

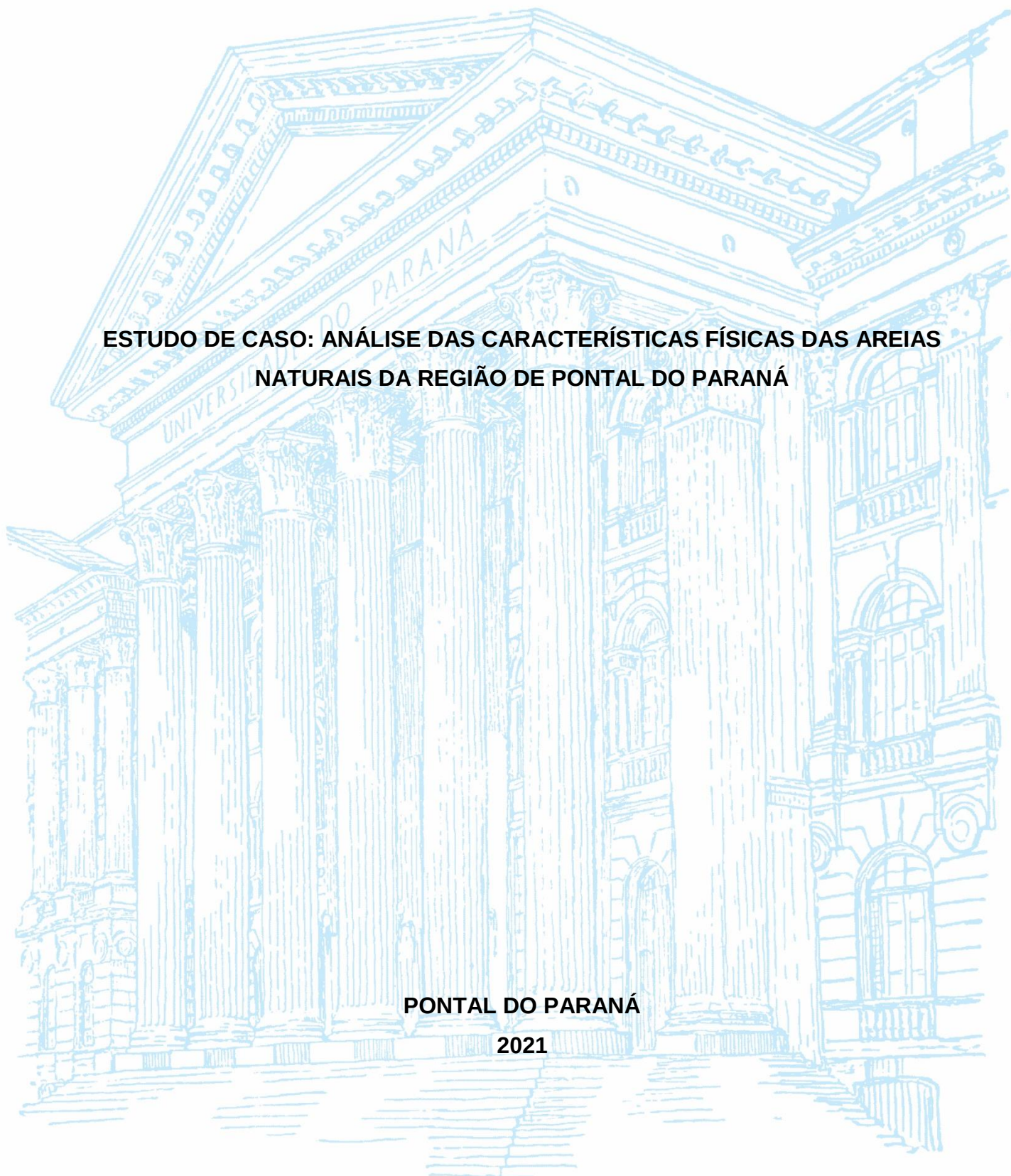
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VANESSA SPINDOLA ESTEVAM

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS AREIAS
NATURAIS DA REGIÃO DE PONTAL DO PARANÁ**

PONTAL DO PARANÁ

2021



VANESSA SPINDOLA ESTEVAM

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS AREIAS
NATURAIS DA REGIÃO DE PONTAL DO PARANÁ**

Trabalho apresentado como requisito à conclusão da disciplina TCC II do Curso de Engenharia Civil do Campus Pontal do Paraná – Centro de Estudos do Mar, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. Elizabete Yukiko Nakanishi Bavastri, Dra.Eng.

**PONTAL DO PARANÁ
2021**

TERMO DE APROVAÇÃO

VANESSA SPINDOLA ESTEVAM

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS AREIAS NATURAIS DA REGIÃO DE PONTAL DO PARANÁ

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão
formada pelos membros:



CLÉBER LUIS PEDROSO
Engenheiro Civil

NADIELI DA SILVA
Engenheira Civil

ELIZABETE YUKIKO NAKANISHI
Doutora em Engenharia
Professora orientadora

Pontal do Paraná, 17 de dezembro de 2021.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS

Estevam, Vanessa Spindola
E798e Estudo de caso: análise das características físicas das areias naturais da região de Pontal do Paraná [recurso eletrônico] / Vanessa Spindola Estevam. – Pontal do Paraná, 2021.
1 arquivo [82 f.] : PDF.

Requisitos do Sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: Word Wide Web
Orientadora: Profa. Dra. Elizabete Yukiko Nakanishi Bavastri
Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, Campus Pontal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, Curso de Engenharia Civil.

1. Agregados (Materiais de construção). 2. Construção civil. 3. Areia. I. Bavastri, Elizabete Yukiko Nakanishi. II. Título. III. Universidade Federal do Paraná.

CDD - 691

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por todo o apoio, incentivo e paciência dedicada em todos esses anos de graduação.

À professora e orientadora Dr^a. Elizabete Yukiko Nakanishi Bavastri, que me forneceu toda a dedicação, paciência, clareza e suporte necessários para a conclusão desse trabalho.

À toda minha família, que sempre me apoiou e me deu forças para não desistir, mesmo com todos os percalços no caminho.

À Universidade Federal do Paraná, por fornecer a estrutura necessária e compreensão em tempos difíceis, proporcionando assistência, acessibilidade e inclusão a todos os alunos.

E agradeço à Deus pela minha saúde e disposição neste momento pandêmico tão difícil que afetou tantas vidas e famílias.

Quem caminha sozinho pode até
chegar mais rápido, mas aquele que vai
acompanhado, com certeza vai mais longe.

(Clarice Lispector)

RESUMO

A densidade populacional no litoral paranaense, principalmente na cidade de Pontal do Paraná, vem aumentando gradativamente por diversas questões, e como consequência o setor da construção civil torna-se cada vez mais solicitado para a realização de diferentes obras civis. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo analisar as características das areias comercializadas na região pelos fornecedores locais. Para isso, foram realizados ensaios de determinação da composição granulométrica, massa unitária e volume de vazios, massa específica, inchamento e a determinação do material fino por lavagem. Ao final, verificou-se que as areias vendidas como areia fina classificam-se como muito fina e a areia grossa como média.

Palavras-chave: Agregado miúdo, caracterização, granulometria, qualidade.

ABSTRACT

The population density on the coast of Paraná, mainly in the city of Pontal do Paraná, has gradually increased for several reasons, and the civil construction sector is increasingly requested to carry out different civil works. Thus, this work aimed to analyze the characteristics of the sands commercialized in the region by local suppliers. For this, tests were conducted to determine the particle size composition, unit mass and void volume, specific mass, swelling, and the determination of fine material by washing. In the end, it was verified that the sands sold as fine sand are classified as very fine and the thick sand as a medium.

Keywords: fine aggregate, characterization, grain size, quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem de Satélite “Localização do Areal amostra C”	22
Figura 2 – Amostra das areias dos areais de Pontal do Paraná	23
Figura 3 - Tabela de série de peneiras	24
Figura 4 - Sequência de peneiras	24
Figura 5 - Tara do Recipiente	25
Figura 6 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo	26
Figura 7 - Pesagem do recipiente com $V=604,364\text{cm}^3$	26
Figura 8 - Ensaio com o Frasco de Chapman.....	28
Figura 9 - Peneira de diâmetro 4,75mm.....	28
Figura 10 - Areia imersa em água no frasco de Chapman.....	29
Figura 11 - Processo manual de mistura e pesagem	30
Figura 12 - Areia submersa em água.....	32
Figura 13 - Comparação de limpidez - água da primeira lavagem	32
Figura 14 - Comparação de limpidez - penúltima lavagem.....	32
Figura 15 - Massa 1 - Massas retidas em cada peneira	34
Figura 16 - Massa 2 – massas retidas em cada peneira	35
Figura 17 - Curva granulométrica: Areal A e Limites NBR 7211/2009	37
Figura 18 - Massa 1 – massas retidas em cada peneira	38
Figura 19 - Massa 2 – massas retidas em cada peneira	39
Figura 20 - Curva granulométrica: Areal B e Limites NBR 7211/2019	40
Figura 21 - Massa 1 – massas retidas em cada peneira	41
Figura 22 - Massa 2 – massas retidas em cada peneira	42
Figura 23 - Curva granulométrica: Areal C e Limites NBR 7211/2019	43
Figura 24 - Massa 1 – massas retidas em cada peneira Areal Areal D (Grossa).....	44
Figura 25 - Massa 2 – massas retidas em cada peneira Areal Areal D (Grossa).....	45
Figura 26 - Curva granulométrica: Areal D (Grossa) e Limites NBR 7211/2019.....	46
Figura 27 - Massa 1 – massas retidas em cada peneira Areal E(Grossa)	47
Figura 28 - Massa 2 – massas retidas em cada peneira Areal E(Grossa)	47
Figura 29 - Curva granulométrica: Areal E(Grossa) e Limites NBR 7211/2019	48
Figura 30 - Massa 1 – massas retidas nas peneiras Areal F.....	49
Figura 31 - Massa 2 – massas retidas nas peneiras Areal F.....	49
Figura 32 - Curva granulométrica: Areal F e Limites NBR 7211/2019	50

Figura 33 - Curva Granulométrica dos areais analisados.....	52
Figura 34 - Massas no estado solto e compactado – Areal A (Fino)	55
Figura 35 - Massas no estado solto e compactado – areia fina (Areal B)	55
Figura 36 - Massas no estado solto e compactado – areia fina (Areal C)	56
Figura 37 - Massa no estado solto e compactado – areia grossa (D).....	56
Figura 38 - Massa no estado solto e compactado – areia grossa (Areal E)	57
Figura 39 - Massa no estado solto e compactado - areia grossa (Areal F)	57
Figura 40 - Massa unitária no estado solto e compactado	58
Figura 41 - Areias imersas em água no frasco de Chapman dos Areais	59
Figura 42 - Massa específica das areias	60
Figura 43 - Material utilizado	61
Figura 44 - Pesagem da areia com os teores de umidade – areal A	62
Figura 45 - Curva de inchamento: Areal A (Fina)	63
Figura 46 - Pesagem da areia com os teores de umidade areal B	64
Figura 47 - Curva de Inchamento – Areal B	65
Figura 48 - Inchamento da amostra "A"	66
Figura 49 - Pesagem da areia com os teores de umidade – areal C	67
Figura 50 - Curva de Inchamento Areal C	68
Figura 51 - Pesagem da areia com os teores de umidade – areal D (Grossa) ...	69
Figura 52 - Curva de Inchamento Areal D (Grossa).....	70
Figura 53 - Pesagem da areia com os teores de umidade – areal E(Grossa).....	71
Figura 54 - Curva de Inchamento areal E(Grossa)	72
Figura 55 - Pesagem da areia com os teores de umidade – Areal F (Grossa) ...	73
Figura 56 - Curva de Inchamento Areal F (Grossa).....	74
Figura 57 - Dados de Inchamento Geral	75
Figura 58 - Pesagem das amostras	76
Figura 59 - Comparação de limpidez por visualização	76
Figura 60 - Amostras secas após lavagem	77
Figura 61 - Quantidade de Materiais Finos dos areais.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Areais Locais.....	22
Tabela 2 - Massa mínima da amostra por determinação	31
Tabela 3 - Granulometria areal da areia Fina - Areal A	35
Tabela 4 - Classificação de agregados Wentworth (1922)	36
Tabela 5 - Granulometria - Areal A e Limites ABNT NBR7211/2019.....	36
Tabela 6 - Granulometria da areia Fina - Areal B.....	39
Tabela 7 - Granulometria Areal B e ABNT NBR 7211/2019	40
Tabela 8 - Granulometria da areia Fina - Areal C.....	42
Tabela 9 - Granulometria Areal C e ABNT NBR 7211/2019	43
Tabela 10 - Granulometria da areia Grossa - Areal D (Grossa)	45
Tabela 11 - Granulometria Areal D (Grossa) e ABNT NBR 7211/2019.....	45
Tabela 12 - Granulometria da areia Grossa – Areal E(Grossa).....	48
Tabela 13 - Granulometria Areal E(Grossa) e ABNT NBR 7211/2019.....	48
Tabela 14 - Granulometria da areia Grossa – Areal F	50
Tabela 15 - Granulometria Areal F e ABNT NBR 7211/2019.....	50
Tabela 16 - Valores Granulométricos dos areais analisados	51
Tabela 17 - Classificação dos grãos das areias pelo Módulo de Finura	52
Tabela 18 - Massa Unitária no estado solto e compactado.	58
Tabela 19 - Massa Específica das areias dos Areais	60
Tabela 20 - Dados do ensaio: Areal A (fina).....	63
Tabela 21 - Dados do ensaio Areal B (fina).....	65
Tabela 22 - Dados do ensaio Areal C (fina).....	68
Tabela 23 - Dados do ensaio Areal D (grossa).....	70
Tabela 24 - Determinação do inchamento do agregado miúdo - Areal E (areia grossa)	72
Tabela 25 - Dados do ensaio Areal F (Grossa)	74
Tabela 26 - Determinação do material fino por lavagem.....	77

