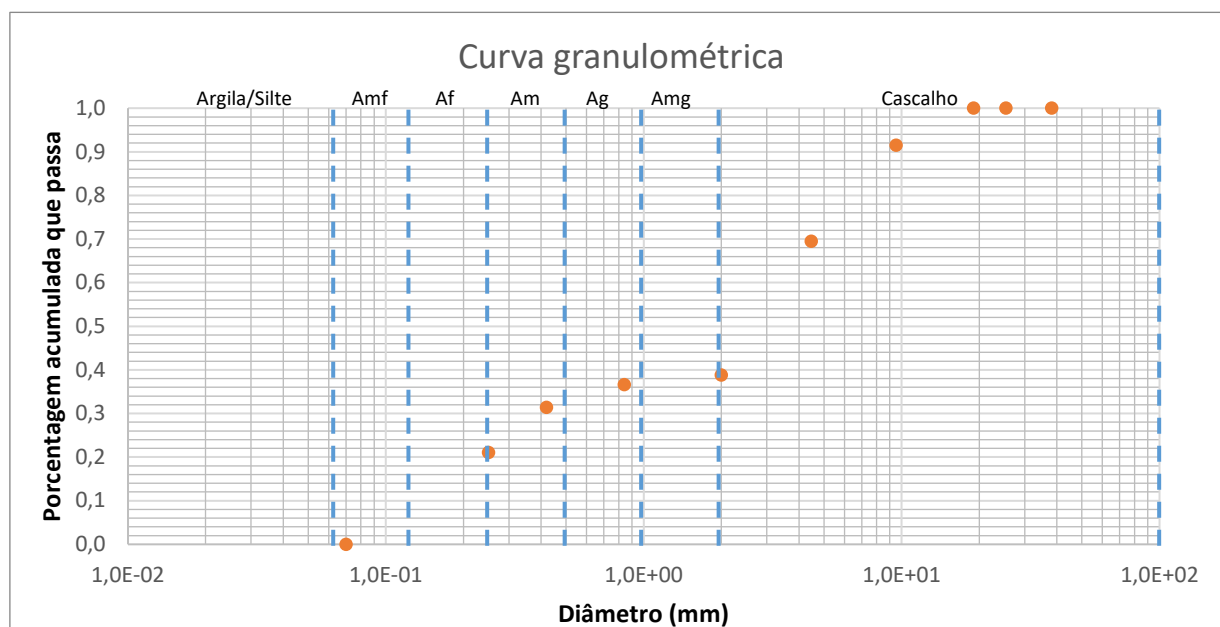
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Marituba	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Cosanpa Beija-Flor	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	39/2018	<b>Profundidade:</b>		<b>Peso inicial (g):</b>	473,49
--------------------	---------	----------------------	--	--------------------------	--------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,01	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,01	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	27,40	0,08	0,08	0,92
4,460	4	71,20	0,22	0,30	0,70
2,3800	8	0,00	0,00	0,30	
2,0000	10	99,40	0,31	0,61	0,39
0,8400	20	7,03	0,02	0,63	0,37
0,4200	40	16,94	0,05	0,69	0,31
0,2500	60	33,45	0,10	0,79	0,21
0,1500	100	0,00	0,00	0,79	
0,0700	200	68,20	0,21	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>323,64</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,155
Diâmetro (d60)	3,666
Coefic. de uniform. (d60/d10)	23,59
Porcentagem silte/argila	31,65%

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

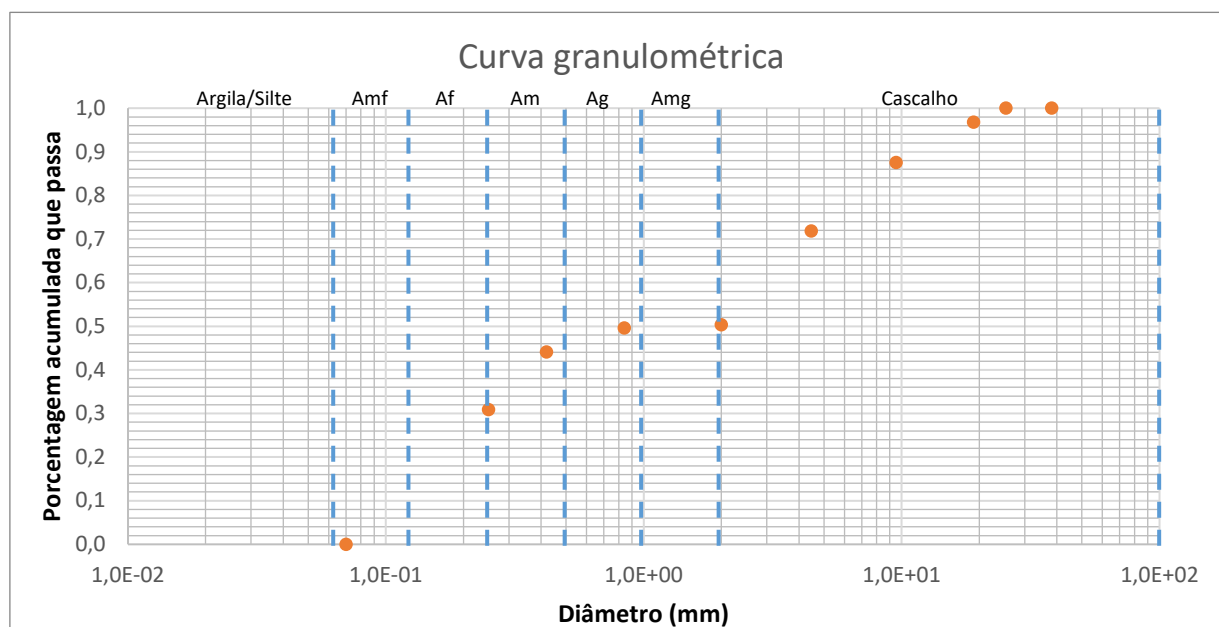
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Marituba	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Cosanpa C-569	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	38/2018	<b>Profundidade:</b>		<b>Peso inicial (g):</b>	853,97
--------------------	---------	----------------------	--	--------------------------	--------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,01	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	10,15	0,03	0,03	0,97
12,70	1/2	0,00	0,00	0,03	
9,51	3/8	29,62	0,09	0,12	0,88
4,460	4	50,24	0,16	0,28	0,72
2,3800	8	0,00	0,00	0,28	
2,0000	10	68,66	0,21	0,50	0,50
0,8400	20	2,40	0,01	0,50	0,50
0,4200	40	17,41	0,05	0,56	0,44
0,2500	60	42,40	0,13	0,69	0,31
0,1500	100	0,00	0,00	0,69	
0,0700	200	98,58	0,31	1,00	0,00
Total		319,47	1,00		



Diâmetro efetivo (d10)	0,128
Diâmetro (d60)	3,118
Coefic. de uniform. (d60/d10)	24,30
Porcentagem silte/argila	62,59%

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme



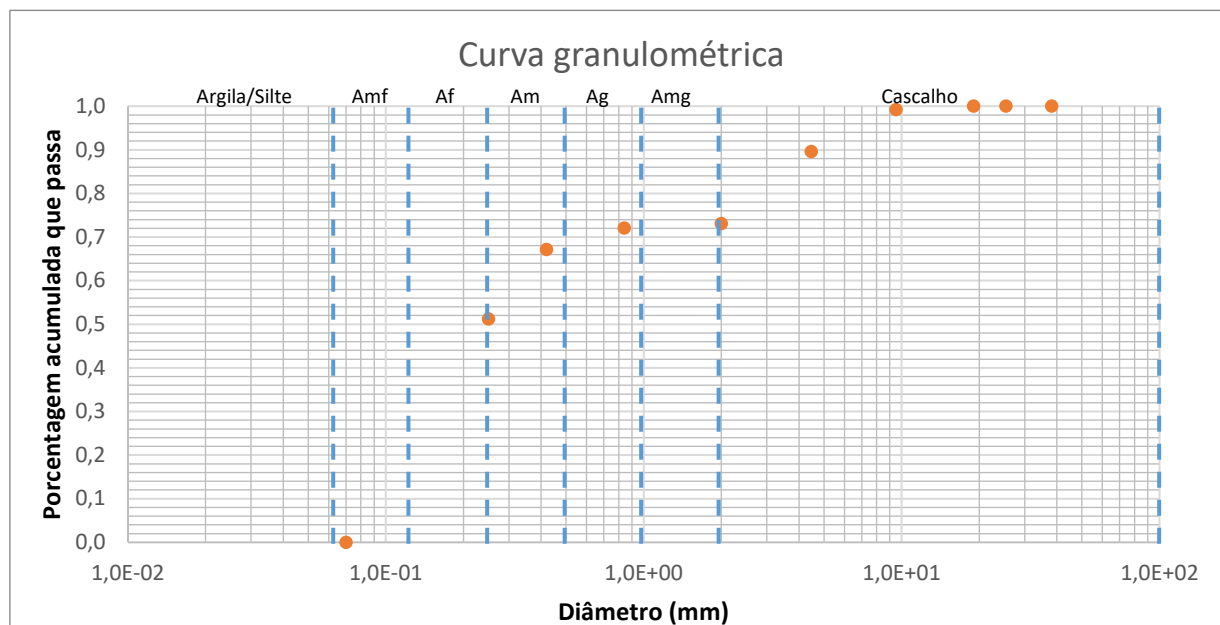
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b> Belem	<b>Distr. / Bairro:</b>
<b>Endereço:</b> Próximo à Praia do Amor - Outeiro	<b>Nº:</b>
<b>Proprietário:</b>	
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b> 37/2018	<b>Profundidade:</b>	<b>Peso inicial (g):</b> 522,75
----------------------------	----------------------	---------------------------------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,01	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	1,50	0,01	0,01	0,99
4,460	4	17,60	0,10	0,10	0,90
2,3800	8	0,00	0,00	0,10	
2,0000	10	30,30	0,16	0,27	0,73
0,8400	20	1,94	0,01	0,28	0,72
0,4200	40	9,08	0,05	0,33	0,67
0,2500	60	29,15	0,16	0,49	0,51
0,1500	100	0,00	0,00	0,49	
0,0700	200	94,15	0,51	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>183,73</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,105
Diâmetro (d60)	0,346
Coefic. de uniform. (d60/d10)	3,29
Porcentagem silte/argila	64,85%

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

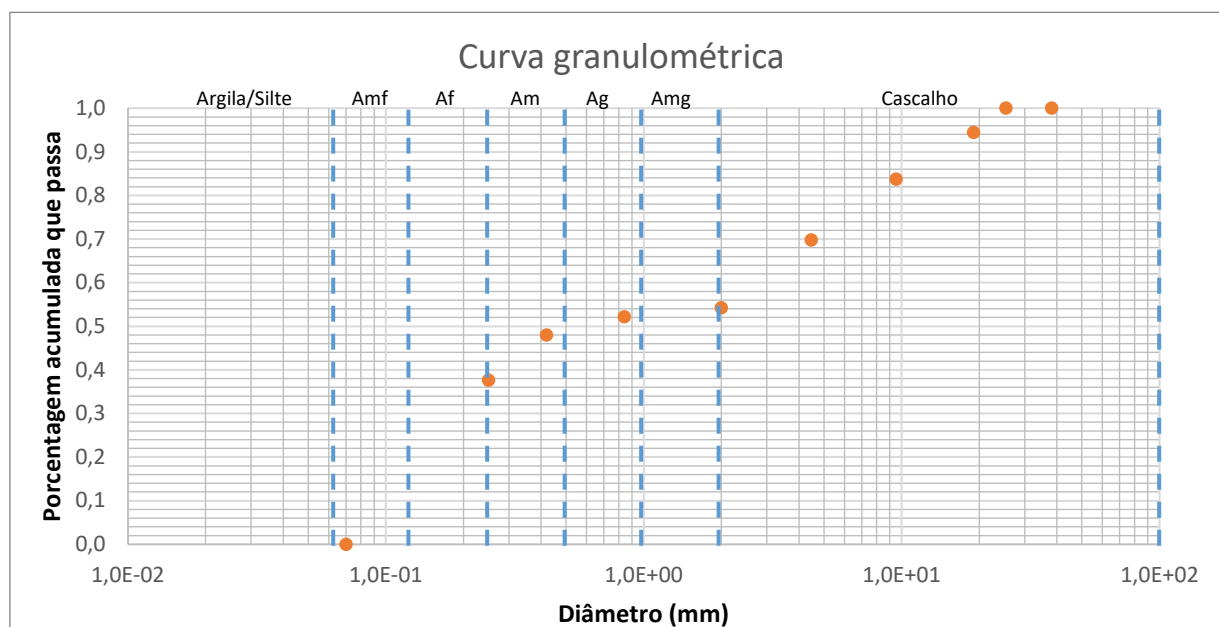
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Ananindeua	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Cosanpa Poço PAAR 5	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	36/2018	<b>Profundidade:</b>		<b>Peso inicial (g):</b>	510,72
--------------------	---------	----------------------	--	--------------------------	--------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,01	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	11,74	0,06	0,06	0,94
12,70	1/2	0,00	0,00	0,06	
9,51	3/8	22,78	0,11	0,16	0,84
4,460	4	29,60	0,14	0,30	0,70
2,3800	8	0,00	0,00	0,30	
2,0000	10	33,06	0,16	0,46	0,54
0,8400	20	4,37	0,02	0,48	0,52
0,4200	40	8,82	0,04	0,52	0,48
0,2500	60	21,98	0,10	0,62	0,38
0,1500	100	0,00	0,00	0,62	
0,0700	200	79,90	0,38	1,00	0,00
Total		212,26	1,00		



Diâmetro efetivo (d10)	0,118
Diâmetro (d60)	1,935
Coefic. de uniform. (d60/d10)	16,42
Porcentagem silte/argila	58,44%

Coeficiente de uniformidade (Cun)  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

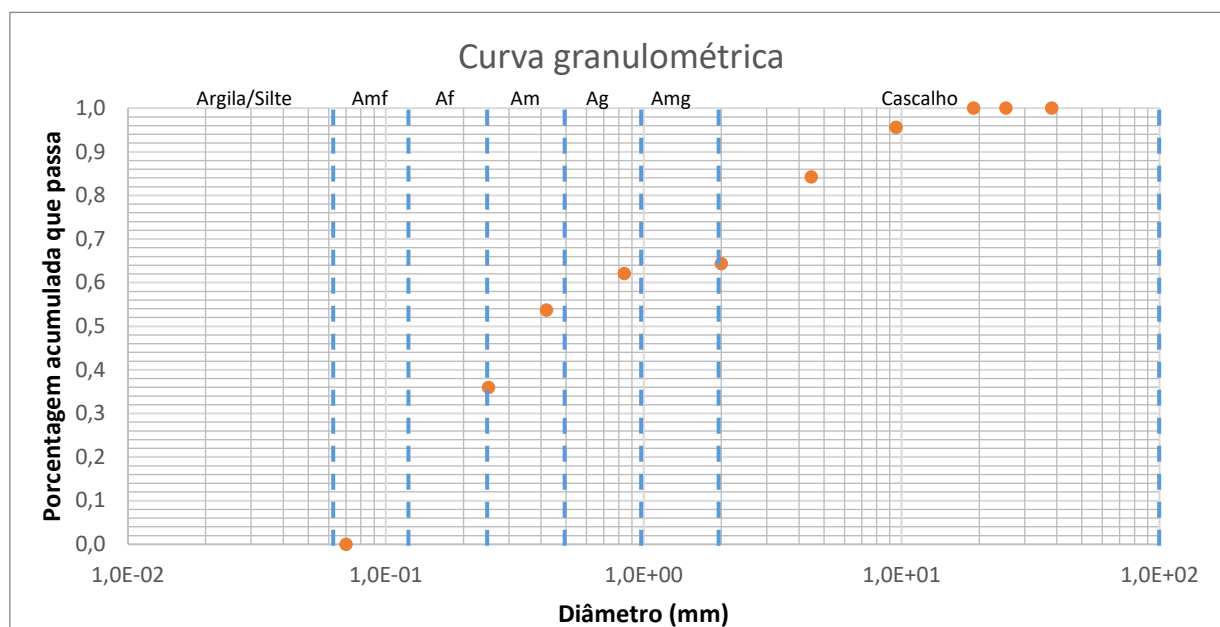
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Ananindeua	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Cosanpa Poço Guanabara II	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	35/2018	<b>Profundidade:</b>	
<b>Peso inicial (g):</b>	638,38		