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
1.2	METODOLOGIA.....	14
1.3	JUSTIFICATIVA	15
1.4	DELIMITAÇÃO	15
1.5	HIPÓTESE	15
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO	16
2.1	AREIA.....	16
2.2	PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	17
2.2.1	Agregados	17
2.2.2	Massa Unitária	17
2.2.3	Massa Específica.....	18
2.2.4	Composição Granulométrica.....	18
2.2.5	Determinação do Teor de Material Pulverulento.....	19
2.2.6	Determinação do Inchamento da Areia	19
2.2.7	Absorção de Água	19
2.2.8	Impurezas Orgânicas	20
3	METODOLOGIA.....	21
3.1	AREIAS LOCAIS	21
3.2	CARACTERIZAÇÃO DAS AREIAS	23
3.2.1	NBR NM 248/2003 Agregados: Determinação da Composição Granulométrica.....	23
3.2.2	NBR 16972/2021: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.....	26
3.2.3	NBR 16916/2021: Agregados – Determinação da Massa Específica.....	27
3.2.4	NBR 6467/2006: Agregados – Determinação do inchamento de agregado miúdo	29
3.2.5	NBR 16973/2021: Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75µm, por lavagem.....	31

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1	DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	34
4.1.1	Areia fina – Areal: A.....	34
4.1.2	Areia fina – Areal B.....	38
4.1.3	Areia fina – Areal C.....	41
4.1.4	Areia Grossa – Areal D.....	44
4.1.5	Areia Grossa – Areal E	47
4.1.6	Areia Grossa – Areal F	49
4.1.7	Comparações Granulométricas entre as areias estudadas	51
4.2	DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA.....	54
4.3	DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA	59
4.4	DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE INCHAMENTO	61
4.4.1	Areia fina – Areal A.....	61
4.4.2	Areia fina – Areal B.....	64
4.4.3	Areia fina – Areal C.....	66
4.4.4	Areia grossa – Areal D	69
4.4.5	Areia grossa – Areal E (Grossa).....	70
4.4.6	Areia grossa – Areal F.....	73
4.5	DETERMINAÇÃO DO MATERIAL FINO, POR LAVAGEM	75
5	CONCLUSÃO.....	79
5.1	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	80
6	REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

Os agregados são materiais granulares, com dimensões diversas e definido através de duas grandes divisões sendo esses miúdos ou graúdos como cita Yazigi (2013) em que “recebem, entretanto, denominações especiais que caracterizam certos grupos, como: fíler, areia, pedrisco, seixo rolado, cascalho e brita”.

Na construção civil os agregados são indispensáveis para execução de argamassas e concretos utilizados tanto para assentamento de tijolos, concretagem de elementos estruturais como vigas e pilares, assim como acabamentos finos. Segundo Luz e Almeida (2012) “sua denominação provém do fato de que a areia e a brita se agregam ao cimento para obtenção do concreto e ao betume (piche) para preparação do asfalto” sendo na composição do concreto adicionado também água e para o pavimento asfáltico necessário altas temperaturas. Britas, areias e outros minerais, são retirados da natureza através de processos mecânicos ou espontâneos denominados “Operações de Lavra”.

A areia é o agregado miúdo que possui diversas origens, podendo ser extraída de rios, cava, britagem, escória, praias e dunas. As origens mais comuns na região de Pontal do Paraná são encontradas nos areais das proximidades e são advindas de rios e cavas. O tamanho dos grãos deverá obedecer a um intervalo para sua classificação, sendo definida pela NBR 7211 (ABNT, 2019). Suas qualidades poderão ser julgadas através da observação de corpos de prova de concreto confeccionados com esta areia e através de ensaios físicos, mecânicos e químicos

No Brasil, o consumo do mercado de agregados estava em ascensão no fim do ano de 2019 e início de 2020 como indica a análise da Revista Areia e Brita (2020), pois o Presidente Executivo (Fernando Valverde) comentou em nota: “A demanda por agregados no país apresentou aumento de 3,4% em 2018 e fechou em alta de 3,8% em 2019”, demonstrando recuperação no setor após um grande período de baixa entre 2014 e 2017. Porém visto o cenário pandêmico no país do novo vírus (COVID-19), em que foi necessária a paralisação de diversos setores e serviços, a queda foi inevitável e o mercado de agregados teve que pausar parcialmente.

Conhecer as propriedades e características de um agregado é de grande importância para definir os usos mais adequados que se pode fazer dele (HAGEMANN, 2011). Além do preparo de argamassas e concretos, pode ser utilizado em pavimentações diversas, filtros de água e matéria prima de demais

funcionalidades. Assim, sobre a importância da caracterização dos agregados, podemos afirmar que:

“é imprescindível a caracterização de todo e qualquer agregado que venha a ser utilizado na produção de argamassas e concretos visando à identificação de agentes deletérios como, por exemplo: impurezas orgânicas; materiais pulverulentos; torrões de argila; e materiais friáveis” (Souza, Silva & Pina, 2017).

Visto isso, este trabalho visa caracterizar os agregados da região de Pontal do Paraná afim de avaliar suas qualidades para uso na área de construção civil.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Caracterizar as areias da região de Pontal do Paraná de acordo com as normas brasileiras.

1.1.2 Objetivos Específicos

- 1) Coletar amostras de areias nos areais disponíveis da região;
- 2) Estudar as normas brasileiras regentes sobre os ensaios de caracterização de agregados miúdos;
- 3) Ensaiai as areias coletadas;
- 4) Analisar os resultados;

1.2 METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho engloba:

- 1) Revisão bibliográfica sobre a influência do agregado miúdo na elaboração de argamassas e concretos;
- 2) Informar-se sobre quais agregados miúdos estão disponíveis na região;
- 3) Coletar amostras dos agregados miúdos disponíveis diretamente nos areais de distribuição;
- 4) Preparação e ensaios dos agregados miúdos;
- 5) Analisar os resultados.

1.3 JUSTIFICATIVA

“Nosso país já possui numerosos casos de patologias em argamassas e concretos provenientes da utilização de agregados em desacordo com as normas vigentes, sendo um dos maiores sinistros causados por esse tipo de descaso o ocorrido na construção do Residencial Palace II, Edifício de 22 andares que desabou em 28 de fevereiro de 1998, na Barra da Tijuca, deixando oito mortos e 150 famílias desabrigadas. De acordo com a perícia, as obras de construção do prédio apresentaram falha no processo construtivo, dentre os quais foram destacados: pilares ocos e indícios de que a construção foi feita com areia da praia” (SOUZA, SILVA e PINA, 2017).

Visto isso, pode-se observar que a frequente avaliação de agregados miúdos em pequenas à grandes obras é essencial para identificar agentes deletérios como impurezas orgânicas, materiais pulverulentos, dentre outros, e possivelmente evitar falhas na resistência de argamassas e concretos, devido ao não conhecimento das propriedades dos agregados vendido na região.

1.4 DELIMITAÇÃO

Esta pesquisa dispõe-se a caracterizar e analisar as diferentes amostras de areias disponíveis na região, fornecidas pelos areais locais, a fim de explorar a composição do material, gerando resultados de cunho informativo e aprimorando o conhecimento sobre os insumos na região litorânea. Tais ensaios de caracterização se restringirão nos equipamentos que estão disponíveis no Laboratório do Curso de Engenharia Civil, campus Pontal do Paraná, como balança de alta precisão, frasco de Chapmann, peneiras laboratoriais de diferentes aberturas de malhas, concha e vasilhas para armazenamento de materiais.

1.5 HIPÓTESE

Os ensaios normatizados podem caracterizar fisicamente o agregado de modo a classificá-lo entre muito fino, fino, médio ou grosso, e a partir desta viabilizando a utilização destes materiais para determinados fins no meio da construção civil, podendo evitar imprevistos e problemas com execuções e pós-obra.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 AREIA

De acordo com a norma NBR 7211 (ABNT, 2019) é considerado agregado miúdo o material que está abaixo de 4,75mm e acima de 75 μ m, classificados entre areia muito fina, fina, média e grossa, podendo ser classificado através de ensaio seguindo os procedimentos da norma ABNT NM 248/2003 com peneiras definidas pela norma NBR NM-ISO 3310-1. Geralmente formados de areia natural, britagem de rochas ou da mistura de ambas Luz & Almeida (2012), o método de lavra da areia é determinado através do ambiente em que se encontra depositada, podendo ser feita basicamente de três métodos conforme cita Chaves e Whitaker (2012):

- “- A dragagem é feita em leitos de rios e em cavas inundadas;
- O desmonte hidráulico é feito em cavas secas e em mantos de alteração de maciços rochosos;
- A lavra por tiras é feita em depósitos homogêneos e de maior extensão horizontal”

Ainda no local de lavra, algumas operações de beneficiamento da areia são executadas para a classificação inicial do material facilitando assim sua comercialização, a fim de desagregar as partículas, individualizando-as, lavá-las, removendo a cobertura de pulverulentos, desagregar as partículas mais frágeis e separar os tamanhos desejados (CHAVES; WHITAKER, 2012).

Essas operações são de grande relevância para a comercialização ao mercado da construção civil, com elas é possível especificar os tipos de areia e facilitar na escolha do material para diferentes finalidades.

Sendo a areia considerada um agregado miúdo, há diversos ensaios que devem ser feitos para sua caracterização a fim de analisar sua composição granulométrica, absorção de água, impurezas, massa unitária ou massa específica aparente dentre outros, de maioria regidos por normas técnicas brasileiras.

2.2 PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

2.2.1 Agregados

Os agregados podem ser definidos de diferentes maneiras, de acordo com Bauer (2019) os agregados são definidos como material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos.

Sua classificação pode ser definida a partir da natureza em que se encontram, sendo denominados naturais os extraídos diretamente fragmentados, como areia e cascalho e, os artificiais aqueles que passam por processos de fragmentação como britagem ou moagem (FRAZÃO, 2006).

A adição dos agregados no preparo da argamassa tem como função o aumento da resistência, melhora da consistência e durabilidade do produto, dependendo do seu tamanho, possui diferentes funcionalidades específicas, como cita Bertolino, Palermo e Bertolino (2012) em que os agregados grossos são utilizados, no geral, como ingrediente na fabricação do concreto, ou como constituinte de estradas. Devem reagir favoravelmente com o cimento e o betume, resistir a cargas pesadas, alto impacto e abrasão severa e ser durável. Os agregados médios e finos são, em geral, utilizados para preenchimento ou para proporcionar rigidez em uma mistura.

Grande parte das características de um agregado pode ser determinada por meio de análises, ensaios e experimentos descritos em normas técnicas (HAGEMANN, 2011), visto isso, neste trabalho serão executados, explicados e analisados os seguintes ensaios para agregados miúdos: Composição Granulométrica (ABNT NM 248/2003), Determinação do material fino que passa através da peneira 75µm, por lavagem (ABNT NM 46/2003), Determinação da massa específica e massa específica aparente (ABNT NM 52/2009), Determinação do inchamento de agregado miúdo (ABNT NBR 6467/2009), Determinação da massa unitária e do volume de vazios (ABNT 16972/2021).