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,01	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	11,50	0,04	0,04	0,96
4,460	4	30,00	0,11	0,16	0,84
2,3800	8	0,00	0,00	0,16	
2,0000	10	52,20	0,20	0,36	0,64
0,8400	20	6,13	0,02	0,38	0,62
0,4200	40	21,95	0,08	0,46	0,54
0,2500	60	46,64	0,18	0,64	0,36
0,1500	100	0,00	0,00	0,64	
0,0700	200	94,62	0,36	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>263,05</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,120
Diâmetro (d60)	0,735
Coefic. de uniform. (d60/d10)	6,12
Porcentagem silte/argila	58,79%

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme



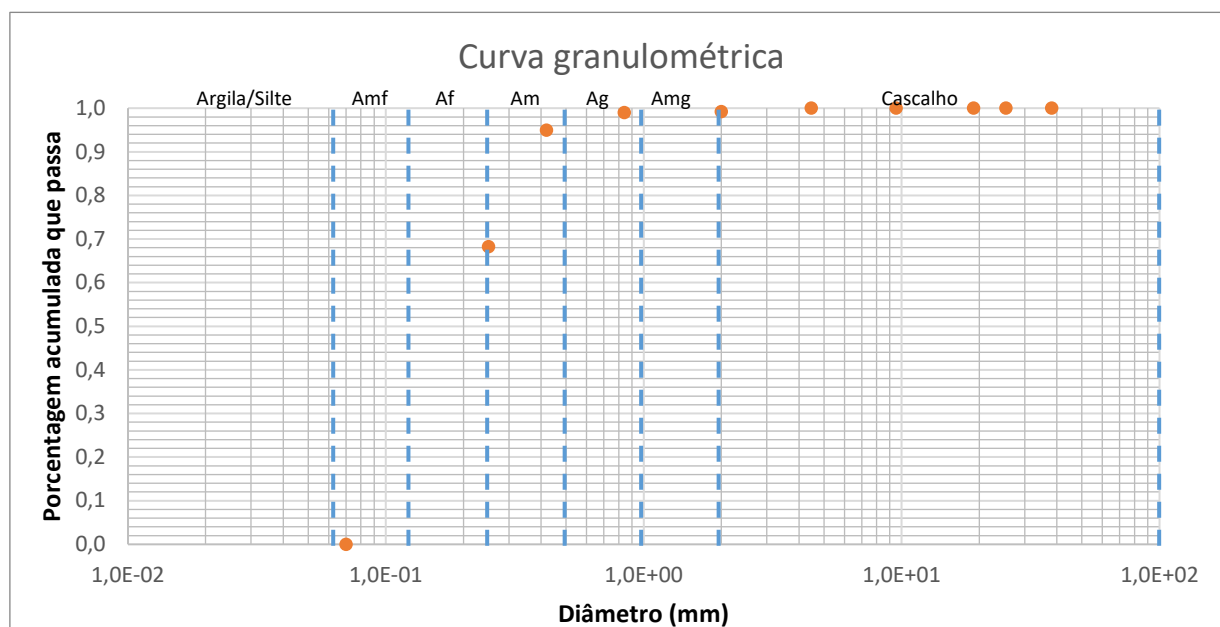
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Santa Izabel do Pará	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Minha casa, minha vida	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	34/2018	<b>Profundidade:</b>		<b>Peso inicial (g):</b>	613,46
--------------------	---------	----------------------	--	--------------------------	--------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	0,00	0,00	0,00	1,00
4,460	4	0,01	0,00	0,00	1,00
2,3800	8	0,00	0,00	0,00	
2,0000	10	1,00	0,01	0,01	0,99
0,8400	20	0,25	0,00	0,01	0,99
0,4200	40	5,26	0,04	0,05	0,95
0,2500	60	34,58	0,27	0,32	0,68
0,1500	100	0,00	0,00	0,32	
0,0700	200	88,30	0,68	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>129,40</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,096
Diâmetro (d60)	0,229
Coefic. de uniform. (d60/d10)	2,37
Porcentagem silte/argila	78,91%

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

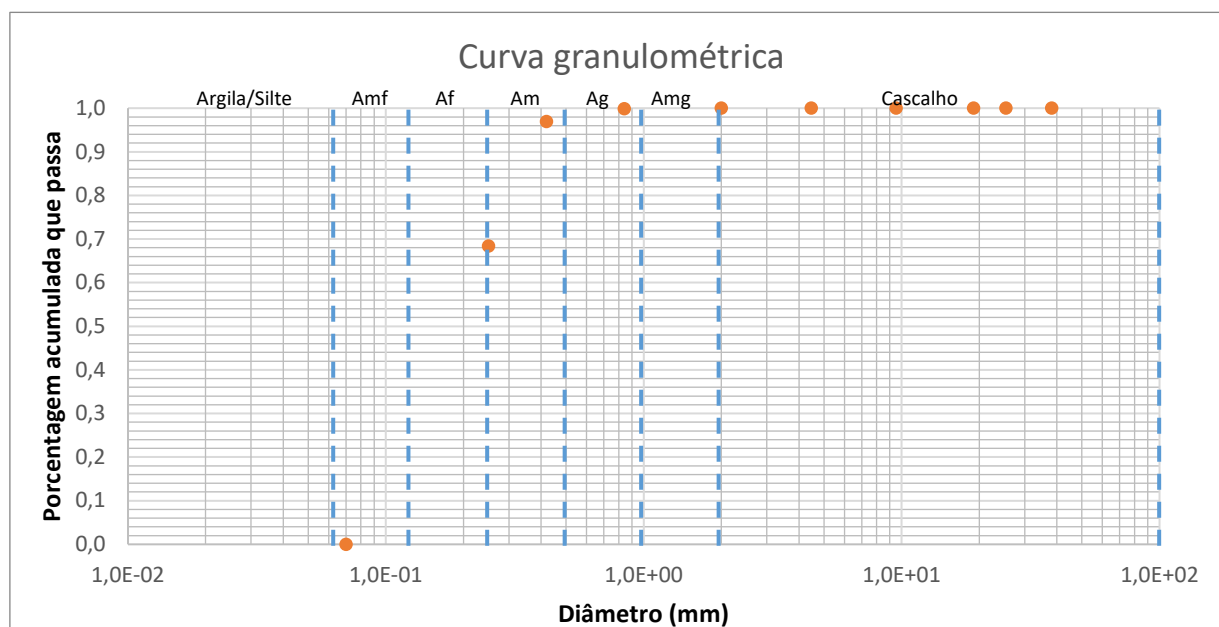
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Santa Izabel do Pará	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Posto (campinho de futebol)	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	33/2018	<b>Profundidade:</b>		<b>Peso inicial (g):</b>	734,61
--------------------	---------	----------------------	--	--------------------------	--------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	0,00	0,00	0,00	1,00
4,460	4	0,00	0,00	0,00	1,00
2,3800	8	0,00	0,00	0,00	
2,0000	10	0,01	0,00	0,00	1,00
0,8400	20	0,20	0,00	0,00	1,00
0,4200	40	4,16	0,03	0,03	0,97
0,2500	60	40,28	0,29	0,32	0,68
0,1500	100	0,00	0,00	0,32	
0,0700	200	96,55	0,68	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>141,20</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,096
Diâmetro (d60)	0,229
Coefic. de uniform. (d60/d10)	2,38
Porcentagem silte/argila	80,78%

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

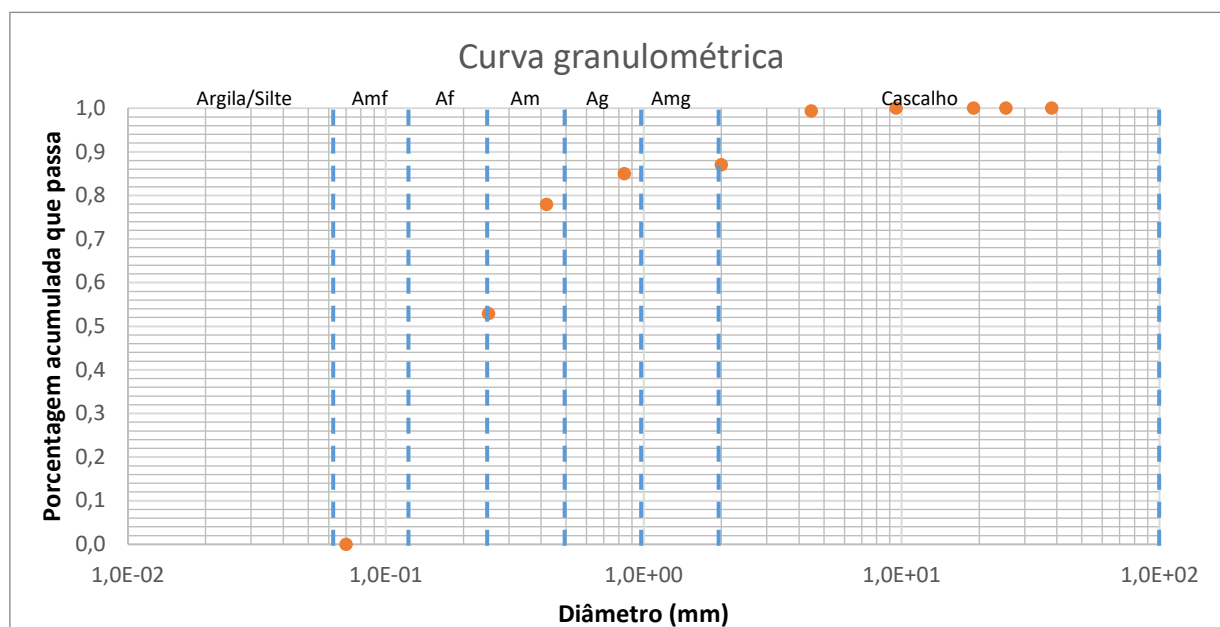
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Benevides	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	SAEBE, Benfica	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	32/2018	<b>Profundidade:</b>		<b>Peso inicial (g):</b>	750,85
--------------------	---------	----------------------	--	--------------------------	--------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	0,01	0,00	0,00	1,00
4,460	4	1,00	0,01	0,01	0,99
2,3800	8	0,00	0,00	0,01	
2,0000	10	20,10	0,12	0,13	0,87
0,8400	20	3,34	0,02	0,15	0,85
0,4200	40	11,48	0,07	0,22	0,78
0,2500	60	40,75	0,25	0,47	0,53
0,1500	100	0,00	0,00	0,47	
0,0700	200	86,20	0,53	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>162,88</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,104
Diâmetro (d60)	0,265
Coefic. de uniform. (d60/d10)	2,55
Porcentagem silte/argila	78,31%

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme



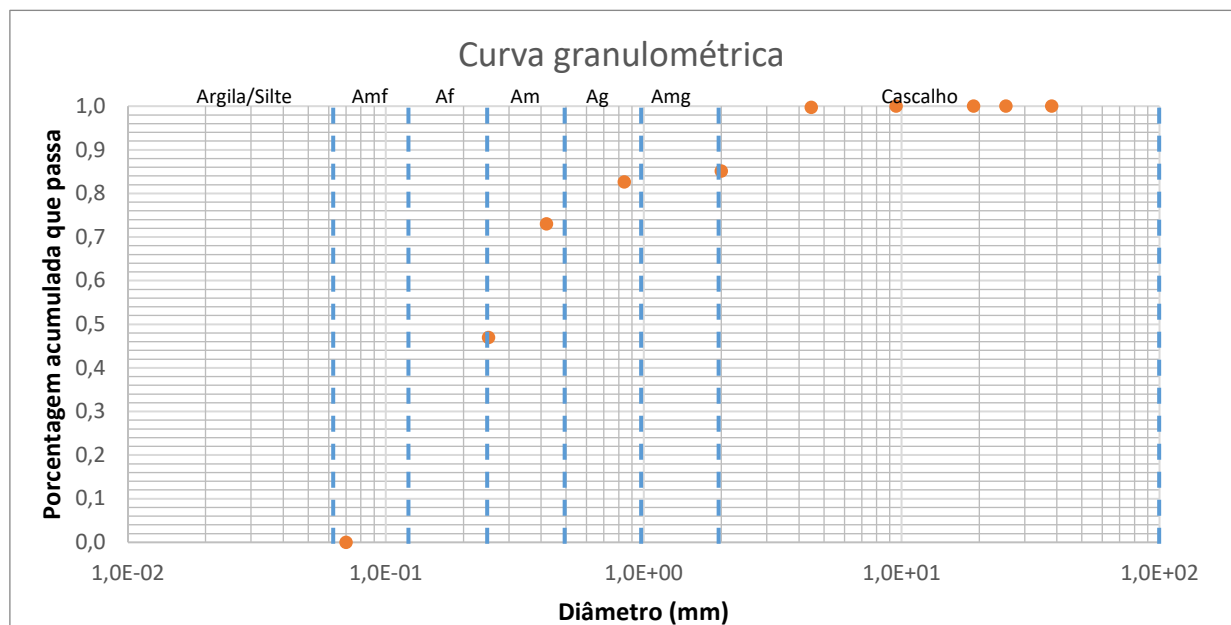
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b> Benevides	<b>Distr. / Bairro:</b>
<b>Endereço:</b> SAEBE, ao lado da escola Sta. Luzia	<b>Nº:</b>
<b>Proprietário:</b>	
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>

#### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b> 31/2018	<b>Profundidade:</b>	<b>Peso inicial (g):</b> 710,55
----------------------------	----------------------	---------------------------------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	0,01	0,00	0,00	1,00
4,460	4	0,50	0,00	0,00	1,00
2,3800	8	0,00	0,00	0,00	
2,0000	10	25,90	0,15	0,15	0,85
0,8400	20	4,43	0,02	0,17	0,83
0,4200	40	16,94	0,10	0,27	0,73
0,2500	60	46,23	0,26	0,53	0,47
0,1500	100	0,00	0,00	0,53	
0,0700	200	83,26	0,47	1,00	0,00
Total		177,27	1,00		



Diâmetro efetivo (d10)	0,108
Diâmetro (d60)	0,463
Coefic. de uniform. (d60/d10)	4,27
Porcentagem silte/argila	75,05%