2.2.2 Massa Unitária

De acordo com a norma da ABNT NBR 16972/2021 a qual prescreve o método para agregados na determinação da massa unitária e do índice de vazios, sua

definição é a “relação entre a massa do agregado lançado no recipiente de acordo com o estabelecido nesta Norma e o volume deste recipiente”.

A massa unitária dos agregados varia entre 1200 a 1800 kg/m³ para um agregado normal e 500 a 1000 kg/m³ para um agregado leve. Estas propriedades são importantes na formulação das misturas de volume para proporções em peso, nas misturadoras de concreto (SMITH; COLLIS, 2001).

2.2.3 Massa Específica

A massa específica possui duas definições sendo elas massa específica e massa específica aparente, diferenciadas pela inclusão ou não dos poros permeáveis existentes no agregado, são descritas na norma da ABNT NBR 16916/2021 sendo a relação entre a massa do agregado seco e seu volume. A norma também define a massa específica relativa, a qual além de incluir os poros permeáveis, inclui também os poros impermeáveis contidas no material. O ensaio para sua determinação também consta na norma utilizando compactação com haste e pesagens.

Esse tipo de ensaio é utilizado em estudos de dosagem em que se procura determinar o volume mínimo de ligantes que deve ser utilizado com os agregados nas formulações de misturas cimentícias (BAUER, 2019), assim a seleção dos grãos visando seu tamanho e forma é importante, pois quanto menor o volume de vazios, maior a massa unitária, influenciando no consumo de água na pasta.

2.2.4 Composição Granulométrica

A composição granulométrica visa separar e classificar o material de acordo com sua dimensão. A norma da ABNT NBR NM 248/2003 – Determinação da composição granulométrica, demonstra o método de classificação através de peneiras de diferentes aberturas de malhas.

A comercialização dos agregados depende muito deste item, de acordo com Chaves e Whitaker (2012) “as diferentes finalidades para o uso do concreto exigirão distribuições granulométricas diferentes (...) é necessário separar a areia natural em diferentes frações granulométricas e depois recombina-las em novas proporções de modo a obter a distribuição especificada pelo engenheiro civil”. Muito desse processo é realizado ainda nos locais de lavra, com intuito de comercializar o produto mais específico possível.

2.2.5 Determinação do Teor de Material Pulverulento

O material que passa pela peneira com malha de abertura de 75 μm é considerado pulverulento. A norma da ABNT NBR 16973/2021 (antiga norma NBR NM 46/2003) trata da determinação do material fino que passa através da peneira 75 μm , por lavagem, contendo dois métodos para a separação deste com maior eficácia, sendo um apenas lavagem com água e outro com adição de um agente umectante.

Sua identificação e separação dos agregados é importante pois a adição destes na argamassa podem resultar em problemas, segundo Luz e Almeida (2012) como o rompimento da estrutura de concreto, dentre outros. Afirmam ainda que “um dos principais efeitos detrimenais desse material pulverulento é aumentar a demanda de água para o concreto, de forma a atingir uma determinada trabalhabilidade”, influenciando então no excesso de água na mistura.

2.2.6 Determinação do Inchamento da Areia

A determinação do inchamento de agregados miúdos (ABNT NBR 6467/2009) compara basicamente as massas específicas seca e úmida de um mesmo material.

O inchamento é descrito por Hagemann (2011):

A água presente entre os grãos do agregado provoca o afastamento entre eles, o que resulta no inchamento do conjunto. Esse aumento de volume ocorre até determinado teor de umidade acima do qual o inchamento permanece praticamente constante. Esse teor de umidade é chamado Umidade Crítica (HAGEMANN, 2011).

A partir do conhecimento desta reação, é possível prever seu comportamento ao adicionar as quantidades necessárias de água para a argamassa, mantendo o controle sobre a mistura.

2.2.7 Absorção de Água

A absorção é o processo pelo qual um líquido é conduzido e tende a ocupar os poros permeáveis de um corpo sólido poroso (ABNT NBR NM 30/2000), seu valor é determinado pela diferença entre o peso do agregado seco e o agregado saturado.

São relações imprecisas, mas em geral quanto menos água absorve o agregado, tende a ser mais resistente às forças mecânicas e ao intemperismo (SMITH; COLLIS, 2001).

2.2.8 Impurezas Orgânicas

As impurezas presentes nos agregados podem interferir nas suas características, no desempenho da argamassa e nas reações como no contato com a água. A norma da ABNT NBR NM 49/2001 determina o método de colorimétrica para a identificação de impurezas orgânicas em agregado miúdo destinado ao preparo do concreto.

Como explica Lara (2013), “a matéria orgânica vegetal (folha e raízes) ou as impurezas provenientes dos esgotos sanitários, prejudicam as reações de endurecimento do cimento. Tanto as areias de barranco como as areias lavadas podem conter matéria orgânica, prejudicando o endurecimento de argamassas e concretos”, visto isso, apresenta uma solução corriqueira nas obras onde:

A adição de cal hidratada na areia para a confecção de argamassas, digere a matéria orgânica por ventura existente, neutralizando a acidez causada pelo húmus, reduzindo a quantidade de cimento necessária e melhorando a sua trabalhabilidade (LARA, 2013).

3 METODOLOGIA

Inicialmente foi realizado uma revisão bibliográfica teórica a fim de prover a caracterização dos materiais selecionados e sua importância dentro do cenário da construção civil, uma vez que as areias é um dos materiais mais utilizados na construção civil como insumo de argamassa e de concreto.

Assim, foi verificado os tipos de agregados miúdos disponíveis na região de Pontal do Paraná e coletadas as amostras, de acordo com a norma da ABNT NBR NM 26/2009 e NM 27/2001, que são vendidas comercialmente como sendo areia do tipo fina ou grossa, advindas de rios ou cavas, contendo cerca 5 a 7 quilos (considerando as quantidades para a realização os ensaios) diretamente com os areais locais.

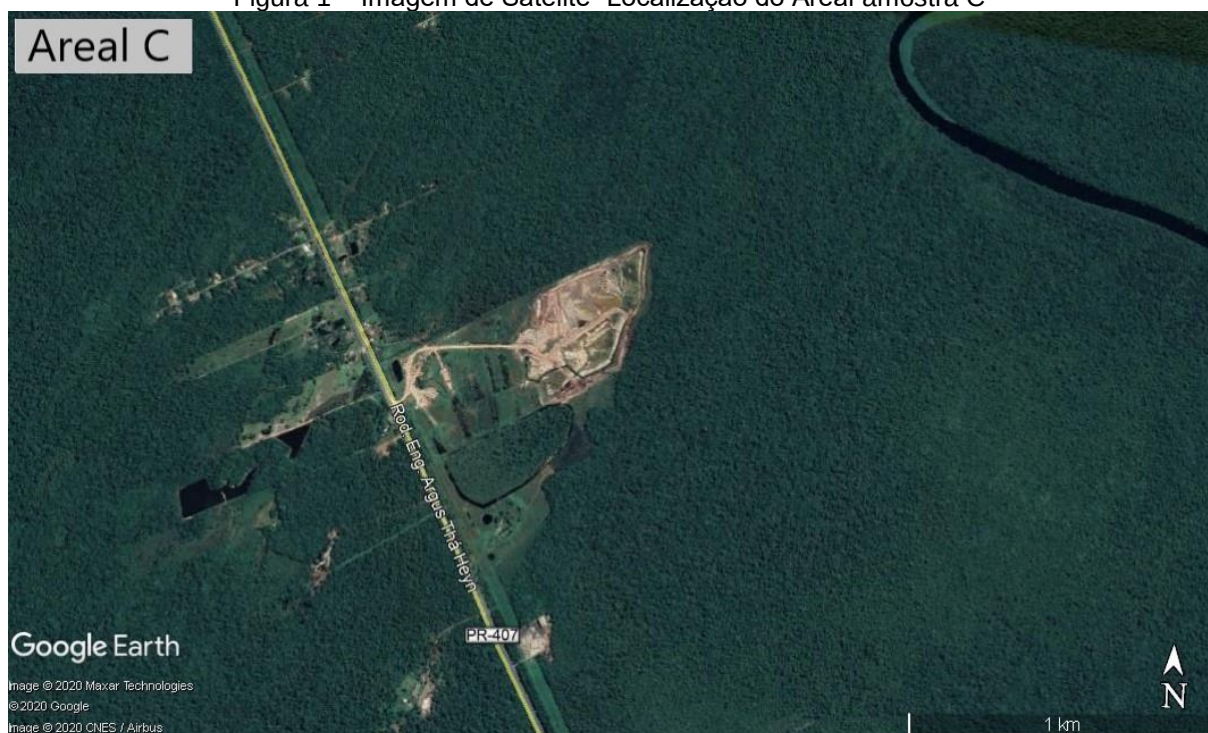
Foi elaborado um cronograma de execução de ensaios a fim de otimizar e agilizar a execução, resultando em um total de 14 ensaios em cada uma das 6 (seis) amostras de areias coletadas. Cada amostra foi dividida em 6 partes de 1 quilo para facilitar a otimização do processo de ensaio e reutilizar as partes de areias que não foram umedecidas ou alteradas quimicamente, garantindo a fidedignidade nos resultados.

3.1 AREAIS LOCAIS

Os areais que foram coletadas as amostras localizam-se na região litorânea do Paraná, próximos às grandes rodovias de acesso. Dessa forma, a imagem utilizada na Figura 1, foi retirada do site Google Earth em 07 de agosto do ano de 2020 com intuito de situar esses areais a proximidade de Pontal do Paraná.

O Areal da amostra C, por exemplo localiza-se junto à Rodovia Eng. Argus Thá Heyn (PR 407) com sentido à cidade de Paranaguá-PR. Neste, foi coletada amostra de areia fina, tendo origem de extração do tipo cava.

Figura 1 – Imagem de Satélite “Localização do Areal amostra C”



Fonte: Google Earth Pro (2020)

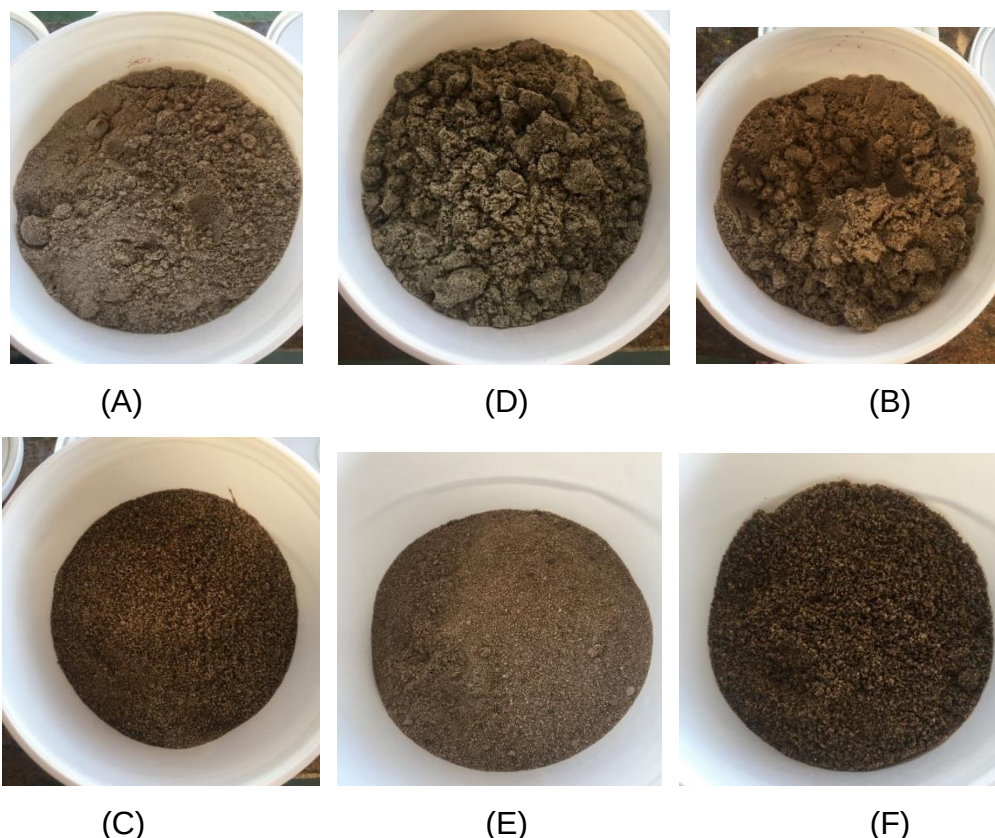
Na Tabela 1 estão demonstradas as empresas de areais que foram coletadas as amostras de areias na região de Pontal do Paraná. A visto disso, a Figura 2, ilustram as imagens das areias recém coletadas nos areais, que foram acondicionadas em um recipiente plástico com tampa, e assim manter as condições iniciais até serem realizados os ensaios.