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

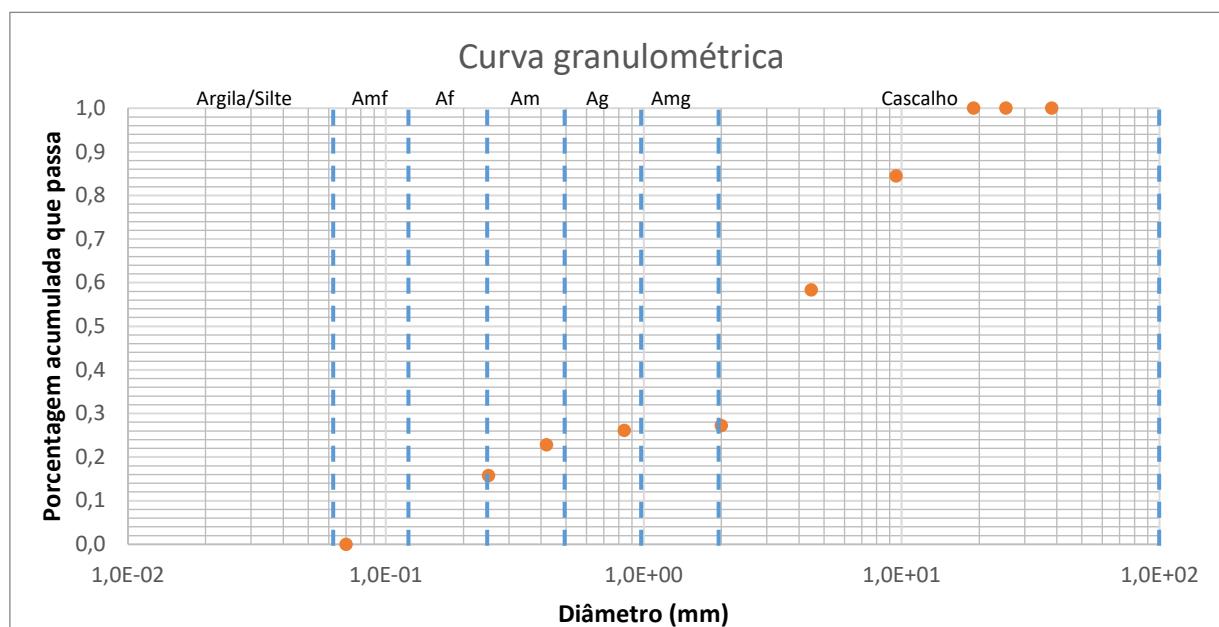
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b> Benevides	<b>Distr. / Bairro:</b>
<b>Endereço:</b> SAEBE, ao lado da escola Sta. Luzia	<b>Nº:</b>
<b>Proprietário:</b>	
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b> 30/2018	<b>Profundidade:</b>	<b>Peso inicial (g):</b> 733,31
----------------------------	----------------------	---------------------------------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,01	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	90,90	0,16	0,16	0,84
4,460	4	153,40	0,26	0,42	0,58
2,3800	8	0,00	0,00	0,42	
2,0000	10	182,40	0,31	0,73	0,27
0,8400	20	6,46	0,01	0,74	0,26
0,4200	40	19,43	0,03	0,77	0,23
0,2500	60	40,92	0,07	0,84	0,16
0,1500	100	0,00	0,00	0,84	
0,0700	200	92,65	0,16	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>586,17</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,184
Diâmetro (d60)	4,848
Coefic. de uniform. (d60/d10)	26,37
Porcentagem silte/argila	20,07%

Coeficiente de uniformidade (Cun)  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

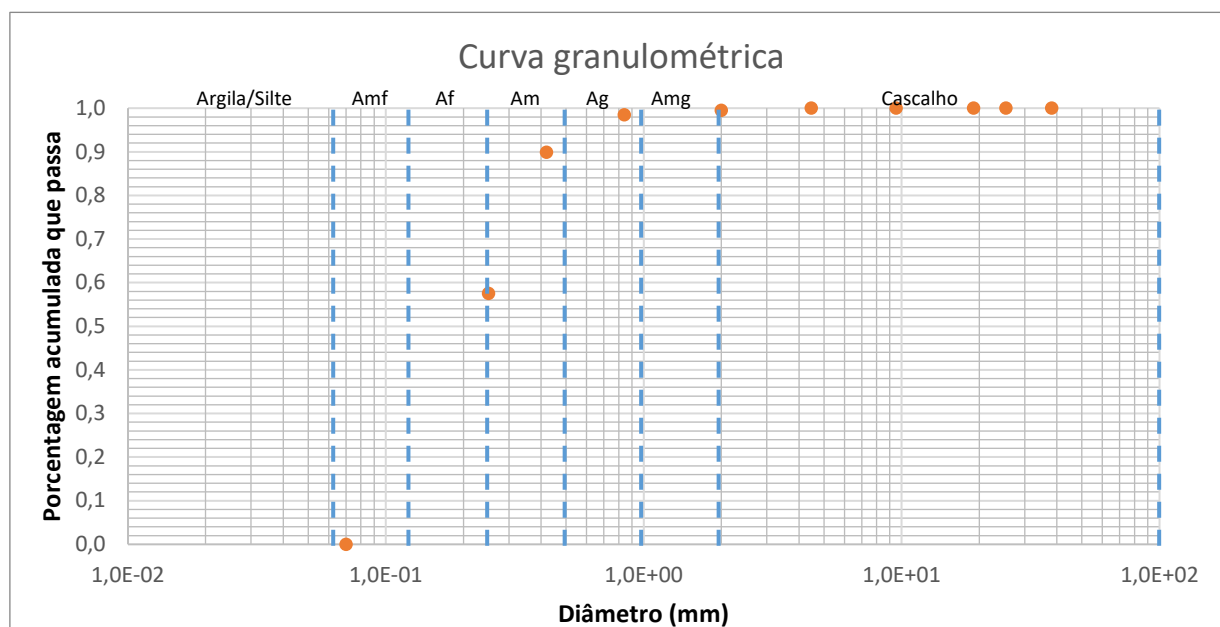
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Santa Bárbara do Pará	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Minha casa, minha vida	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	29/2018	<b>Profundidade:</b>		<b>Peso inicial (g):</b>	721,18
--------------------	---------	----------------------	--	--------------------------	--------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	0,00	0,00	0,00	1,00
4,460	4	0,01	0,00	0,00	1,00
2,3800	8	0,00	0,00	0,00	
2,0000	10	0,85	0,00	0,01	0,99
0,8400	20	1,77	0,01	0,02	0,98
0,4200	40	14,75	0,09	0,10	0,90
0,2500	60	55,38	0,32	0,42	0,58
0,1500	100	0,00	0,00	0,42	
0,0700	200	98,64	0,58	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>171,40</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,101
Diâmetro (d60)	0,169
Coefic. de uniform. (d60/d10)	1,67
Porcentagem silte/argila	76,23%

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme



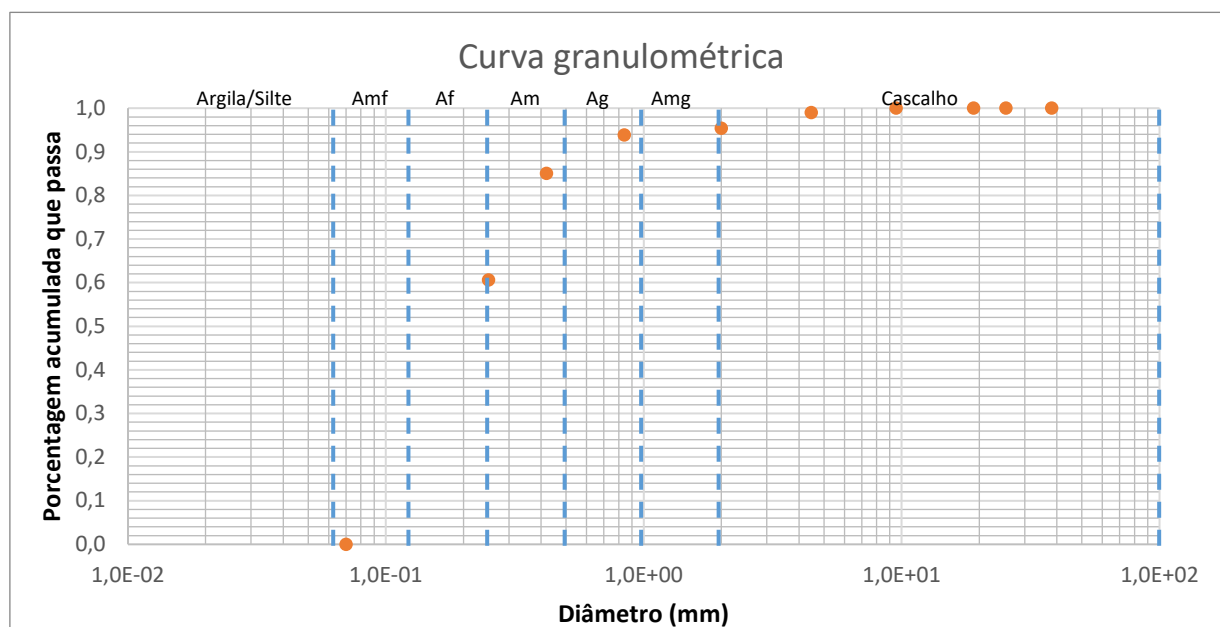
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Santa Bárbara do Pará	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Campo de futebol	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	28/2018	<b>Profundidade:</b>		<b>Peso inicial (g):</b>	591,32
--------------------	---------	----------------------	--	--------------------------	--------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	0,01	0,00	0,00	1,00
4,460	4	1,50	0,01	0,01	0,99
2,3800	8	0,00	0,00	0,01	
2,0000	10	5,30	0,04	0,05	0,95
0,8400	20	2,34	0,02	0,06	0,94
0,4200	40	13,15	0,09	0,15	0,85
0,2500	60	36,39	0,24	0,39	0,61
0,1500	100	0,00	0,00	0,39	
0,0700	200	90,18	0,61	1,00	0,00
Total		148,87	1,00		



Diâmetro efetivo (d10)	0,100
Diâmetro (d60)	0,247
Coefic. de uniform. (d60/d10)	2,48
Porcentagem silte/argila	74,82%

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

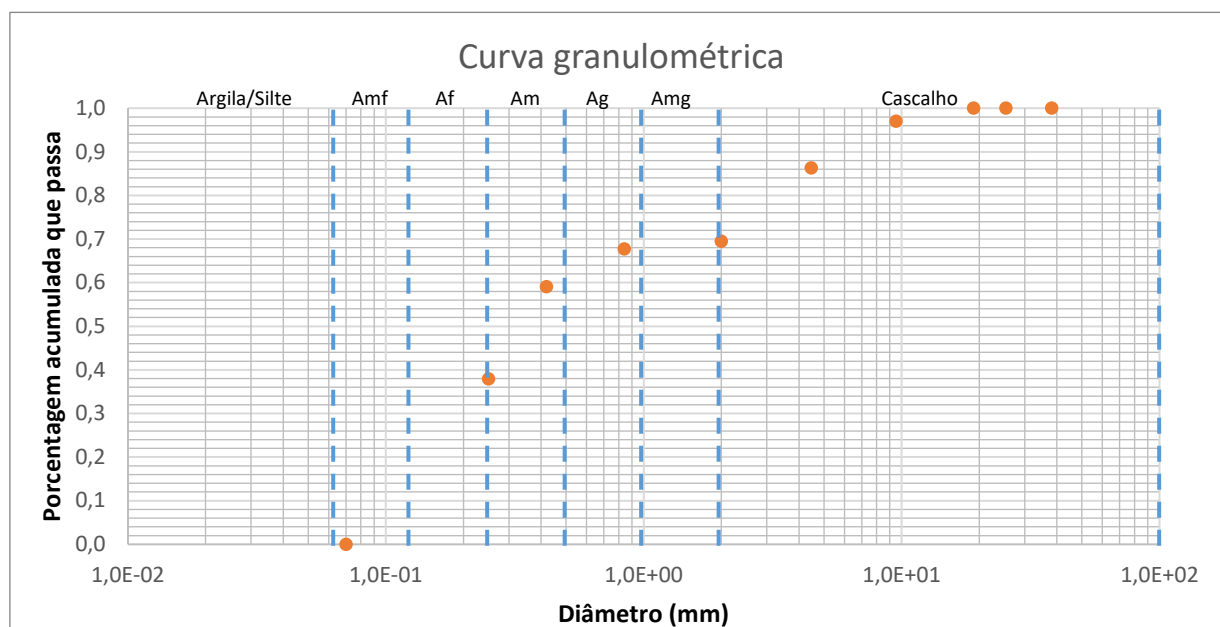
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Santa Bárbara do Pará	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Aterros sanitário	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	27/2018	<b>Profundidade:</b>		<b>Peso inicial (g):</b>	736,38
--------------------	---------	----------------------	--	--------------------------	--------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,01	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	6,90	0,03	0,03	0,97
4,460	4	25,00	0,11	0,14	0,86
2,3800	8	0,00	0,00	0,14	
2,0000	10	39,20	0,17	0,30	0,70
0,8400	20	4,15	0,02	0,32	0,68
0,4200	40	20,17	0,09	0,41	0,59
0,2500	60	49,27	0,21	0,62	0,38
0,1500	100	0,00	0,00	0,62	
0,0700	200	88,48	0,38	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>233,18</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,117
Diâmetro (d60)	0,467
Coefic. de uniform. (d60/d10)	3,97
Porcentagem silte/argila	68,33%

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

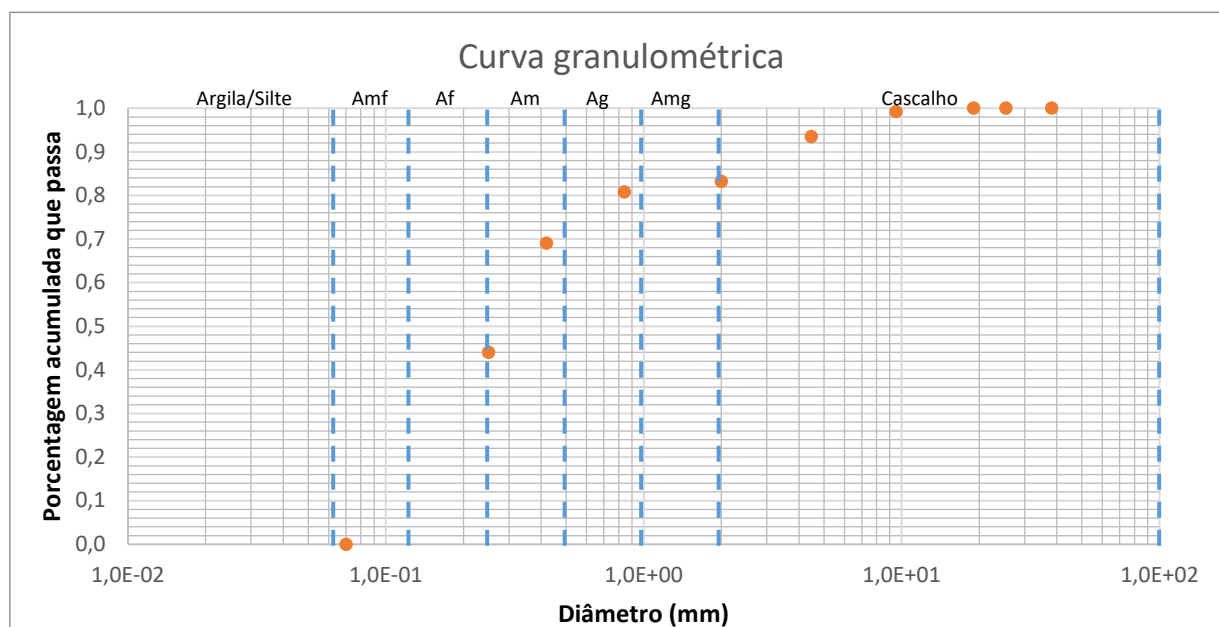
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Belém	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	SAAEB Cosanpa N° 5 Rua Mosqueiro	<b>N°:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	26/2018	<b>Profundidade:</b>		<b>Peso inicial (g):</b>	858,80
--------------------	---------	----------------------	--	--------------------------	--------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,01	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	1,53	0,01	0,01	0,99
4,460	4	10,80	0,06	0,06	0,94
2,3800	8	0,00	0,00	0,06	
2,0000	10	19,65	0,10	0,17	0,83
0,8400	20	4,62	0,02	0,19	0,81
0,4200	40	22,26	0,12	0,31	0,69
0,2500	60	47,74	0,25	0,56	0,44
0,1500	100	0,00	0,00	0,56	
0,0700	200	83,77	0,44	1,00	0,00
Total		190,38	1,00		



Diâmetro efetivo (d10)	0,111
Diâmetro (d60)	0,359
Coefic. de uniform. (d60/d10)	3,24
Porcentagem silte/argila	77,83%

Coeficiente de uniformidade (Cun)  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme



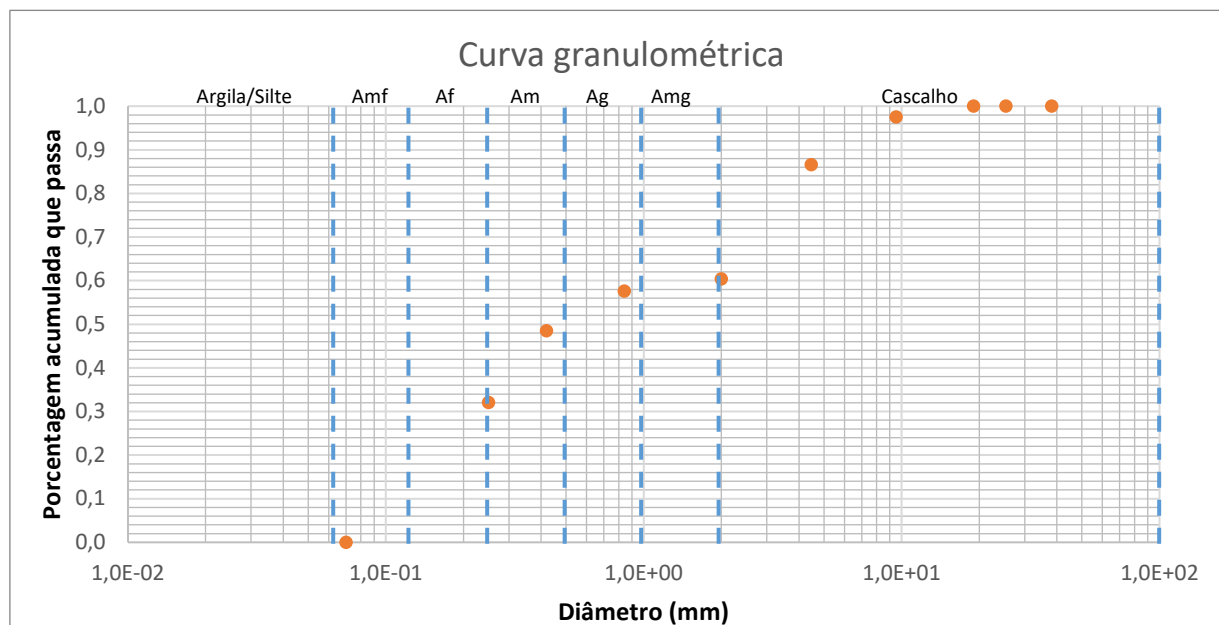
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Belém	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	SAAEB Cosanpa Paracuri II	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	25/2018	<b>Profundidade:</b>	
<b>Peso inicial (g):</b>	858,80		

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,01	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	6,35	0,02	0,02	0,98
4,460	4	28,29	0,11	0,13	0,87
2,3800	8	0,00	0,00	0,13	
2,0000	10	67,70	0,26	0,40	0,60
0,8400	20	7,24	0,03	0,42	0,58
0,4200	40	23,65	0,09	0,52	0,48
0,2500	60	42,32	0,16	0,68	0,32
0,1500	100	0,00	0,00	0,68	
0,0700	200	83,00	0,32	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>258,56</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,126
Diâmetro (d60)	2,000
Coefic. de uniform. (d60/d10)	15,86
Porcentagem silte/argila	69,89%

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

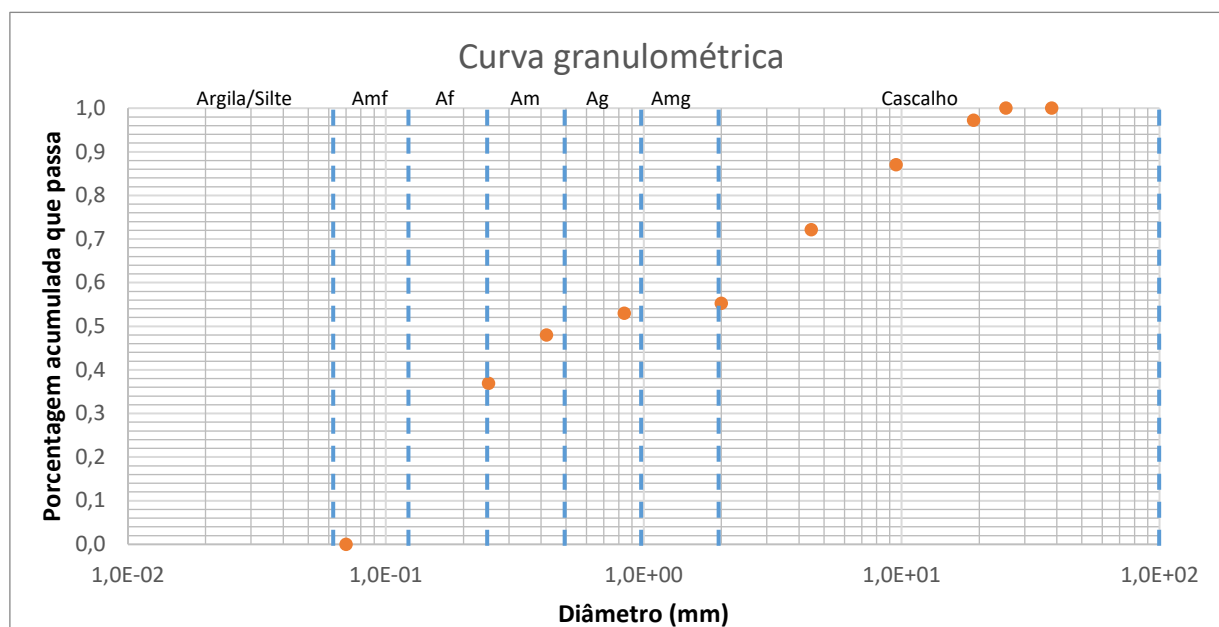
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Município:	Belém	Distr. / Bairro:	
Endereço:	CPRM	Nº:	
Proprietário:			
Data:	Responsável:		

### PENEIRAMENTO

Amostra nº:	24/2018	Profundidade:	Peso inicial (g): 598,65
-------------	---------	---------------	--------------------------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,01	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	5,92	0,03	0,03	0,97
12,70	1/2	0,00	0,00	0,03	
9,51	3/8	21,66	0,10	0,13	0,87
4,460	4	31,64	0,15	0,28	0,72
2,3800	8	0,00	0,00	0,28	
2,0000	10	35,81	0,17	0,45	0,55
0,8400	20	4,88	0,02	0,47	0,53
0,4200	40	10,56	0,05	0,52	0,48
0,2500	60	23,52	0,11	0,63	0,37
0,1500	100	0,00	0,00	0,63	
0,0700	200	78,42	0,37	1,00	0,00
Total		212,42	1,00		



Diâmetro efetivo (d10)	0,119
Diâmetro (d60)	2,724
Coefic. de uniform. (d60/d10)	22,93
Porcentagem silte/argila	64,52%

Coeficiente de uniformidade (Cun)  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

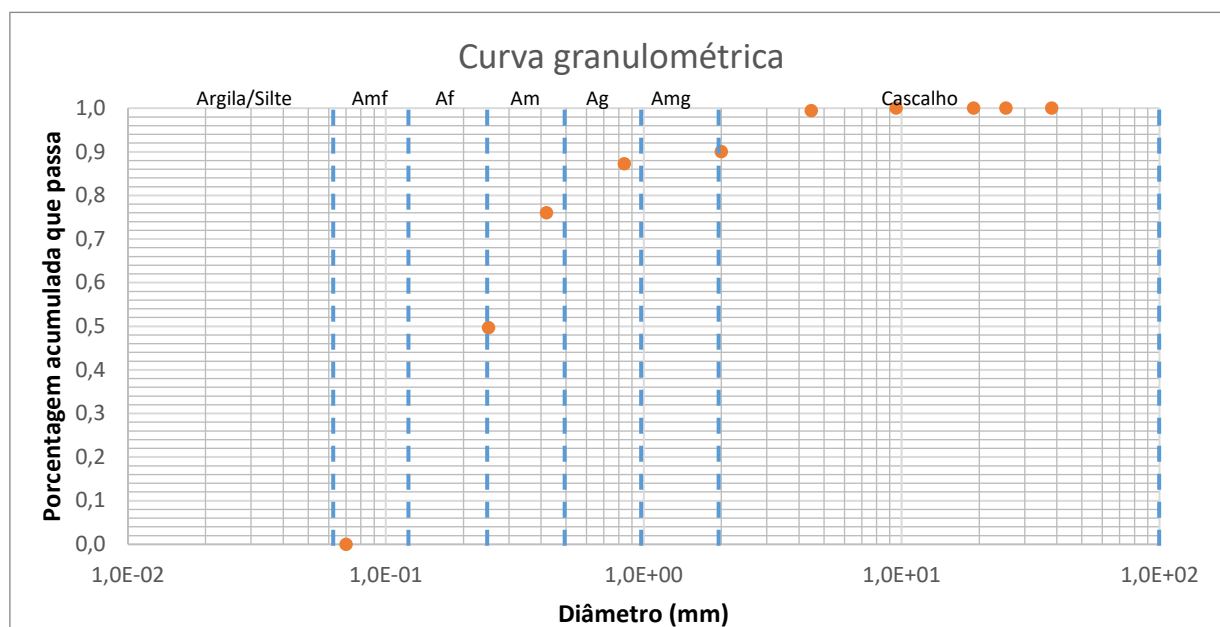
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	<b>Distr. / Bairro:</b>
<b>Endereço:</b> Cosanpa Murubira Mosqueiro	<b>Nº:</b>
<b>Proprietário:</b>	
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b> 23/2018	<b>Profundidade:</b>	<b>Peso inicial (g):</b> 680,50
----------------------------	----------------------	---------------------------------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
9,51	3/8	0,01	0,00	0,00	1,00
4,460	4	0,60	0,01	0,01	0,99
2,3800	8	0,00	0,00	0,01	0,99
2,0000	10	9,80	0,09	0,10	0,90
0,8400	20	2,88	0,03	0,13	0,87
0,4200	40	11,68	0,11	0,24	0,76
0,2500	60	27,53	0,26	0,50	0,50
0,1500	100	0,00	0,00	0,50	0,50
0,0700	200	51,76	0,50	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>104,26</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,106
Diâmetro (d60)	0,315
Coefic. de uniform. (d60/d10)	2,97
Porcentagem silte/argila	84,68%

Coeficiente de uniformidade (Cun)  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme



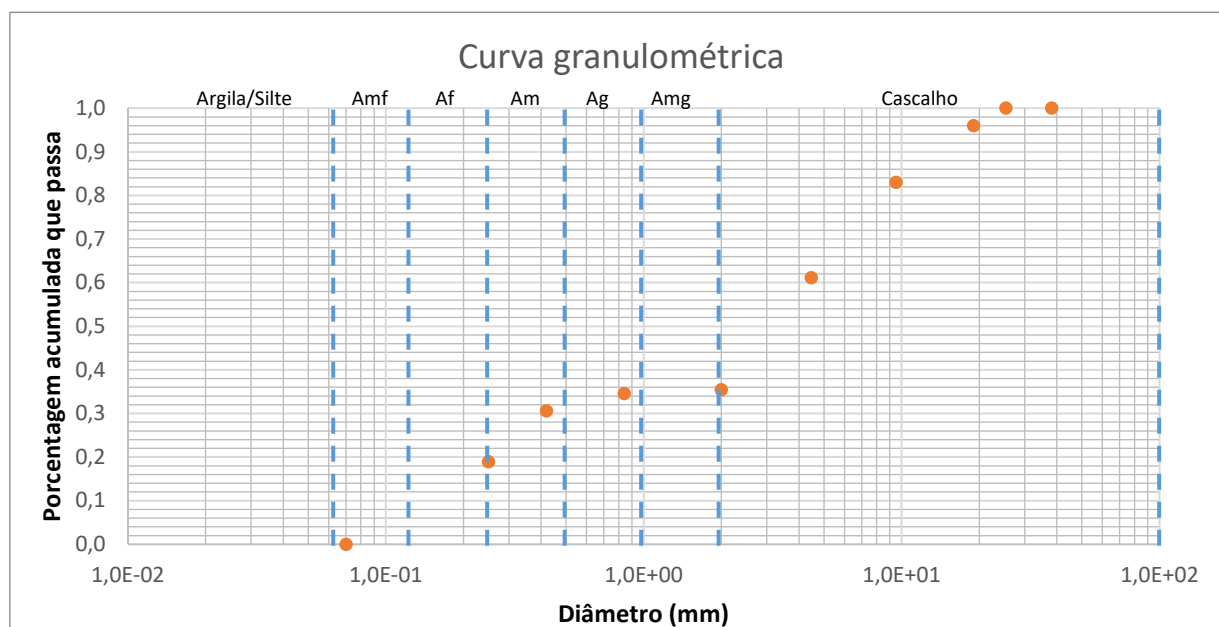
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	<b>Distr. / Bairro:</b>
<b>Endereço:</b> Cosanpa Praia do Bispo Mosqueiro	<b>Nº:</b>
<b>Proprietário:</b>	
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b> 22/2018	<b>Profundidade:</b>	<b>Peso inicial (g):</b> 710,95
----------------------------	----------------------	---------------------------------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,01	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	20,80	0,04	0,04	0,96
12,70	1/2	0,00	0,00	0,04	
9,51	3/8	68,00	0,13	0,17	0,83
4,460	4	114,00	0,22	0,39	0,61
2,3800	8	0,00	0,00	0,39	
2,0000	10	133,70	0,26	0,65	0,35
0,8400	20	4,68	0,01	0,65	0,35
0,4200	40	20,77	0,04	0,69	0,31
0,2500	60	60,90	0,12	0,81	0,19
0,1500	100	0,00	0,00	0,81	
0,0700	200	98,58	0,19	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>521,44</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,165
Diâmetro (d60)	4,365
Coefic. de uniform. (d60/d10)	26,42
Porcentagem silte/argila	26,66%