Tabela 1 - Areais Locais

Amostra	Areia	Origem	Localização
A	Fina	Rio	Pontal do Paraná
B	Fina	Cava	Pontal do Paraná
C	Fina	Cava	Pontal do Paraná
D	Grossa	Rio	Pontal do Paraná
E	Grossa	Cava	Squarema
F	Grossa	Rio	Squarema

Durante a coleta percebe-se que as amostras possuíam um certo grau de umidade no seu estado natural (Figura 2), devido ao fato de que essas são reservadas em pilhas à céu aberto. Isto posto, antes do início dos ensaios foram previamente secas.

Figura 2 – Amostra das areias dos areais de Pontal do Paraná



Legenda: (A) areia fina recém coletada (B) areia fina recém coletada (C) areia fina recém coletada (D) areia grossa recém coletada (E) areia grossa recém coletada (F) areia grossa recém coletada.

Fonte: autor (2021)

3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS AREIAS

Para a realização de cada ensaio foram realizadas ao menos duas repetições para cada amostra como prescrevem as normas NBRs (Normas Brasileiras).

Os ensaios realizados para a caracterização foram: composição granulométrica, massa específica, massa unitária, inchamento do agregado e determinação do teor de material pulverulento. Assim, a seguir são descritos os ensaios realizados seguindo as orientações das respectivas normas brasileiras para cada tipo de ensaio.

3.2.1 NBR NM 248/2003 Agregados: Determinação da Composição Granulométrica

De acordo com a NBR NM 248/2003, a quantidade mínima de agregado miúdo no estado seco com diâmetro menor que 4,75mm é de 300g (trezentas gramas) para a realização do ensaio. A sequência de peneiras utilizadas consta na Figura 3 (Tabela 1 da norma).

Figura 3 - Tabela de série de peneiras

Tabla 1 / Tabela 1
Serie de tamices / Série de peneiras

Serie Normal / Série Normal	Serie Intermedia / Série Intermediária
75 mm	-
-	63 mm
-	50 mm
37,5 mm	-
--	31,5 mm
--	25 mm
19 mm	-
-	12,5 mm
9,5 mm	-
-	6,3 mm
4,75 mm	-
2,36 mm	-
1,18 mm	-
600 µm	-
300 µm	-
150 µm	-

fonte: ABNT NBR NM 248/2003

Os diâmetros utilizados foram os 6 (seis) últimos da Figura 4, sendo as de aberturas de 4,75mm; 2,36mm; 1,18mm; 600µm; 300µm; 150µm respectivamente. As peneiras foram posicionadas uma sobre a outra.

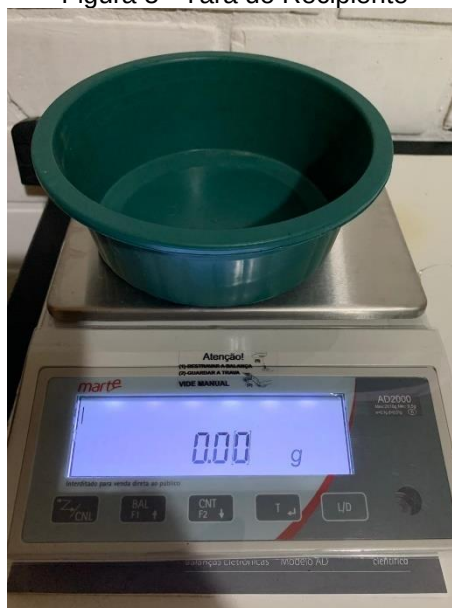
Figura 4 - Sequência de peneiras



Fonte: autor (2021)

Fez-se a pesagem de cada amostra em duas massas de 300g (trezentos gramas) cada para a realização do ensaio. Para esta pesagem, foi utilizada uma balança de alta precisão com capacidade máxima de 2.000,0g (dois mil gramas) e retirada a tara do recipiente utilizado na pesagem do material (Figura 5).

Figura 5 - Tara do Recipiente



Fonte: autor (2021)

A agitação da peneira pode ser feita de modo mecânico ou manual (desde que a agitação seja mantida por pelo menos dois minutos). Dessa maneira, neste trabalho optou-se por realizar a agitação manual do jogo de peneiras, devido ao fato de não possuir no Laboratório o peneirador mecânico. Após agitação e com o auxílio de um pincel foi retirado a areia retida em cada peneira e feita a pesagem deste para posteriormente calcular as porcentagens retidas. Com os dados tabulados, é possível plotar a curva granulométrica e ainda determinar a dimensão máxima característica (DMC), a qual é definida pela norma como “correspondente à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária, na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa”, e o módulo de finura (MF) como “soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100” do agregado.

Para a realização do gráfico de curva granulométrica foi feita a comparação dos resultados obtidos com as curvas limites da distribuição granulométrica das areias ensaiadas, com a Tabela 2 da ABNT NM 7211/2009 (Figura 6).

Figura 6 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

Tabela 2 — Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTAS

- 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
- 2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
- 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Fonte: ABNT NBR 7211/2009

3.2.2 NBR 16972/2021: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios

Para a determinação da massa unitária dos agregados miúdos foi utilizado uma balança de alta precisão, uma forma de tamanho grande, uma concha, um recipiente cilíndrico metálico com volume de 604,364 cm³, como indicado na Figura 7.

Figura 7 - Pesagem do recipiente com V=604,364cm³

Fonte: autor (2021)

Dando sequência ao procedimento, para determinar a massa unitária no estado solto, é despejada a areia no recipiente metálico com o auxílio de uma concha, de uma altura aproximada de 10 cm (dez centímetros), de maneira a preenchê-lo, mas sem adensamento até a areia transbordar o recipiente. Após deve ser utilizada uma haste para regularizar a superfície e realizar a pesagem. Este ensaio deve ser executado três vezes com cada amostra de areia disponível para obter a média, conforme orientação dada na Norma.

Para o ensaio na determinação da massa unitária no estado compactado o procedimento é semelhante ao descrito anteriormente, porém a areia é despejada em 3 (três) camadas, e cada 1/3 (um terço) com altura de lançamento da areia de 10 cm do recipiente, e em seguida aplicam-se 25 golpes com a haste de socamento (adensamento) sobre a camada a fim de compactar e acomodar os grãos das areias no recipiente. Feito isso, é realizada a regularização da superfície com a haste e após é feita a pesagem do material.

Esses dados foram organizados em uma tabela para efetuar o cálculo final da massa unitária de cada amostra em ambos os estados (solto e compactado). Utilizando-se a fórmula 1, abaixo.

$$\gamma = \frac{m}{V} = \frac{(m1+m2+m3)/3}{V} \quad (01)$$

Onde:

γ = Massa unitária do agregado miúdo, em g/cm³

m = Média entre as três massas obtidas por pesagem, em g.

V = Volume do recipiente, em cm³

3.2.3 NBR 16916/2021: Agregados – Determinação da Massa Específica

Para a realização deste ensaio é utilizado o frasco de Chapman graduado (Figura 8 (a)), contendo 500g (quinhentos gramas) de areia e, 200cm³ de água até a marca indicada entre os 02 gargalos, como indicado na Figura 8 (b).

No entanto, antes da pesagem da areia, foi passada pela peneira de 4,75mm (Figura 9), a fim de evitar grãos maiores que o diâmetro máximo de agregado miúdo como prescrito na Norma.

Figura 8 - Ensaio com o Frasco de Chapman



(a) Frasco de Chapman

(b) Frasco com água

Fonte: autor (2021)

Para iniciar o procedimento, o frasco é preenchido com água até a marca de 200 cm³ (duzentos centímetros cúbicos), como demonstrado na Figura 8 (b), e após, com ajuda de um funil despeja-se a areia no interior do frasco.

Figura 9 - Peneira de diâmetro 4,75mm



Fonte: autor (2021)

Quando necessário, algumas manobras podem ser realizadas para a retirada de possíveis bolhas de ar no que fica no interior do frasco ou o material fique preso ao longo do tubo de entrada, fazendo com que toda a areia se encontre imersa na água (Figura 10) e sem bolhas de ar. Após agitação do frasco, deve-se deixar em repouso por alguns instantes, e após realizar a leitura do frasco do deslocamento final da água na escala graduada.

Figura 10 - Areia imersa em água no frasco de Chapman



Fonte: autor (2021)

Então, com leitura final conferida no frasco de Chapman na escala graduada, obtém-se a massa específica da areia através da fórmula 2.

$$\gamma = \frac{500}{(L-200)} \quad (02)$$

Sendo:

γ = Massa Específica, em g/cm³

L = Leitura final do frasco, em cm³

3.2.4 NBR 6467/2006: Agregados – Determinação do inchamento de agregado miúdo

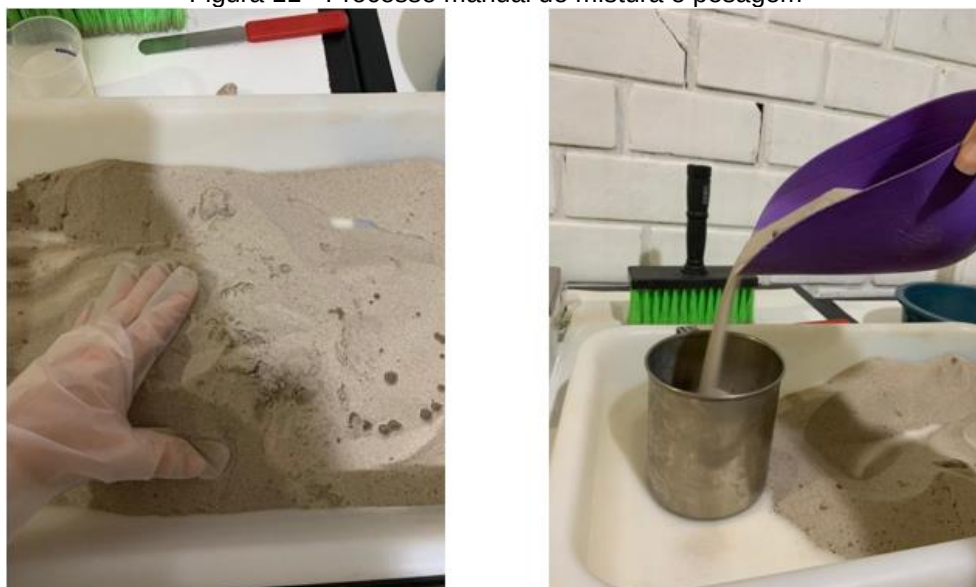
Para a determinação do inchamento do agregado, o ensaio foi realizado de acordo com a norma NBR 6467/2006, utilizando uma forma grande, um recipiente cilíndrico metálico, uma concha, uma régua, uma balança de alta precisão e uma proveta graduada.

A quantidade de areia necessária deve ser suficiente para completar o recipiente utilizado para o preenchimento com a areia seca e com as umidades prevista na norma. Assim, a quantidade deve atender ao menos duas vezes o volume do recipiente. Visto isso, o recipiente foi preenchido, conforme instruções, com a areia seca e então foi pesado o conjunto em uma balança de alta precisão. Em seguida, foi

efetuado o cálculo para determinar as devidas porcentagens de água, as quais foram adicionadas por etapas, relacionando com a quantidade de areia úmida obtida em cada acréscimo de água.

Conforme prescrição na Norma a areia deve ser umedecida com água em 9 etapas, partindo de 0% (zero por cento), ou seja, areia seca, e após acrescidas com as porcentagens de água de: 0,5%, 1,0%, 2,0%, 4,0%, 5,0%, 7,0%, 9,0% e 12,0% em relação a massa seca inicial. A cada etapa, é acrescido o valor de água em gramas previamente pesado e misturado para facilitar a execução de acréscimo de água. Para a realização desse procedimento foi feito o manuseio de mistura da água com a areia com luvas (Figura 11 (a)) para evitar a transferência de eventual umidade das mãos para o agregado, assim mantendo maior precisão nos resultados.