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

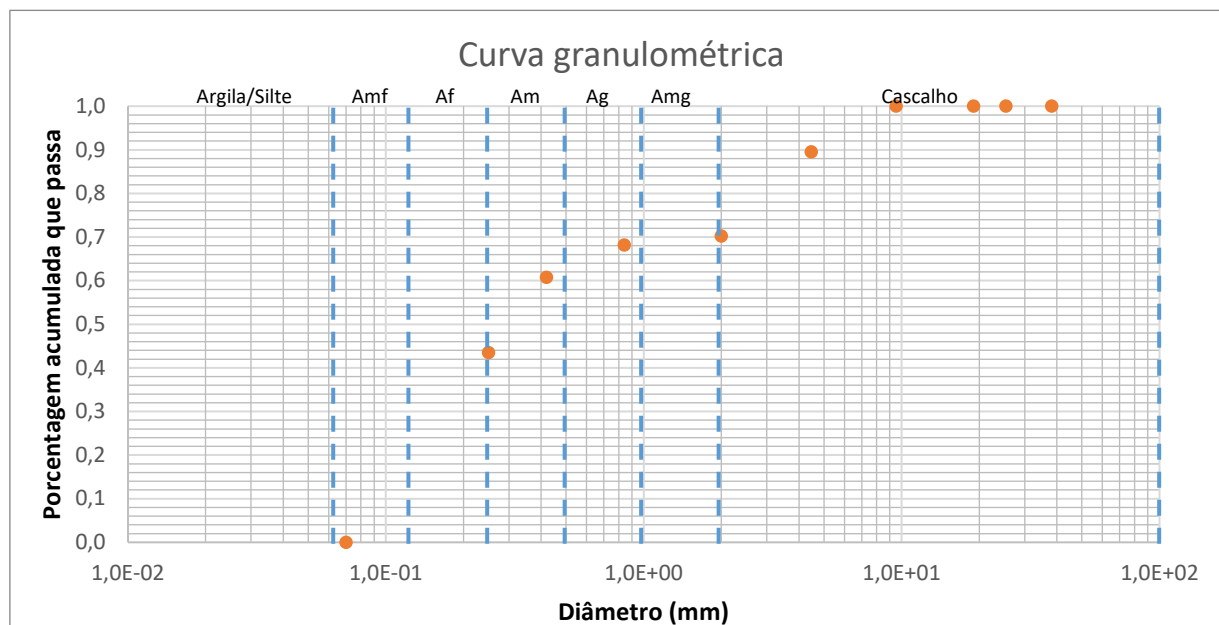
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	<b>Distr. / Bairro:</b>
<b>Endereço:</b> SAAEB/Cosanpa Outeiro Água Boa	<b>Nº:</b>
<b>Proprietário:</b>	
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b> 21/2018	<b>Profundidade:</b>	<b>Peso inicial (g):</b> 796,71
----------------------------	----------------------	---------------------------------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
9,51	3/8	0,01	0,00	0,00	1,00
4,460	4	18,50	0,10	0,10	0,90
2,3800	8	0,00	0,00	0,10	0,90
2,0000	10	34,00	0,19	0,30	0,70
0,8400	20	3,64	0,02	0,32	0,68
0,4200	40	13,15	0,07	0,39	0,61
0,2500	60	30,35	0,17	0,56	0,44
0,1500	100	0,00	0,00	0,56	0,44
0,0700	200	76,83	0,44	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>176,48</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,111
Diâmetro (d60)	0,410
Coefic. de uniform. (d60/d10)	3,68
Porcentagem silte/argila	77,85%

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

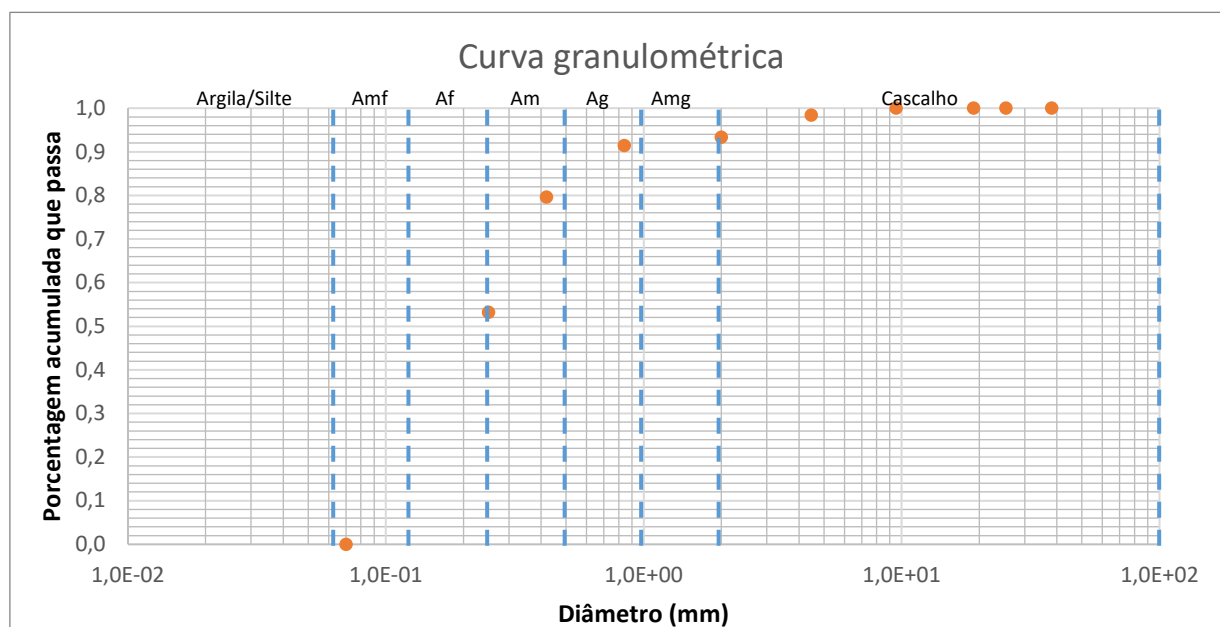
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	<b>Distr. / Bairro:</b>
<b>Endereço:</b> SAAEB/Cosanpa Outeiro	<b>Nº:</b>
<b>Proprietário:</b>	
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b> 20/2018	<b>Profundidade:</b>	<b>Peso inicial (g):</b> 697,28
----------------------------	----------------------	---------------------------------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
9,51	3/8	0,01	0,00	0,00	1,00
4,460	4	2,60	0,02	0,02	0,98
2,3800	8	0,00	0,00	0,02	0,98
2,0000	10	8,10	0,05	0,07	0,93
0,8400	20	3,05	0,02	0,09	0,91
0,4200	40	19,10	0,12	0,20	0,80
0,2500	60	42,63	0,26	0,47	0,53
0,1500	100	0,00	0,00	0,47	0,53
0,0700	200	85,70	0,53	1,00	0,00
Total		161,19	1,00		



Diâmetro efetivo (d10)	0,104
Diâmetro (d60)	0,294
Coefic. de uniform. (d60/d10)	2,83
Porcentagem silte/argila	76,88%

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme



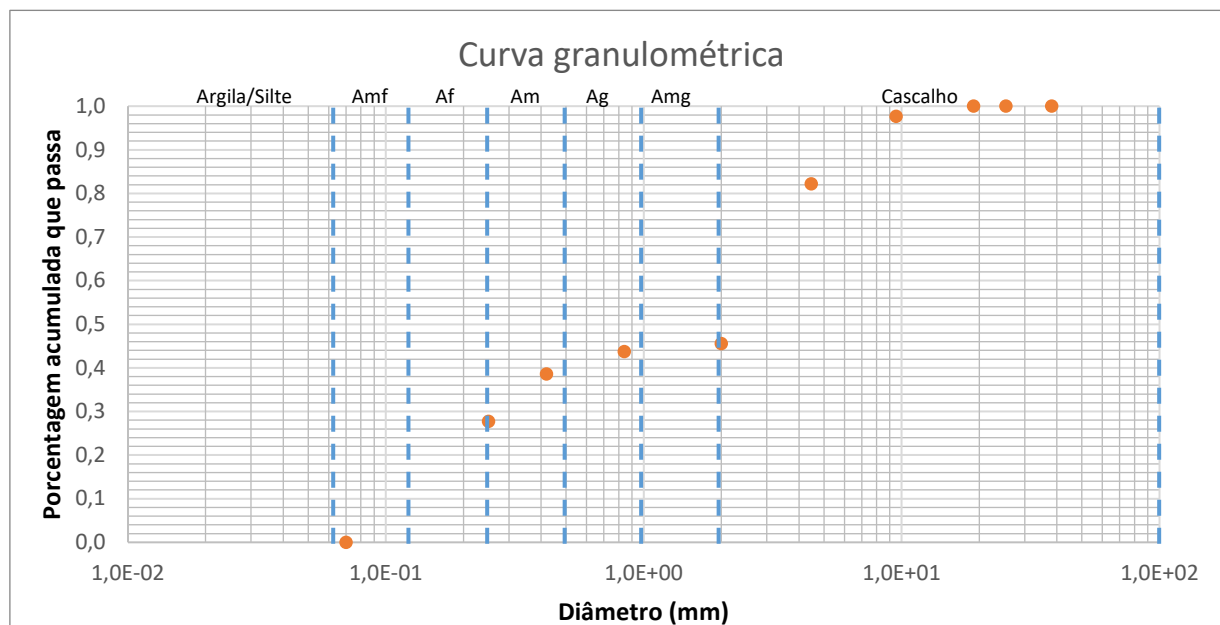
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Benevides	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Escola Alice Fanjas	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	19/2018	<b>Profundidade:</b>	
<b>Peso inicial (g):</b>	737,80		

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,01	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	5,60	0,02	0,02	0,98
4,460	4	37,10	0,15	0,18	0,82
2,3800	8	0,00	0,00	0,18	
2,0000	10	87,80	0,37	0,54	0,46
0,8400	20	4,47	0,02	0,56	0,44
0,4200	40	12,40	0,05	0,61	0,39
0,2500	60	26,06	0,11	0,72	0,28
0,1500	100	0,00	0,00	0,72	
0,0700	200	66,45	0,28	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>239,89</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,135
Diâmetro (d60)	2,957
Coefic. de uniform. (d60/d10)	21,90

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

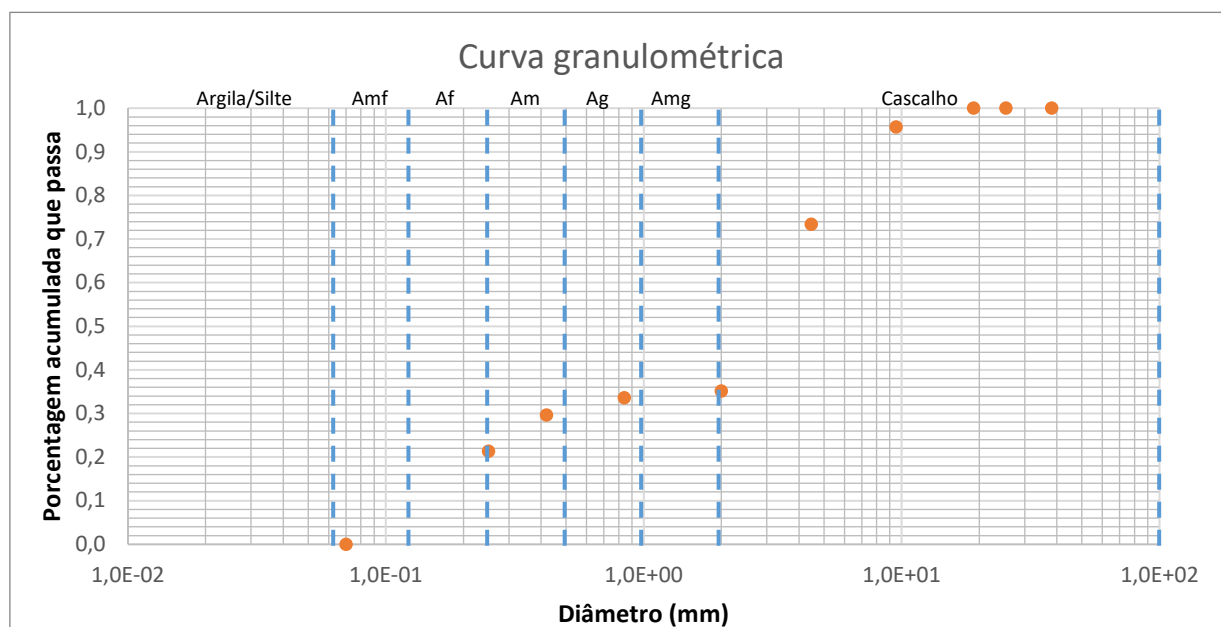
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Benevides	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Escola Alice Fanjas	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	18/2018	<b>Profundidade:</b>	
		<b>Peso inicial (g):</b>	721,24

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,01	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	13,00	0,04	0,04	0,96
4,460	4	67,15	0,22	0,27	0,73
2,3800	8	0,00	0,00	0,27	
2,0000	10	115,50	0,38	0,65	0,35
0,8400	20	4,45	0,01	0,66	0,34
0,4200	40	11,95	0,04	0,70	0,30
0,2500	60	25,20	0,08	0,79	0,21
0,1500	100	0,00	0,00	0,79	
0,0700	200	64,29	0,21	1,00	0,00
Total		301,55	1,00		



Diâmetro efetivo (d10) 0,154

Diâmetro (d60) 3,618

Coefic. de uniform. (d60/d10) 23,43

Coeficiente de uniformidade (Cun)

Cun < 5 muito uniforme

Cun < 5 < 15 medianamente uniforme

Cun > 15 não uniforme

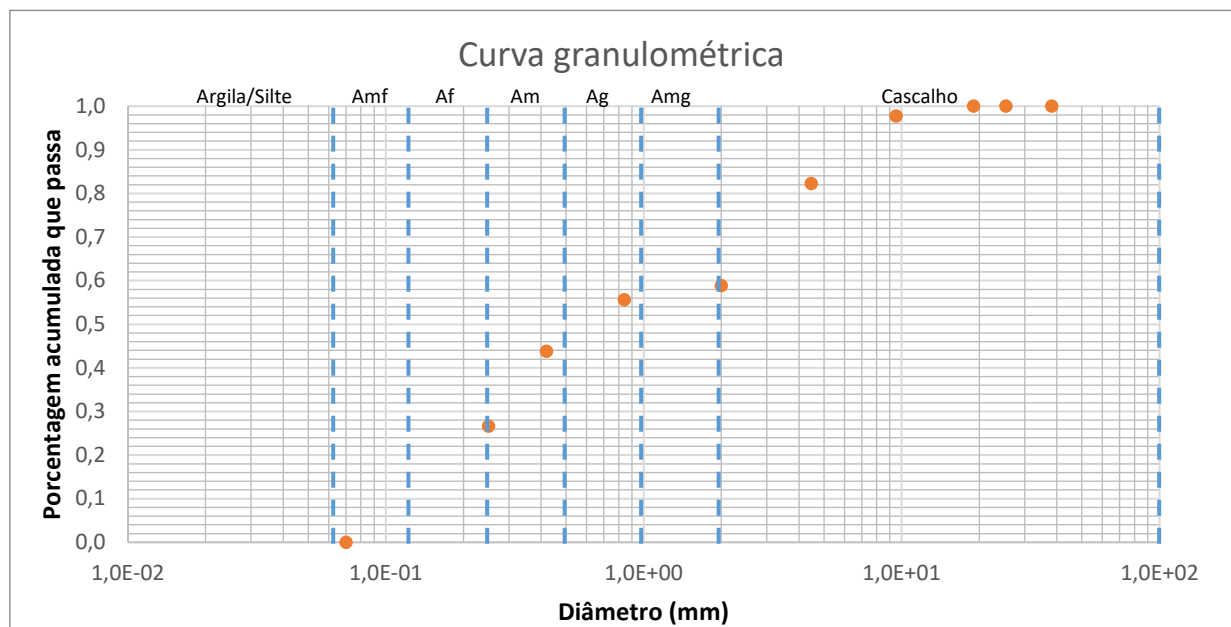
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Belém	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	SAEEB - Cosanpa	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	17/2018	<b>Profundidade:</b>	<b>Peso inicial (g):</b> 792,78
--------------------	---------	----------------------	---------------------------------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,01	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	6,52	0,02	0,02	0,98
4,460	4	45,45	0,16	0,18	0,82
2,3800	8	0,00	0,00	0,18	
2,0000	10	68,45	0,23	0,41	0,59
0,8400	20	9,39	0,03	0,44	0,56
0,4200	40	34,70	0,12	0,56	0,44
0,2500	60	50,13	0,17	0,73	0,27
0,1500	100	0,00	0,00	0,73	
0,0700	200	78,06	0,27	1,00	0,00
Total		292,71	1,00		



Diâmetro efetivo (d10) 0,137

Diâmetro (d60) 2,107

Coefic. de uniform. (d60/d10) 15,32

Coeficiente de uniformidade (Cun)

Cun < 5 muito uniforme

Cun < 5 < 15 medianamente uniforme

Cun > 15 não uniforme

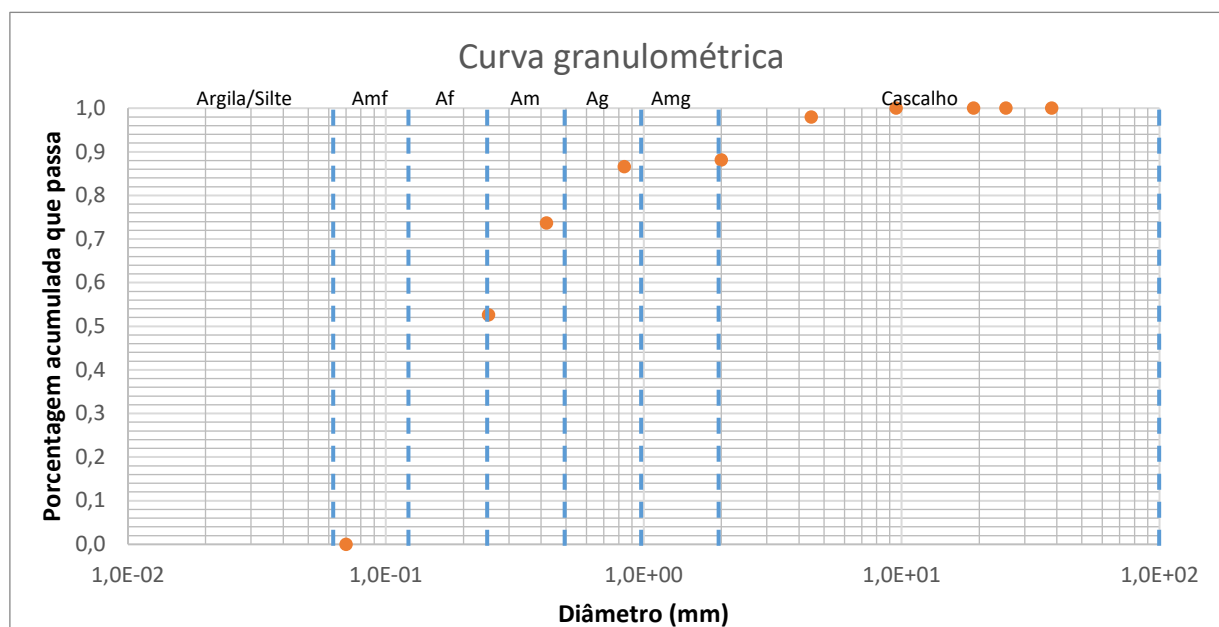
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Belém	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Bosque Rodrigues Alves	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	13/2018	<b>Profundidade:</b>		<b>Peso inicial (g):</b>	740,00
--------------------	---------	----------------------	--	--------------------------	--------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	0,01	0,00	0,00	1,00
4,460	4	2,60	0,02	0,02	0,98
2,3800	8	0,00	0,00	0,02	
2,0000	10	12,80	0,10	0,12	0,88
0,8400	20	2,00	0,02	0,13	0,87
0,4200	40	16,80	0,13	0,26	0,74
0,2500	60	27,45	0,21	0,47	0,53
0,1500	100	0,00	0,00	0,47	
0,0700	200	68,45	0,53	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>130,11</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10) 0,104

Diâmetro (d60) 0,307

Coefic. de uniform. (d60/d10) 2,94

Coeficiente de uniformidade (Cun)

Cun < 5 muito uniforme

Cun < 5 < 15 medianamente uniforme

Cun > 15 não uniforme



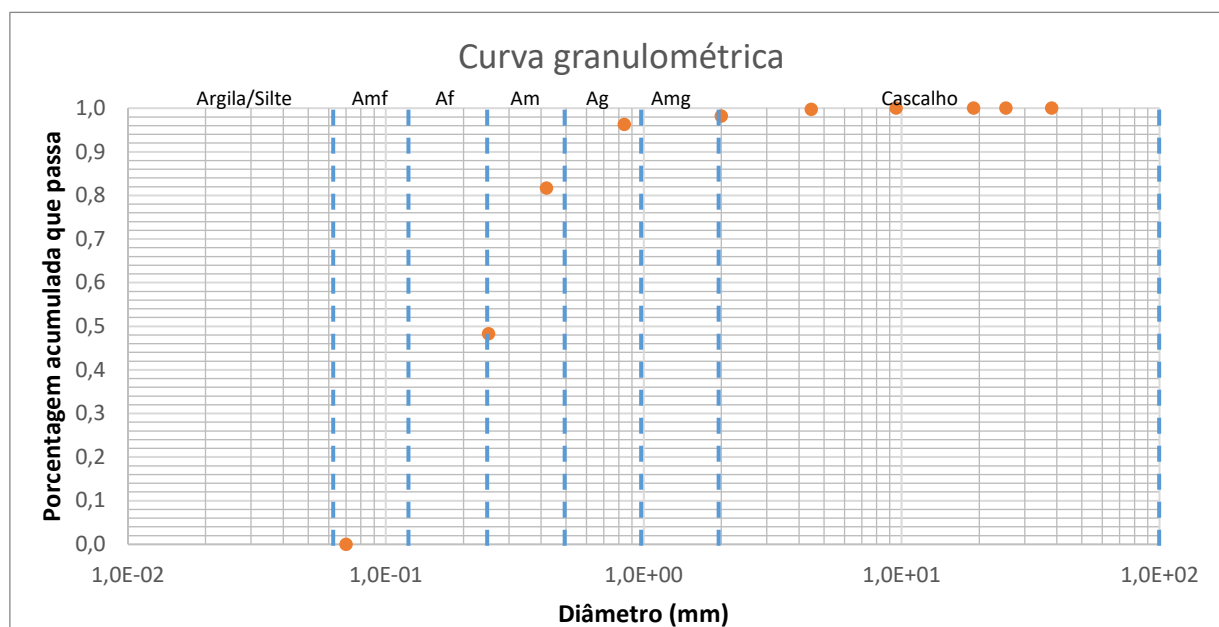
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Belém	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Museu Paraense E. Goeldi	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	12/2018	<b>Profundidade:</b>		<b>Peso inicial (g):</b>	620,37
--------------------	---------	----------------------	--	--------------------------	--------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	0,01	0,00	0,00	1,00
4,460	4	0,60	0,00	0,00	1,00
2,3800	8	0,00	0,00	0,00	
2,0000	10	3,00	0,01	0,02	0,98
0,8400	20	3,83	0,02	0,04	0,96
0,4200	40	29,36	0,15	0,18	0,82
0,2500	60	66,96	0,33	0,52	0,48
0,1500	100	0,00	0,00	0,52	
0,0700	200	97,00	0,48	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>200,76</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,107
Diâmetro (d60)	0,310
Coefic. de uniform. (d60/d10)	2,89

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

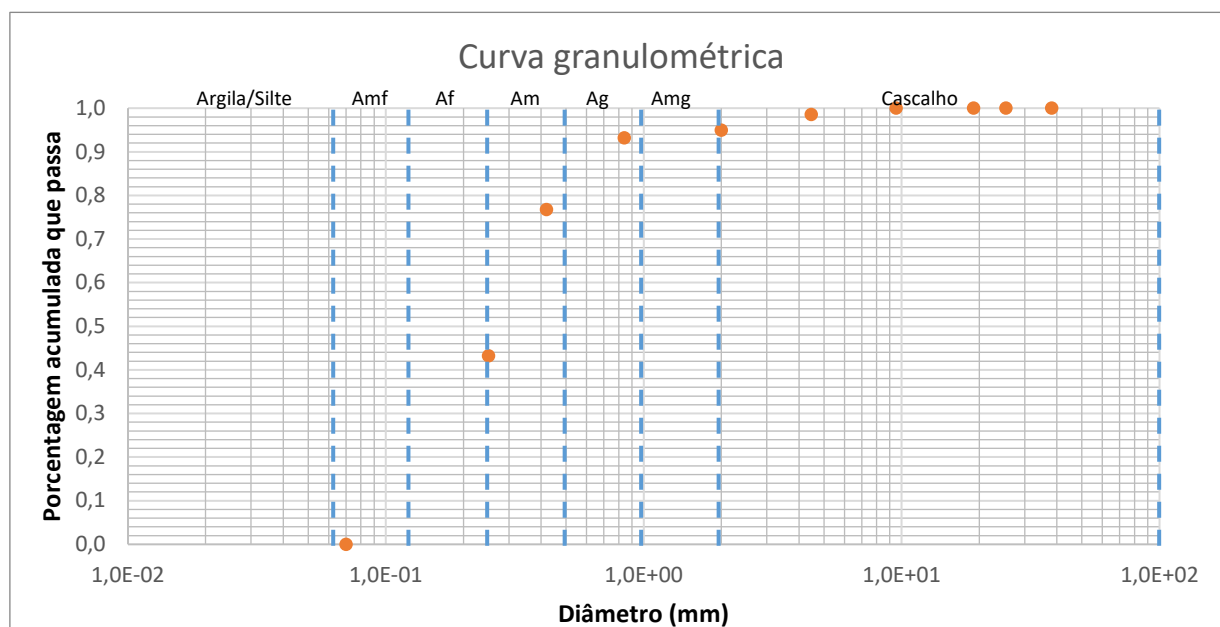
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Belém	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	UFBA geociências	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	11/2018	<b>Profundidade:</b>	
<b>Peso inicial (g):</b>		703,48	

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	0,01	0,00	0,00	1,00
4,460	4	3,30	0,01	0,01	0,99
2,3800	8	0,00	0,00	0,01	
2,0000	10	8,40	0,04	0,05	0,95
0,8400	20	4,15	0,02	0,07	0,93
0,4200	40	38,14	0,16	0,23	0,77
0,2500	60	77,66	0,33	0,57	0,43
0,1500	100	0,00	0,00	0,57	
0,0700	200	100,36	0,43	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>232,02</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,112
Diâmetro (d60)	0,335
Coefic. de uniform. (d60/d10)	3,00

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

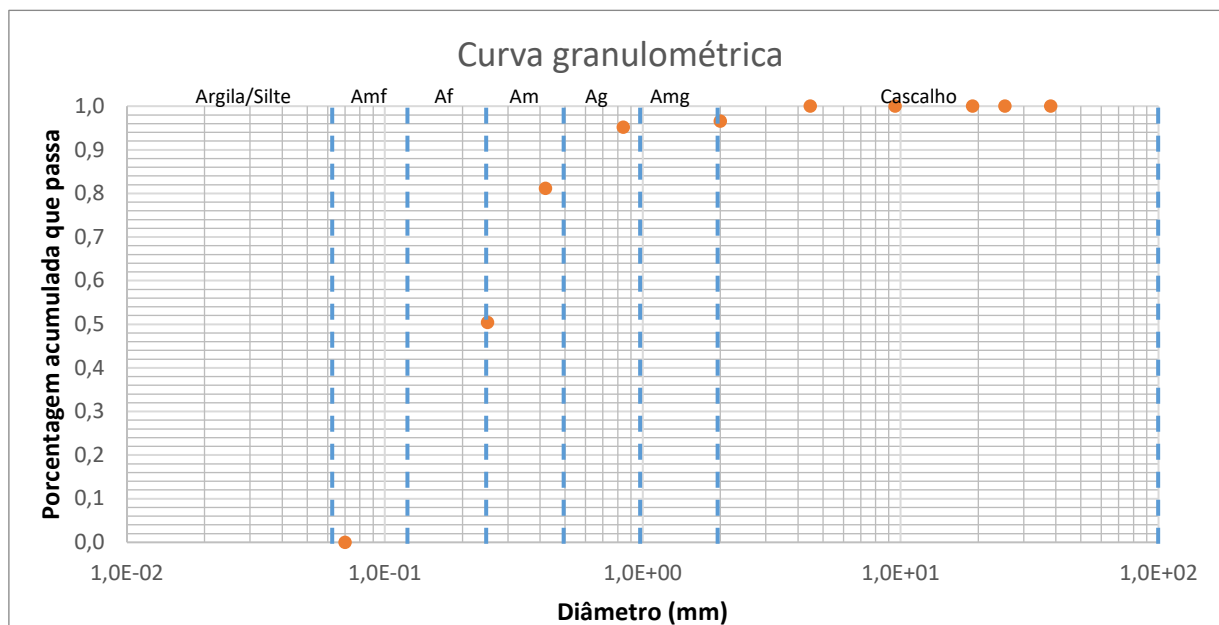
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Belém	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	UFBA geociências	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	10/2018	<b>Profundidade:</b>		<b>Peso inicial (g):</b>	742,21
--------------------	---------	----------------------	--	--------------------------	--------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	0,00	0,00	0,00	1,00
4,460	4	0,01	0,00	0,00	1,00
2,3800	8	0,00	0,00	0,00	
2,0000	10	5,80	0,03	0,03	0,97
0,8400	20	2,29	0,01	0,05	0,95
0,4200	40	23,60	0,14	0,19	0,81
0,2500	60	51,68	0,31	0,50	0,50
0,1500	100	0,00	0,00	0,50	
0,0700	200	84,70	0,50	1,00	0,00
Total		168,08	1,00		



Diâmetro efetivo (d10) 0,106

Diâmetro (d60) 0,305

Coefic. de uniform. (d60/d10) 2,88

Coeficiente de uniformidade (Cun)