Figura 11 - Processo manual de mistura e pesagem



(a) Revolvimento e acréscimo de água

(b) Preenchimento e pesagem

Fonte: autor (2021)

Após a mistura do agregado com a quantidade requerida de água, a areia é despejada com uma concha no recipiente de pesagem, com altura de queda de aproximadamente 10cm (dez centímetros) como demonstrado na Figura 11 (b), preenchendo até o transbordo da areia e, assim efetuar a regularização da superfície com uma régua. Em seguida, foram feitas sucessivamente as obtenções das massas de areia com a quantidade de água

Os valores obtidos em cada pesagem com os diferentes teores de água acrescidas na areia foram organizados em uma tabela (elaborada no Excel) para colocar os dados dos coeficientes de inchamento em um gráfico, e assim obter a

umidade crítica e o coeficiente médio de inchamento da areia em análise. A determinação deste coeficiente é obtida utilizando-se a fórmula 3.

$$\frac{V_h}{V_s} = \frac{\gamma_s}{\gamma_h} \times \left(\frac{100+h}{100} \right) \quad (03)$$

Sendo:

V_h: Volume do agregado com um determinado teor de umidade (h), em cm³;

V_s: Volume do agregado seco em estufa, em cm³;

V_h/V_s: Coeficiente de inchamento do agregado;

γ_h: Massa unitária do agregado com um determinado teor de umidade (h), em g/cm³;

γ_s: Massa unitária do agregado seco em estufa, em g/cm³.

3.2.5 NBR 16973/2021: Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75μm, por lavagem

A massa inicial da areia dever ser de 300g (trezentos gramas), o material deve estar seco, conforme indicado na Tabela 2 prescrito na norma.

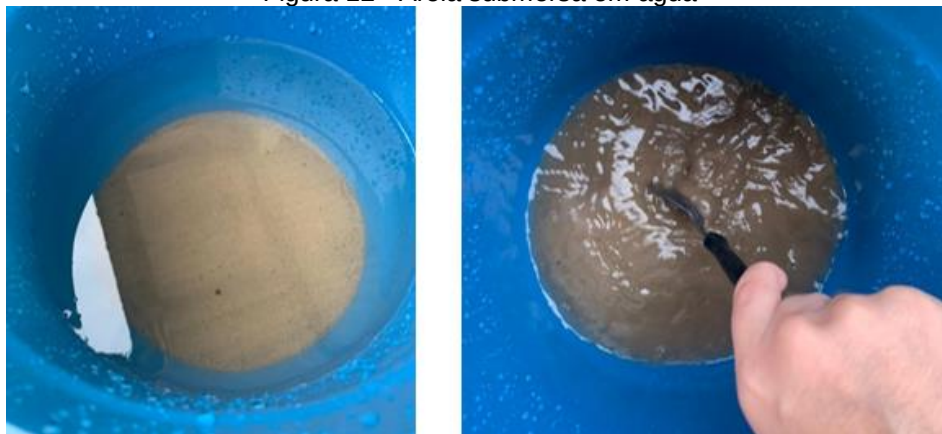
Tabela 2 - Massa mínima da amostra por determinação	
Dimensão máxima nominal (mm)	Massa Mínima (g)
2,36	300
4,75	500
9,5	1000
19,0	2500
37,5 ou maior	5000

Após a pesagem da areia, pode-se dar sequência ao ensaio de lavagem, que devem passar pelas duas peneiras com aberturas de 1,18mm e 75μm posicionadas da maior para a menor abertura. Foi utilizado balde plástico para a mistura da areia com a água de maneira que a areia ficasse completamente submersa na água (Figura 12). Assim inicia-se a mistura (agitação ou revolvimento) manualmente com uma colher capaz de movimentar o conjunto (areia e água) de forma que os grãos mais finos e material pulverulento fique suspenso na água, e tomando-se precaução para que não haja decantação destes (Figura 12 (b)). Em seguida a água é despejada sobre o conjunto de peneiras posicionado um sobre o outro de modo a filtrar a água

fazendo com que apenas o material muito fino ultrapasse a peneira de 75 μ m, ficando apenas a areia retida esta peneira

A água de lavagem é transferida para um recipiente transparente a fim de comparar sua limpidez com a água corrente da torneira (Figuras 13 e 14).

Figura 12 - Areia submersa em água

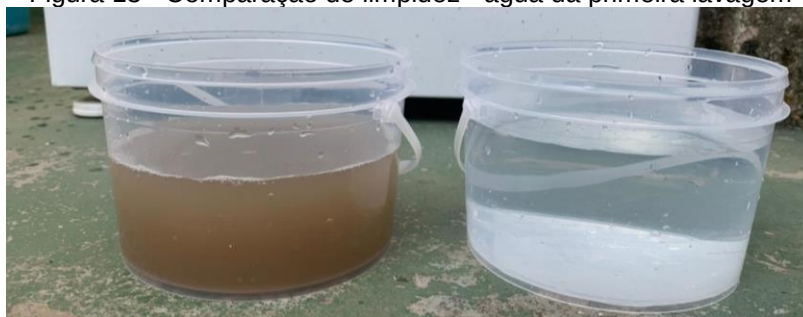


(a) Areia imersa em água

(b) Revolvimento da areia

Fonte: autor (2021)

Figura 13 - Comparação de limpidez - água da primeira lavagem



Fonte: autor (2021)

Figura 14 - Comparação de limpidez - penúltima lavagem



Fonte: autor (2021)

Nas figuras anteriores é possível observar a coloração da água desde a primeira lavagem da areia até a penúltima (recipiente à esquerda), com a limpidez da água corrente da torneira (recipiente à direita). Percebe-se a presença de quantidades de materiais suspensos ao longo das lavagens devido a coloração mais escura. Dessa forma foi possível perceber a evolução da limpidez da água entre uma lavagem, em que à esquerda a água está visivelmente mais limpa e transparente em comparação à outra.

Após as repetidas lavagens da areia até que a água esteja com limpidez próxima com a água corrente da torneira, a areia foi levada para a secagem e assim, obter a pesagem da areia retida na peneira 0,075mm após lavagem.

A porcentagem de material pulverulento é calculada através da fórmula 04.

$$m = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100 \quad (04)$$

Sendo:

m_i : massa inicial da areia seca, em gramas (g);

m_f : massa da areia seca após lavagem, em gramas (g);

m : quantidade de material mais fino que a peneira 75 μ m, por lavagem, em porcentagem (%).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos dos ensaios serão apresentados individualmente e após serão feitas comparações e as considerações dessas análises observadas.

4.1 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

Os dados obtidos foram inseridos em tabelas para a obtenção do gráfico granulométrico, bem como para a determinação da dimensão máxima característica (DMC), e do módulo de finura (MF).

4.1.1 Areia fina – Areal: A

As Figuras 15 e 16 ilustram as pesagens das massas de areias retidas em cada peneira, após a realização da agitação manual para obtenção da composição granulométrica da areia, que é vendida comercialmente pela Mineradora como sendo de grão fina.

Figura 15 - Massa 1 - Massas retidas em cada peneira



Fonte: autor (2021)

Na Tabela 3, são indicadas as colunas das massas das duas pesagens das areias (Massa 1 e Massa 2), o cálculo da porcentagem retida e a porcentagem retida acumulada. Ao final da tabela estão os valores obtidos do diâmetro máximo

característico (DMC) e o modulo de finura (MF) de cada amostra de areia. Além disso, foi feito o cálculo da média entre as duas areias.

Para ampliar a comparação entre as dimensões dos grãos de areia, na Tabela 4 mostra os diâmetros médios de alguns agregados classificado por Wentworth (1922). Já a Tabela 5, mostra os valores da média entre as massas 1 e 2 em porcentagem retida acumulada e os limites estabelecidos na ABNT NBR 7211/2019, e na Figura 17 mostram as curvas granulométricas dos dados da Tabela 5.

Figura 16 - Massa 2 – massas retidas em cada peneira



Tabela 3 - Granulometria areal da areia Fina - Areal A

Abertura das peneiras (mm)	massa retida (g)			% Retida			%Retida Acumulada		
	Massa 1	Massa 2	Média	Massa 1	Massa 2	Média	Massa 1	Massa 2	Média
4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0
2,36	0,61	0,53	0,57	0,25	0,21	0,23	0	0	0
1,18	4,45	4,18	4,32	1,80	1,64	1,72	2	2	2
0,6	21,31	20,55	20,93	8,60	8,07	8,33	11	10	10
0,3	41,89	47,58	44,74	16,90	18,69	17,81	28	29	28
0,15	178,29	179,98	179,14	71,94	70,69	71,31	99	99	99
Fundo	1,28	1,79	1,54	0,52	0,70	0,61	100	100	100
Total	247,83	254,61	251,22	100,00	100,00	100,00			
DMC (mm)							1,18	1,18	1,18
MF							1,40	1,40	1,40

Tabela 4 - Classificação de agregados Wentworth (1922)

Tamanho do grão	Classificação do grão
mm	Wentworth (1922)
1024 a 257	Matacão
256 a 65	Bloco
64 a 5	Seixo
4 a 3	Granulo
2 a 1	Areia Muito Grossa
0,5 a 1	Areia Grossa
0,25 a 0,5	Areia Média
0,125 a 0,25	Areia Fina
0,063 a 0,125	Areia Muito Fina
0,031 a 0,063	Silte Grosso
0,016 a 0,031	Silte Médio
0,008 a 0,016	Silte Fino
0,004 a 0,008	Silte Muito Fino
0,002 a 0,004	Argila Grossa
<0,002	Ultra-Argila

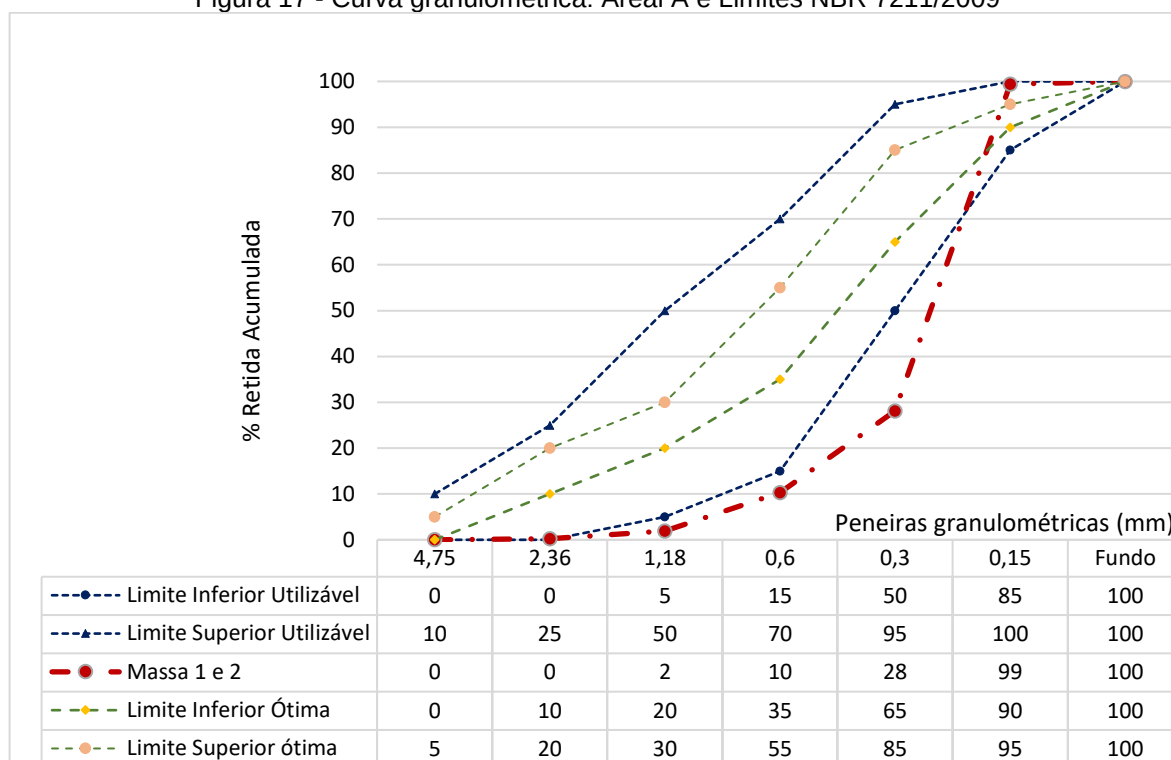
Tabela 5 - Granulometria - Areal A e Limites ABNT NBR7211/2019

Abertura das peneiras (mm)	Massa 1 e 2	Limite Inferior Zona Utilizável	Limite Inferior Zona Ótima	Limite Superior Zona Ótima	Limite Superior Zona Utilizável
4,75	0	0	10	0	5
2,36	0	0	25	10	20
1,18	2	5	50	20	30
0,6	10	15	70	35	55
0,3	28	50	95	65	85
0,15	99	85	100	90	95
Fundo	100	100	100	100	100
DMC (mm)	1,18	1,18	6,3	4,75	4,75
MF	1,40	1,55	3,50	2,20	2,90

Analisando os resultados obtidos na Tabela 3, verifica-se que cerca de 70% do material das duas amostras fica retido na peneira de 0,15mm, 17% na peneira de 0,3mm e quase 8% na peneira de 0,6mm. Constatando que de fato a areia vendida comercialmente pela empresa como sendo fina tem coerência. No entanto, percebe-se grande porcentagem de grãos na mesma peneira (0,15mm), ocorrendo grãos com dimensões próximas entre 0,15 e 0,3mm, que podem ocasionar maior vazios na massa de argamassas e concretos, devido ao fato de ter grãos uniformes entre essas peneiras. Ainda, percebe-se que todos os valores encontrados para o DMC e do MF

foram iguais para as amostras e a média. Contudo, percebe-se que a areia vendida como fina tem diâmetros dos grãos inferiores a classificação para grãos finos, ou seja, comparando os valores obtidos (Tabela 5) com a Tabela 4, a classificação seria de areia muito fina.