Cun < 5 muito uniforme

Cun < 5 < 15 medianamente uniforme

Cun > 15 não uniforme

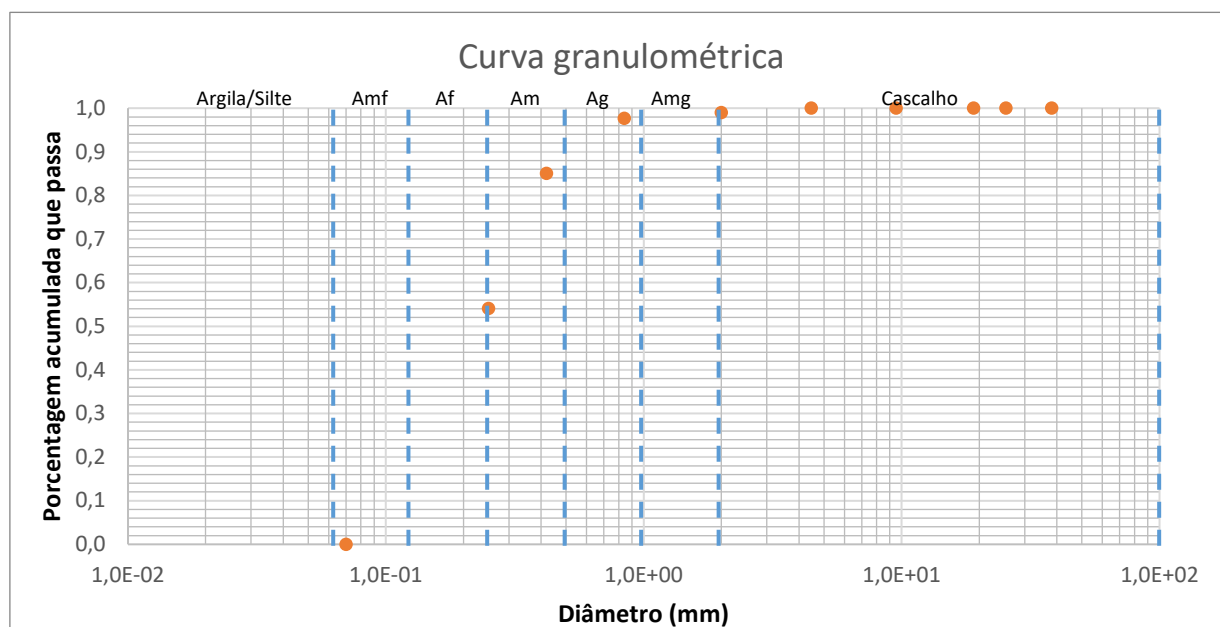
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Belém	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	UFBA em frente à biblioteca	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	09/2018	<b>Profundidade:</b>		<b>Peso inicial (g):</b>	777,93
--------------------	---------	----------------------	--	--------------------------	--------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	0,00	0,00	0,00	1,00
4,460	4	0,01	0,00	0,00	1,00
2,3800	8	0,00	0,00	0,00	
2,0000	10	1,60	0,01	0,01	0,99
0,8400	20	2,07	0,01	0,02	0,98
0,4200	40	20,06	0,13	0,15	0,85
0,2500	60	49,04	0,31	0,46	0,54
0,1500	100	0,00	0,00	0,46	
0,0700	200	85,82	0,54	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>158,60</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,103
Diâmetro (d60)	0,283
Coefic. de uniform. (d60/d10)	2,74

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme



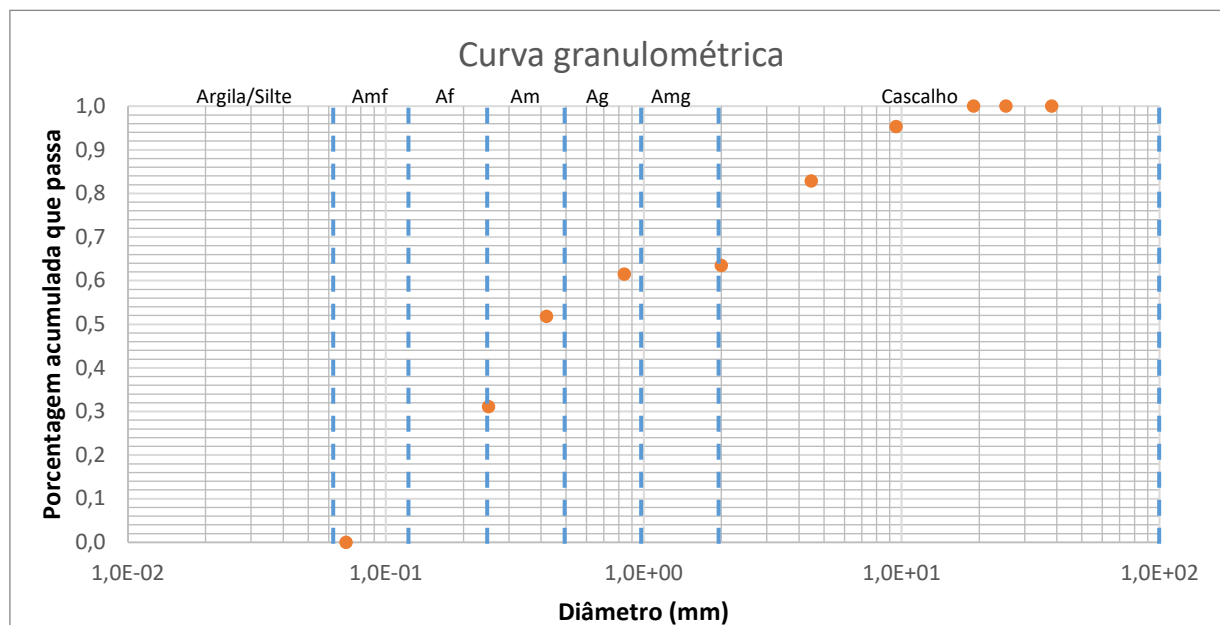
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Belém	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Cremação	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	08/2018	<b>Profundidade:</b>	
<b>Peso inicial (g):</b>	686,40		

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,01	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	15,10	0,05	0,05	0,95
4,460	4	40,25	0,12	0,17	0,83
2,3800	8	0,00	0,00	0,17	
2,0000	10	62,45	0,19	0,37	0,63
0,8400	20	6,38	0,02	0,39	0,61
0,4200	40	31,30	0,10	0,48	0,52
0,2500	60	66,74	0,21	0,69	0,31
0,1500	100	0,00	0,00	0,69	
0,0700	200	100,22	0,31	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>322,45</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10) 0,128

Diâmetro (d60) 0,793

Coefic. de uniform. (d60/d10) 6,20

Coeficiente de uniformidade (Cun)

Cun < 5 muito uniforme

Cun < 5 < 15 medianamente uniforme

Cun > 15 não uniforme

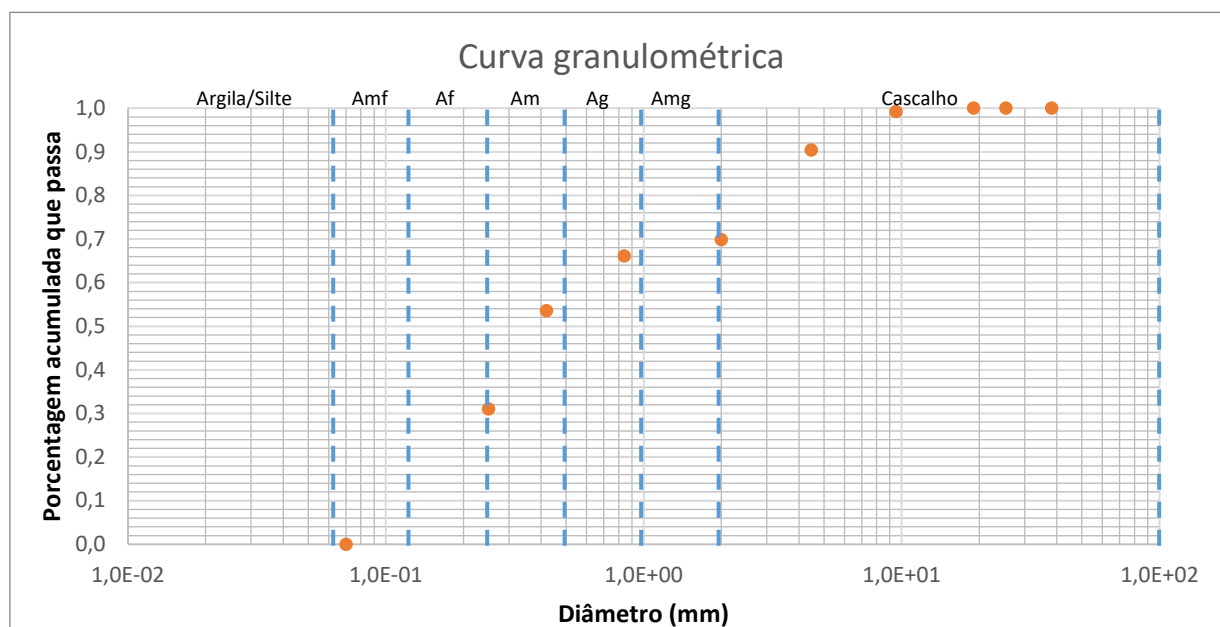
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Belém	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Cosanpa 8º Setor	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	07/2018	<b>Profundidade:</b>	
<b>Peso inicial (g):</b>	689,37		

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,01	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	2,40	0,01	0,01	0,99
4,460	4	28,20	0,09	0,10	0,90
2,3800	8	0,00	0,00	0,10	
2,0000	10	66,00	0,21	0,30	0,70
0,8400	20	11,78	0,04	0,34	0,66
0,4200	40	40,16	0,13	0,46	0,54
0,2500	60	72,21	0,23	0,69	0,31
0,1500	100	0,00	0,00	0,69	
0,0700	200	99,40	0,31	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>320,16</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,128
Diâmetro (d60)	0,630
Coefic. de uniform. (d60/d10)	4,92

Coeficiente de uniformidade (Cun)  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

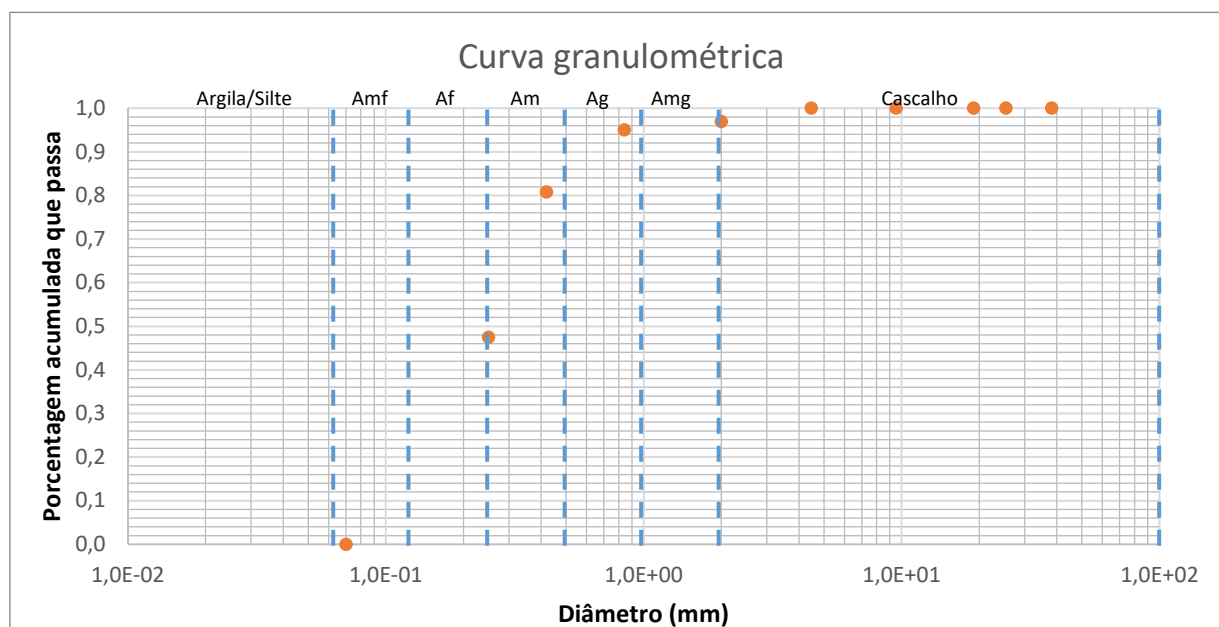
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Belém	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Praça Batista Campos	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	06/2018	<b>Profundidade:</b>	
<b>Peso inicial (g):</b>	622,44		

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	0,00	0,00	0,00	1,00
4,460	4	0,01	0,00	0,00	1,00
2,3800	8	0,00	0,00	0,00	
2,0000	10	6,20	0,03	0,03	0,97
0,8400	20	3,87	0,02	0,05	0,95
0,4200	40	28,64	0,14	0,19	0,81
0,2500	60	67,25	0,33	0,53	0,47
0,1500	100	0,00	0,00	0,53	
0,0700	200	95,87	0,47	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>201,84</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,108
Diâmetro (d60)	0,315
Coefic. de uniform. (d60/d10)	2,92

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

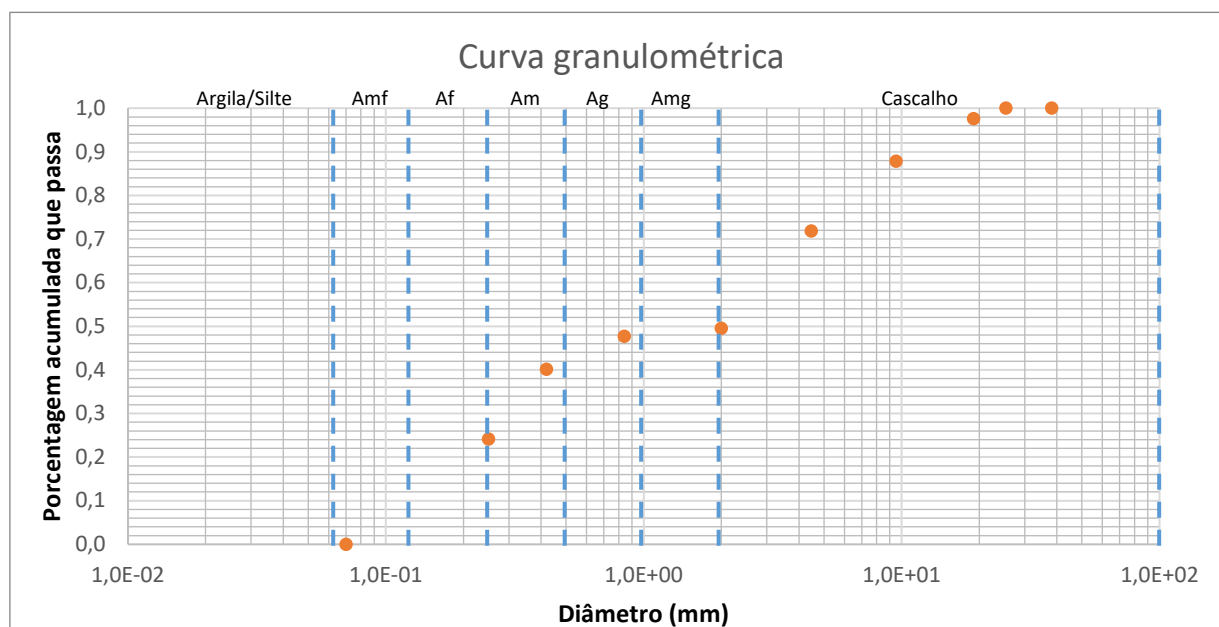
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Belém	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Bosque Rodrigues Alves	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	05/2018	<b>Profundidade:</b>	
<b>Peso inicial (g):</b>	721,88		