Figura 17 - Curva granulométrica: Areal A e Limites NBR 7211/2009



Fonte: autor (2021)

Verificando a Tabela 3, na coluna de porcentagem retida acumulada da média das areias ensaiadas com os valores dos limites inferiores e superiores recomendados pela Norma, percebe-se que existem porcentagens maiores de grãos nas peneiras com aberturas menores na areia ensaiada. Ademais, para corroborar com a classificação da areia ensaiada como muito fina e não fina como vendida pela empresa, devido ao fato de que o MF da areia estudada é menor que o MF da areia da Norma, uma vez que na coluna do Limite Inferior da Zona Utilizável, considera-se a areia muito fina.

Ao analisar as curvas granulométricas da Figura 17, percebe-se claramente que a curva da areia ensaiada fica abaixo da curva do limite inferior da zona utilizável, bem como uma quantidade maior de grãos entre as peneiras 0,3 e 0,15mm devido a

subida “brusca” na vertical do gráfico. Nesse sentido, para que ocorra menor índice de vazios entre os grãos da areia vendida é necessário realizar acréscimo de grãos de areia média e grossa, de maneira que a curva granulométrica fique entre as curvas recomendadas pela ABNT NBR 7211/2019, evitando-se vazios indesejáveis nas massas de concretos e argamassas, uma vez que, diminui a resistência e aumenta a permeabilidade.

4.1.2 Areia fina – Areal B

A Areia vendida comercialmente pelo areal B é dada como fina. Dessa forma, realizando a mesma metodologia descrita anteriormente, as duas massas de areias seguiram os procedimentos de agitação manual das peneiras e após, feitas as pesagens das massas retidas em cada peneira foram feitas as pesagens, conforme ilustram as Figuras 18 e 19 as sequências de obtenção do ensaio. As Tabelas 6 e 7 mostram os valores obtidos das pesagens das areias e a comparação da média entre as duas pesagens com os limites estabelecidos na Norma, respectivamente. Já a Figura 20, mostra a curva granulométrica da Tabela 6.

Figura 18 - Massa 1 – massas retidas em cada peneira



Fonte: autor (2021)

Figura 19 - Massa 2 – massas retidas em cada peneira



Fonte: autor (2021)

Tabela 6 - Granulometria da areia Fina - Areal B

Abertura das peneiras (mm)	massa retida (g)			% Retida			%Retida Acumulada		
	Massa 1	Massa 2	Massa 1 e 2	Massa 1	Massa 2	Massa 1 e 2	Massa 1	Massa 2	Massa 1 e 2
4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0
2,36	1,99	0,53	1,26	0,81	0,24	0,54	1	0	1
1,18	0,45	0,99	0,72	0,18	0,45	0,31	1	1	1
0,6	1,96	2,01	1,99	0,80	0,92	0,86	2	2	2
0,3	61,45	6,47	33,96	25,11	2,97	14,67	27	5	16
0,15	177,82	206,31	192,07	72,65	94,59	82,99	100	99	99
Fundo	1,10	1,79	1,45	0,45	0,82	0,62	100	100	100
Total	245	218	231	100,00	100,00	100,00			
DMC (mm)							0,60	0,60	0,60
MF							1,30	1,06	1,19

Analizando os resultados obtidos com as areias Da amostra B que o MF=1,19 ficou abaixo do limite inferior da zona utilizável (MF=1,55), consequentemente a areia é classificada como muito fina, conforme estudos realizados por Wentworth (1922), que classifica areia muito fina (Tabela 4).

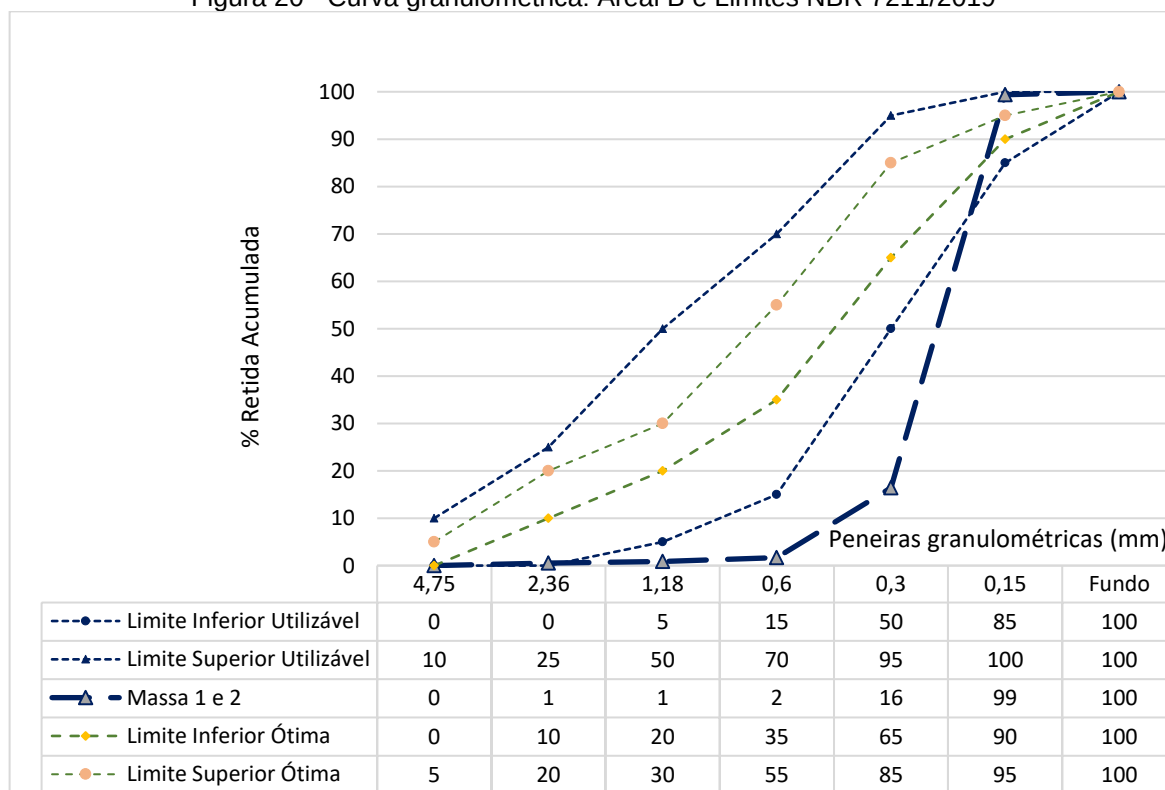
Para AMORIM & COSTA (2015), o módulo de finura obtido em uma de suas amostras de areia natural ensaiada foi de 1,30, a qual foi classificada também como muito fina e ficando abaixo da Zona Inferior Utilizável.

Percebe-se (Tabela 6) que existem mais quantidades retidas na peneira de 0,15mm, sendo cerca de 73% e de 95% no ensaio com a massa 1 e 2, respectivamente, o que induz de que a areia é muito fina e com grãos uniformes entre as peneiras 0,3 e 0,15mm.

Tabela 7 - Granulometria Areal B e ABNT NBR 7211/2019

Abertura das peneiras (mm)	Massa 1 e 2	Limite Inferior Zona Utilizável	Limite Inferior Zona Ótima	Limite Superior Zona Ótima	Limite Superior Zona Utilizável
4,75	0	0	10	0	5
2,36	1	0	25	10	20
1,18	1	5	50	20	30
0,6	2	15	70	35	55
0,3	16	50	95	65	85
0,15	99	85	100	90	95
Fundo	100	100	100	100	100
DMC (mm)	0,6	1,18	6,3	4,75	4,75
MF	1,19	1,55	3,50	2,20	2,90

Figura 20 - Curva granulométrica: Areal B e Limites NBR 7211/2019



Fonte: autor (2021)

Percebe-se na Figura 20 que a curva das areias ensaiadas fica abaixo da curva do limite inferior da zona utilizável, indicando ser areia muito fina, e não fina como vendida comercialmente. Além de possuir grãos uniformes, como já comentado (Tabela 6), e sua curva apresentar forma contínua.

Conforme Tristão (2005), a uniformidade dos grãos das areias se correlaciona diretamente com acréscimo do volume de vazios, ou seja, quanto mais uniformes (mesmos tamanhos) forem os grãos, maior será o volume de vazio, tendo como consequência vazios nas massas de argamassas e concretos, além disso, tal contribuição deve-se também o formato dos grãos, que é analisado através do ensaio de índice de forma.

Para DULTRA *et al.* (2015), uma curva granulométrica com característica contínua em sua forma, obtém boa característica tanto no quesito resistência mecânica, quanto em relação à estética e acabamento.

4.1.3 Areia fina – Areal C

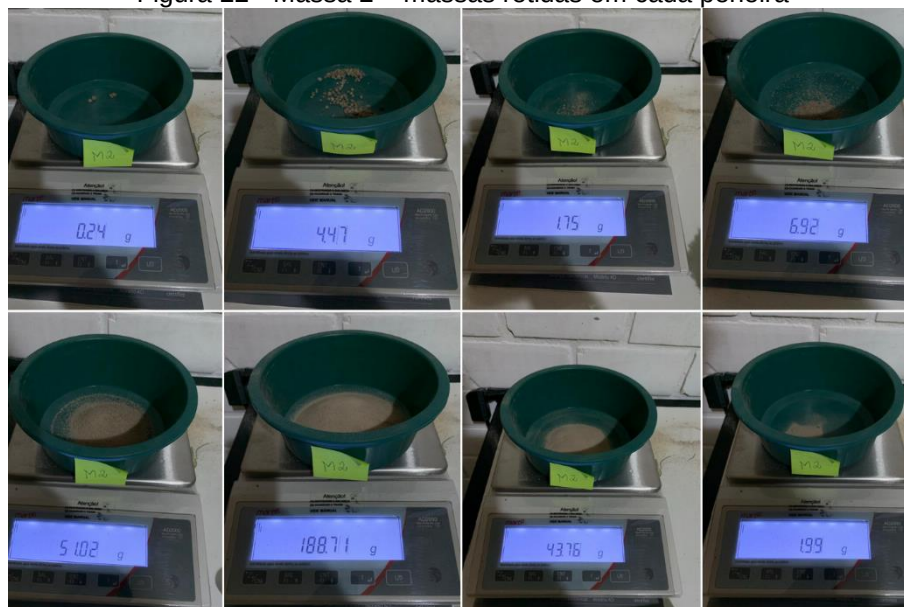
As Figuras 21 e 22, ilustram as séries de imagens referentes as pesagens de duas amostras de areia, que são vendidas comercialmente como fina. Já as Tabelas 8 e 9 são os valores obtidos em cada peneira e o valor médio das pesagens com a Norma, respectivamente. Na figura 23, tem-se a curva granulométrica dos dados da Tabela 8.

Figura 21 - Massa 1 – massas retidas em cada peneira



Fonte: autor (2021)

Figura 22 - Massa 2 – massas retidas em cada peneira



Fonte: autor (2021)

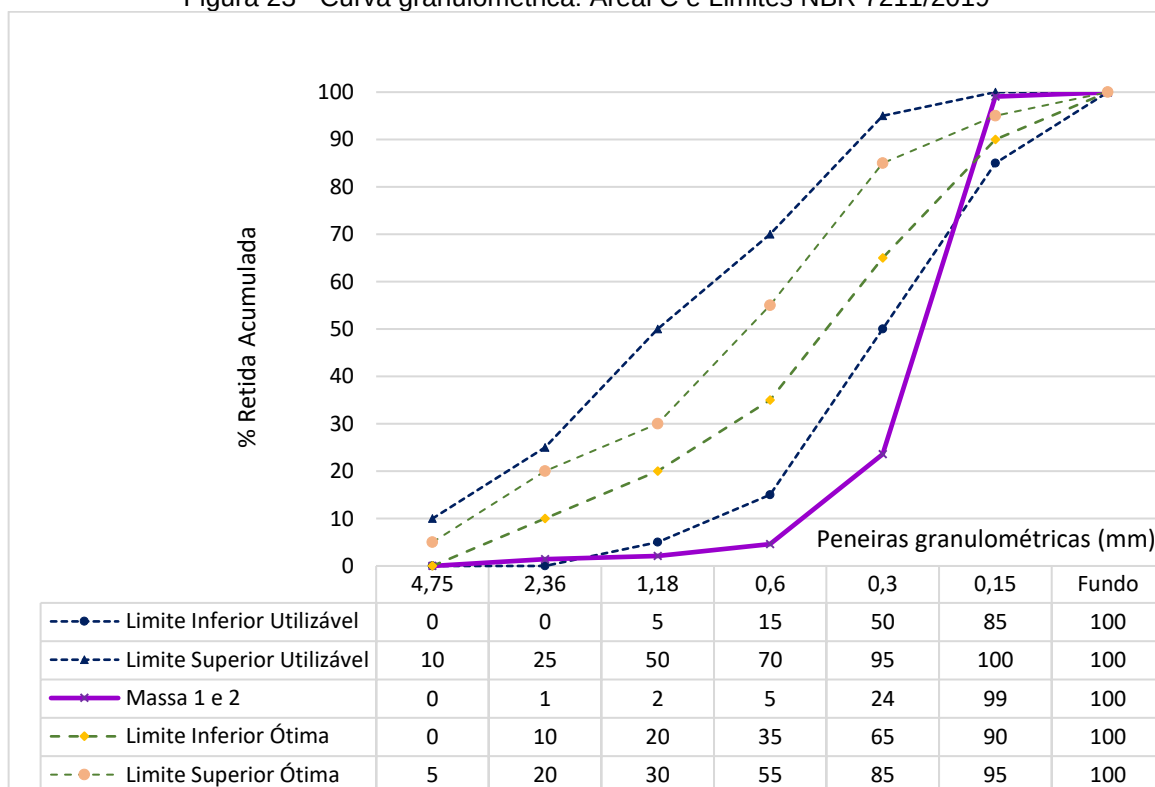
Tabela 8 - Granulometria da areia Fina - Areal C

Abertura das peneiras (mm)	massa retida (g)				% Retida		%Retida Acumulada		
	Massa 1	Massa 2	Massa 1 e 2	Massa 1	Massa 2	Massa 1 e 2	Massa 1	Massa 2	Massa 1 e 2
4,75	0	0,24	0,12	0,00	0,09	0,05	0	0	0
2,36	2,87	4,47	3,67	1,17	1,75	1,47	1	2	1
1,18	1,4	1,75	1,58	0,57	0,69	0,63	2	2	2
0,6	5,59	6,92	6,26	2,28	2,71	2,50	4	5	5
0,3	44,27	51,02	47,65	18,03	20,00	19,03	22	25	24
0,15	188,97	188,71	188,84	76,95	73,97	75,43	99	99	99
Fundo	2,48	1,99	2,24	1,01	0,78	0,89	100	100	100
Total	246	255	250	100,00	100,00	100,00			
DMC (mm)							0,60	0,60	0,60
MF							1,28	1,34	1,31

Tabela 9 - Granulometria Areal C e ABNT NBR 7211/2019

Abertura das peneiras (mm)	Massa 1 e 2	Limite Inferior Zona Utilizável	Limite Inferior Zona Ótima	Limite Superior Zona Ótima	Limite Superior Zona Utilizável
4,75	0	0	10	0	5
2,36	1	0	25	10	20
1,18	2	5	50	20	30
0,6	5	15	70	35	55
0,3	24	50	95	65	85
0,15	99	85	100	90	95
Fundo	100	100	100	100	100
DMC (mm)	0,6	1,18	6,3	4,75	4,75
MF	1,31	1,55	3,50	2,20	2,90

Figura 23 - Curva granulométrica: Areal C e Limites NBR 7211/2019



Fonte: autor (2021)

Verifica-se ao analisar os resultados dos ensaios das areias que há predominância de grãos na peneira de 0,15mm, tendo cerca de 77% dos grãos (Tabela 8), com isso o módulo de finura de 1,31 fica abaixo do limite inferior da zona utilizável de 1,55, assim como na amostra anterior, o que torna a areia classificada

como muito fina (Tabela 9). Além disso, constata-se claramente na Figura 23 que a curva da areia ensaiada fica abaixo do limite inferior.

Para BANNURA (2015), o qual ensaiou a areia natural com origem de rio denominada inicialmente como areia fina, o módulo de finura foi de 1,52, bem próximo ao limite inferior da Zona Utilizável, porém mesmo que ainda abaixo da curva, demonstra uma diferença com a amostra atual em questão a qual inicialmente era dita como fina.

4.1.4 Areia Grossa – Areal D

Da mesma maneira como feitos nos procedimentos de pesagens das areias dos itens anteriores, realizaram-se os dois peneiramentos manuais da areia vendida comercialmente como grossa, como mostradas nas imagens das Figuras 24 e 25. Por conseguinte, aos dados dos peneiramentos montaram-se as Tabelas 10 e 11 e, para ilustrar melhor os resultados fez-se a curva granulométrica indicada na Figura 26.

Figura 24 - Massa 1 – massas retidas em cada peneira Areal D (Grossa)



Fonte: autor (2021)

Figura 25 - Massa 2 – massas retidas em cada peneira Areal D (Grossa)



Fonte: autor (2021)

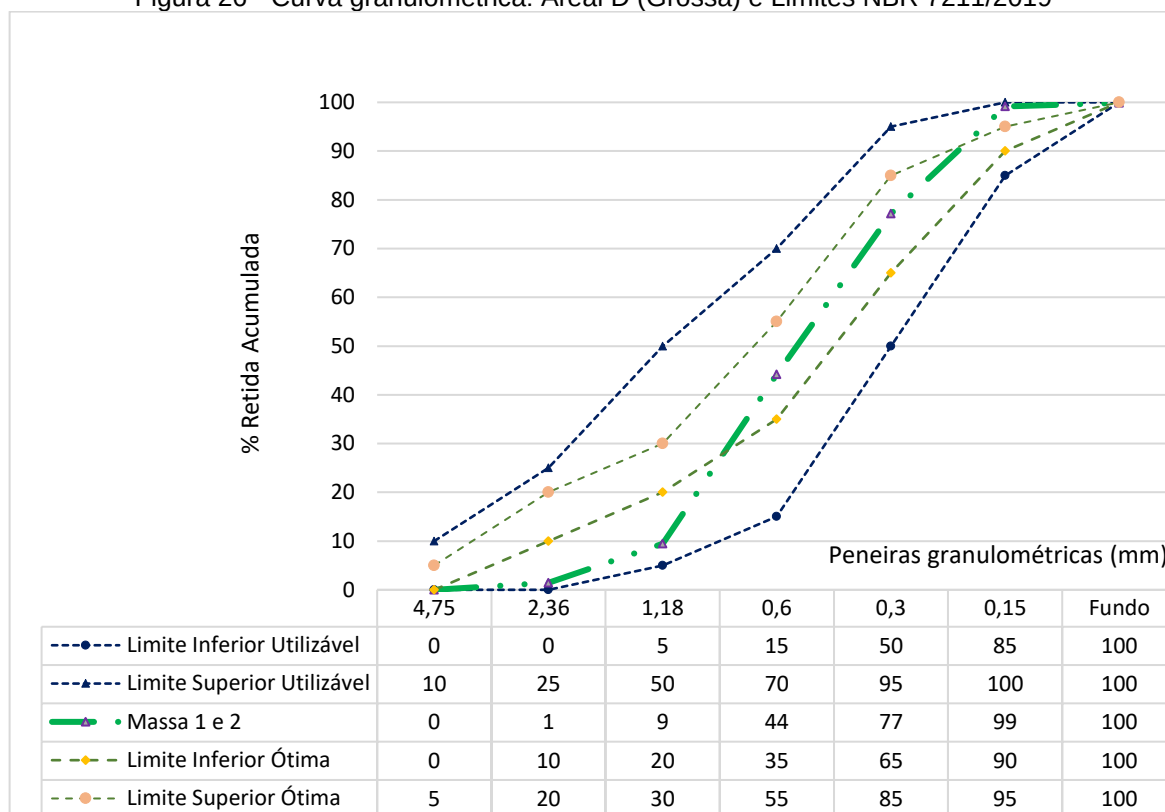
Tabela 10 - Granulometria da areia Grossa - Areal D (Grossa)

Abertura das peneiras (mm)	massa retida (g)			% Retida			%Retida Acumulada		
	Massa 1	Massa 2	Massa 1 e 2	Massa 1	Massa 2	Massa 1 e 2	Massa 1	Massa 2	Massa 1 e 2
4,75	0	0,7	0,35	0,00	0,24	0,12	0	0	0
2,36	3,06	5,31	4,19	1,07	1,81	1,44	1	2	1
1,18	21,03	25,4	23,22	7,34	8,64	8,00	8	10	9
0,6	88,8	112,7	100,75	31,00	38,36	34,73	39	49	44
0,3	96,26	95,18	95,72	33,61	32,39	32,99	73	81	77
0,15	73,95	53,48	63,72	25,82	18,20	21,96	99	99	99
Fundo	3,33	1,05	2,19	1,16	0,36	0,75	100	100	100
Total	286	294	290	100,00	100,00	100,00			
DMC (mm)							0,60	0,60	0,60
MF							2,21	2,42	2,31

Tabela 11 - Granulometria Areal D (Grossa) e ABNT NBR 7211/2019

Abertura das peneiras (mm)	Massa 1 e 2	Limite Inferior Zona Utilizável	Limite Inferior Zona Ótima	Limite Superior Zona Ótima
4,75	0	0	10	0
2,36	1	0	25	10
1,18	9	5	50	20
0,6	44	15	70	35
0,3	77	50	95	65
0,15	99	85	100	90
Fundo	100	100	100	100
DMC (mm)	0,6	1,18	6,3	4,75
MF	2,31	1,55	3,50	2,20

Figura 26 - Curva granulométrica: Areal D (Grossa) e Limites NBR 7211/2019



Fonte: autor (2021)

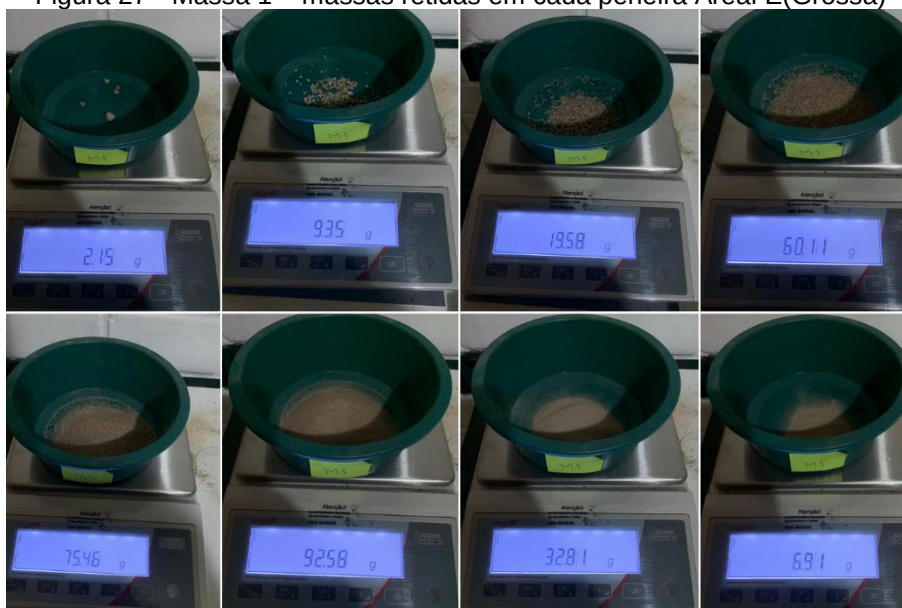
Ao analisar a Tabela 10 nota-se que os grãos vendidos comercialmente como areia grossa tem distribuição bem graduada em todas as peneiras, e ao comparar com os limites da norma (Tabela 11) praticamente a mesma configuração dos seus limites. Ainda, na Figura 26, a curva da areia ficou delimitada dentro do limite inferior e superior da zona utilizável indicada na norma. No entanto os grãos de dimensões maiores de 4,75; 2,36 e 1,18mm ficaram muito próximas ao limite inferior, denotando pouca quantidade de grãos maiores para “levantar” a curva desses diâmetros, porém ainda se identifica uma curva contínua, representando a boa trabalhabilidade que o material pode trazer à argamassa.