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,01	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	10,20	0,02	0,02	0,98
12,70	1/2	0,00	0,00	0,02	
9,51	3/8	40,80	0,10	0,12	0,88
4,460	4	67,10	0,16	0,28	0,72
2,3800	8	0,00	0,00	0,28	
2,0000	10	93,50	0,22	0,50	0,50
0,8400	20	7,65	0,02	0,52	0,48
0,4200	40	31,78	0,08	0,60	0,40
0,2500	60	66,84	0,16	0,76	0,24
0,1500	100	0,00	0,00	0,76	
0,0700	200	101,29	0,24	1,00	0,00
Total		419,17	1,00		



Diâmetro efetivo (d10)	0,144
Diâmetro (d60)	3,156
Coefic. de uniform. (d60/d10)	21,84

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme



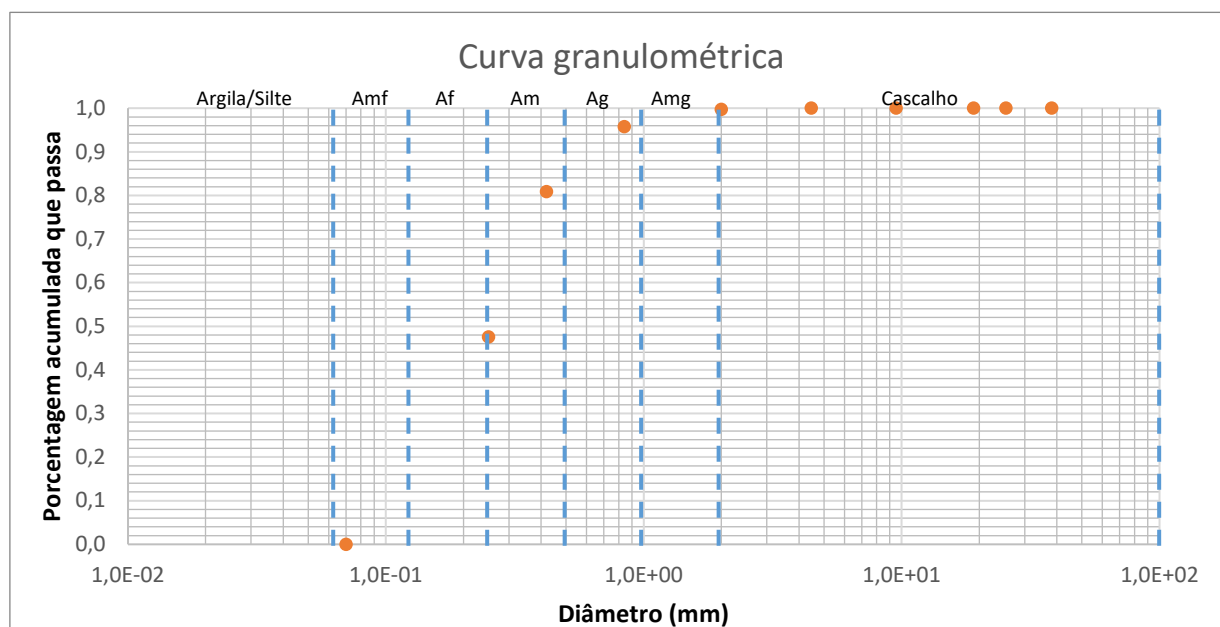
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Belém	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Praça da República	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	04/2018	<b>Profundidade:</b>	
<b>Peso inicial (g):</b>	711,61		

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	0,00	0,00	0,00	1,00
4,460	4	0,01	0,00	0,00	1,00
2,3800	8	0,00	0,00	0,00	
2,0000	10	0,50	0,00	0,00	1,00
0,8400	20	7,74	0,04	0,04	0,96
0,4200	40	28,88	0,15	0,19	0,81
0,2500	60	64,80	0,33	0,52	0,48
0,1500	100	0,00	0,00	0,52	
0,0700	200	92,32	0,48	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>194,25</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,108
Diâmetro (d60)	0,312
Coefic. de uniform. (d60/d10)	2,89

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

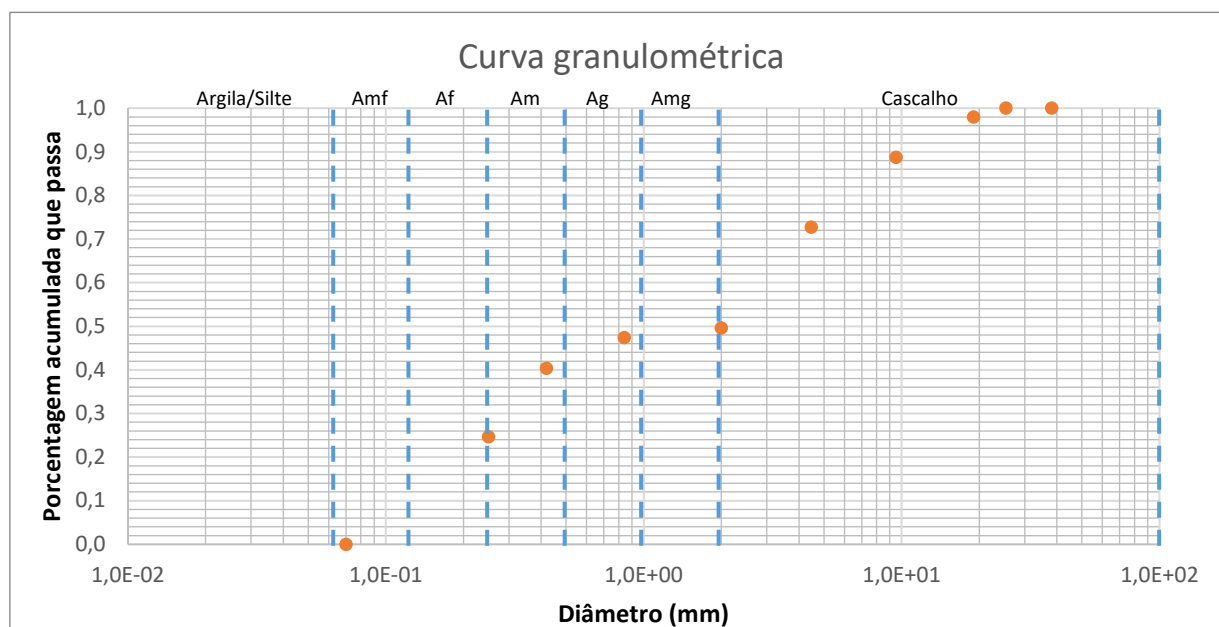
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Belém	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Praça D. Pedro	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	03/2018	<b>Profundidade:</b>	
<b>Peso inicial (g):</b>	703,01		

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,01	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	7,40	0,02	0,02	0,98
12,70	1/2	0,00	0,00	0,02	
9,51	3/8	33,96	0,09	0,11	0,89
4,460	4	58,40	0,16	0,27	0,73
2,3800	8	0,00	0,00	0,27	
2,0000	10	84,40	0,23	0,50	0,50
0,8400	20	8,20	0,02	0,53	0,47
0,4200	40	25,70	0,07	0,60	0,40
0,2500	60	57,55	0,16	0,75	0,25
0,1500	100	0,00	0,00	0,75	
0,0700	200	90,07	0,25	1,00	0,00
Total		365,69	1,00		



Diâmetro efetivo (d10)	0,143
Diâmetro (d60)	3,104
Coefic. de uniform. (d60/d10)	21,70

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme

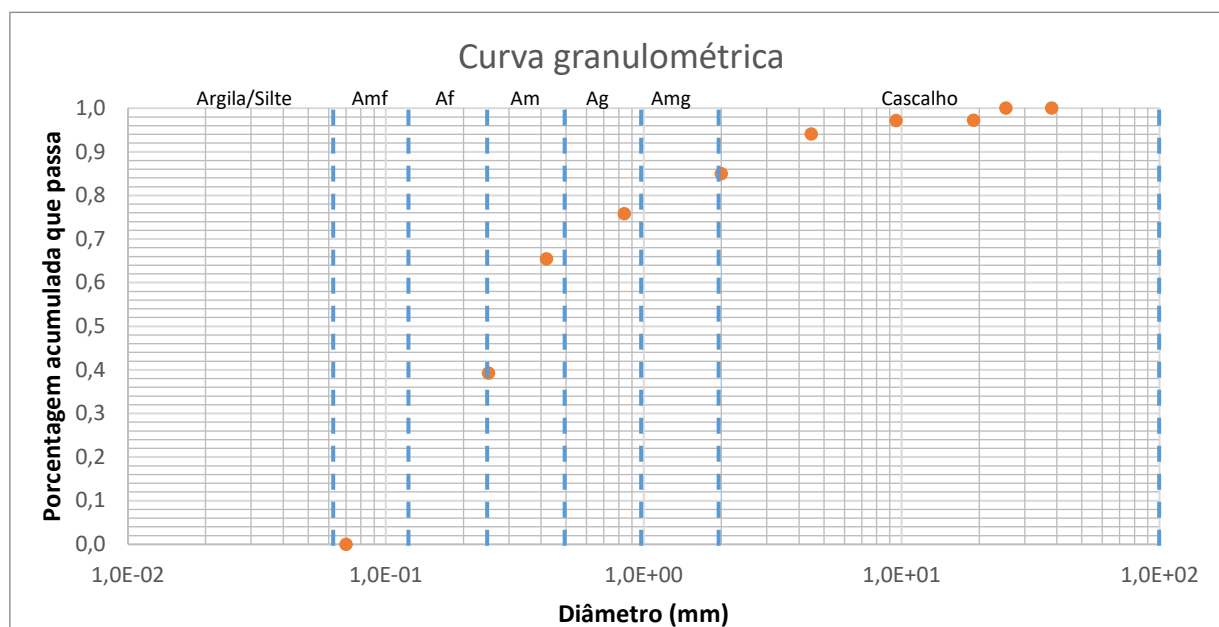
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Belém	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	7º Setor Cosanpa - UPRA	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	02/2018	<b>Profundidade:</b>		<b>Peso inicial (g):</b>	671,40
--------------------	---------	----------------------	--	--------------------------	--------

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	7,40	0,03	0,03	0,97
12,70	1/2	0,00	0,00	0,03	
9,51	3/8	0,01	0,00	0,03	0,97
4,460	4	8,20	0,03	0,06	0,94
2,3800	8	0,00	0,00	0,06	
2,0000	10	24,00	0,09	0,15	0,85
0,8400	20	24,25	0,09	0,24	0,76
0,4200	40	27,26	0,10	0,35	0,65
0,2500	60	69,10	0,26	0,61	0,39
0,1500	100	0,00	0,00	0,61	
0,0700	200	103,70	0,39	1,00	0,00
Total		263,92	1,00		



Diâmetro efetivo (d10) 0,116

Diâmetro (d60) 0,387

Coefic. de uniform. (d60/d10) 3,34

Coeficiente de uniformidade (Cun)

Cun < 5 muito uniforme

Cun < 5 < 15 medianamente uniforme

Cun > 15 não uniforme

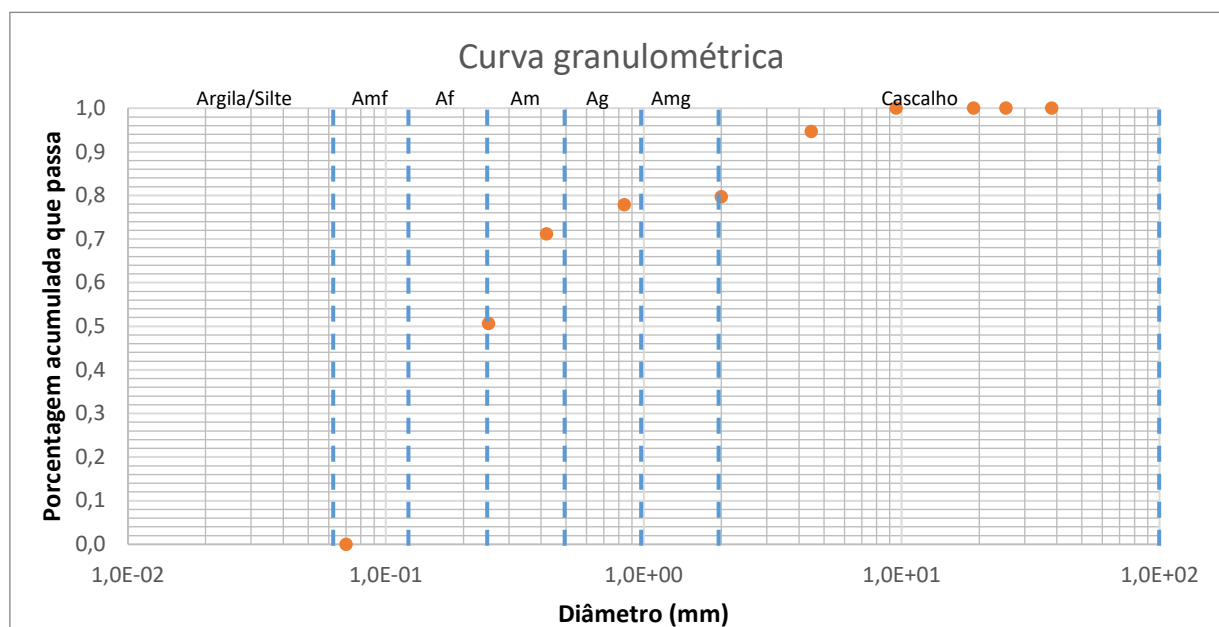
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>Município:</b>	Belém	<b>Distr. / Bairro:</b>	
<b>Endereço:</b>	Portal da Amazonia	<b>Nº:</b>	
<b>Proprietário:</b>			
<b>Data:</b>	<b>Responsável:</b>		

### PENEIRAMENTO

<b>Amostra nº:</b>	01/2018	<b>Profundidade:</b>	
<b>Peso inicial (g):</b>	604,43		

Abertura (mm)	Peneira nº	Massa (g)	% Peso retida	% acumulada retida	% acumulada que passa
38,18	1 1/2	0,00	0,00	0,00	1,00
25,40	1	0,00	0,00	0,00	1,00
19,00	3/4	0,00	0,00	0,00	1,00
12,70	1/2	0,00	0,00	0,00	
9,51	3/8	0,01	0,00	0,00	1,00
4,460	4	9,10	0,05	0,05	0,95
2,3800	8	0,00	0,00	0,05	
2,0000	10	25,40	0,15	0,20	0,80
0,8400	20	3,00	0,02	0,22	0,78
0,4200	40	11,40	0,07	0,29	0,71
0,2500	60	34,86	0,21	0,49	0,51
0,1500	100	0,00	0,00	0,49	
0,0700	200	85,87	0,51	1,00	0,00
<b>Total</b>		<b>169,64</b>	<b>1,00</b>		



Diâmetro efetivo (d10)	0,106
Diâmetro (d60)	0,327
Coefic. de uniform. (d60/d10)	3,09
Porcentagem silte/argila	71,93%

**Coeficiente de uniformidade (Cun)**  
 Cun < 5 muito uniforme  
 Cun < 5 < 15 medianamente uniforme  
 Cun > 15 não uniforme





AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Setor Policial, área 5, Quadra 3,  
Blocos "B", "L", "M", "N", "O" e T.  
PABX: (61) 2109-5400 | 21095252  
[www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)



Av. Iguazu, 451, 6º andar, Petrópolis.  
Porto Alegre - RS. CEP: 90470-430  
Fone | Fax: (51) 3211-3944  
[www.profill.com.br](http://www.profill.com.br)