O módulo de finura obtido foi de 2,31 permanecendo dentro do intervalo dos limites utilizáveis. Nos estudos de Matos, Allem & Piva (2017) obtiveram o módulo de finura de 2,37 sendo este valor próximo ao agregado miúdo analisado e, também seria classificado como areia grossa, o qual apresenta grande semelhança à essa amostra.

4.1.5 Areia Grossa – Areal E

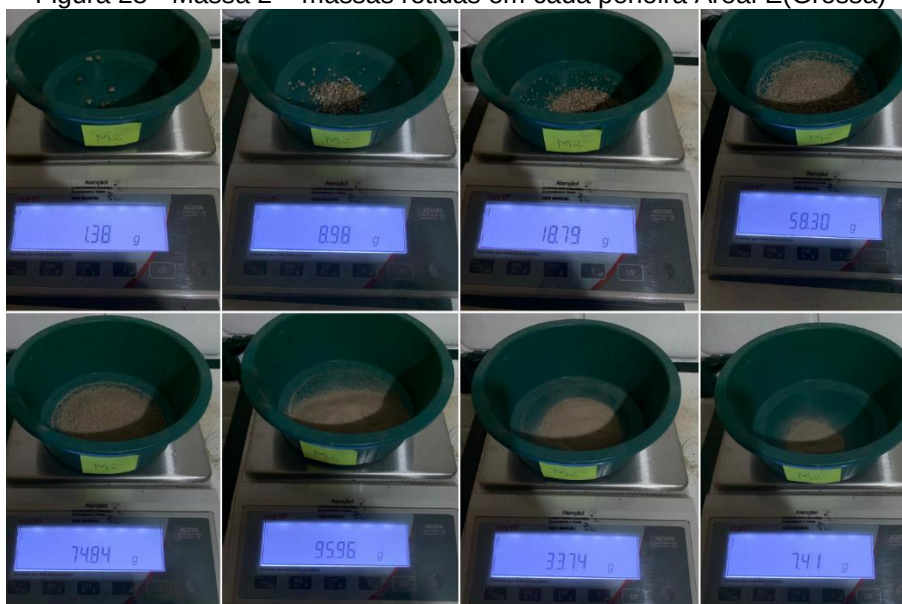
Dando continuidade na obtenção da composição granulométrica das areias pesquisadas, as Figuras 27 e 28, exibem as pesagens dos dois peneiramentos. As Tabelas 12 e 13 expressam os resultados do peneiramento e a comparação com a Norma, respectivamente, e na Figura 29 a curva granulométrica dos resultados da Tabela 12.

Figura 27 - Massa 1 – massas retidas em cada peneira Areal E(Grossa)



Fonte: autor (2021)

Figura 28 - Massa 2 – massas retidas em cada peneira Areal E(Grossa)



Fonte: autor (2021)

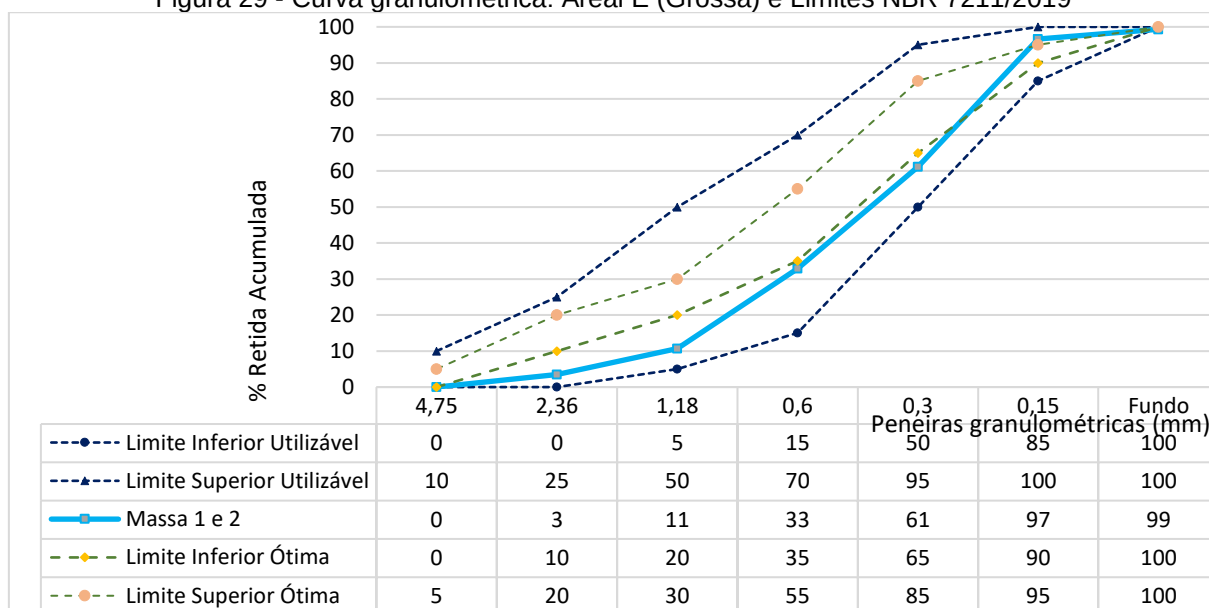
Tabela 12 - Granulometria da areia Grossa – Areal E (Grossa)

Abertura das peneiras (mm)	massa retida (g)			% Retida			%Retida Acumulada		
	Massa 1	Massa 2	Massa 1 e 2	Massa 1	Massa 2	Massa 1 e 2	Massa 1	Massa 2	Massa 1 e 2
4,75	2,15	1,38	1,77	0,81	0,52	0,66	0	0	0
2,36	9,35	8,98	9,17	3,51	3,38	3,45	4	3	3
1,18	19,58	18,79	19,19	7,36	7,07	7,22	11	10	11
0,6	60,11	58,3	59,21	22,59	21,95	22,27	33	32	33
0,3	75,46	74,84	75,15	28,35	28,17	28,26	62	61	61
0,15	92,58	95,96	94,27	34,79	36,12	35,45	97	97	97
Fundo	6,91	7,41	7,16	2,60	2,79	2,69	99	99	99
Total	266	266	266	100,00	100,00	100,00			

Tabela 13 - Granulometria Areal E (Grossa) e ABNT NBR 7211/2019

Abertura das peneiras (mm)	Massa 1 e 2	Limite Inferior Zona Utilizável	Limite Inferior Zona Ótima	Limite Superior Zona Ótima
4,75	0	0	10	0
2,36	3	0	25	10
1,18	11	5	50	20
0,6	33	15	70	35
0,3	61	50	95	65
0,15	97	85	100	90
Fundo	99	100	100	100
DMC (mm)	0,6	1,18	6,3	4,75
MF	2,05	1,55	3,50	2,20

Figura 29 - Curva granulométrica: Areal E (Grossa) e Limites NBR 7211/2019



Fonte: autor (2021)

A areia vendida comercialmente é batizada como areia grossa, dispondo de grãos bem graduados (Tabela 12 e 13), apresentando-se totalmente nos limites da zona utilizável (Figura 29), mas praticamente próxima do limite inferior da norma, caracterizando poucos grãos de diâmetros entre 4,75 a 0,6mm.

4.1.6 Areia Grossa – Areal F

Por último, realizou-se o ensaio de granulometria do Areal F, mantendo-se os procedimentos descritos nos ensaios dos itens anteriores. Assim, as figuras 30 e 31 indicam as sequencias das pesagens retidas em cada peneira, e as Tabelas 14 e 15 apresentam os valores obtidos nas pesagens e os limites da norma, respectivamente. Por fim, a Figura 32 mostra a curva granulométrica da Tabela 14.

Figura 30 - Massa 1 – massas retidas nas peneiras Areal F



Figura 31 - Massa 2 – massas retidas nas peneiras Areal F



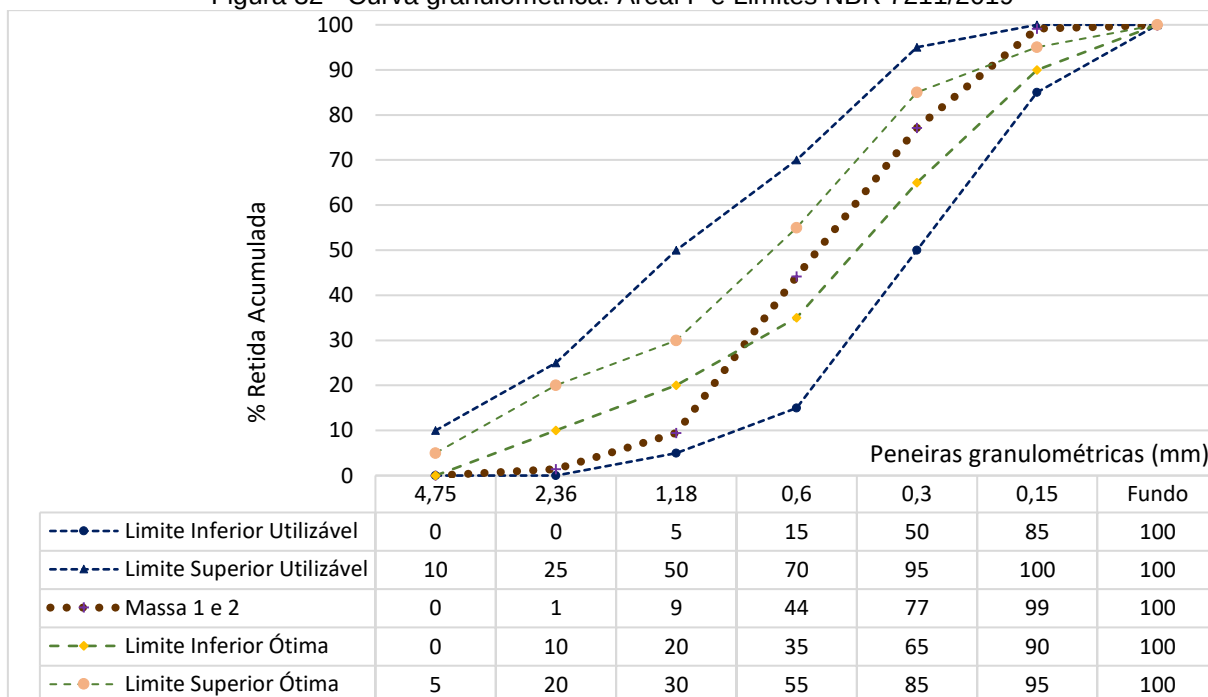
Tabela 14 - Granulometria da areia Grossa – Areal F

Abertura das peneiras (mm)	massa retida (g)			% Retida			%Retida Acumulada		
	Massa 1	Massa 2	Massa 1 e 2	Massa 1	Massa 2	Massa 1 e 2	Massa 1	Massa 2	Massa 1 e 2
4,75	0,91	0,29	0,60	0,31	0,10	0,20	0	0	0
2,36	6,04	4,25	5,15	2,06	1,45	1,76	2	1	2
1,18	27,61	24,24	25,93	9,43	8,27	8,85	11	10	11
0,6	106,41	106,99	106,70	36,33	36,51	36,42	48	46	47
0,3	108,64	112,46	110,55	37,09	38,37	37,73	85	85	85
0,15	41,73	43,29	42,51	14,25	14,77	14,51	99	99	99
Fundo	1,58	1,55	1,57	0,54	0,53	0,53	100	100	100
Total	293	293	293	100,00	100,00	100,00			

Tabela 15 - Granulometria Areal F e ABNT NBR 7211/2019

Abertura das peneiras (mm)	Massa 1 e 2	Limite Inferior Zona Utilizável	Limite Inferior Zona Ótima	Limite Superior Zona Ótima
4,75	0	0	10	0
2,36	2	0	25	10
1,18	11	5	50	20
0,6	47	15	70	35
0,3	85	50	95	65
0,15	99	85	100	90
Fundo	100	100	100	100
DMC (mm)	0,6	1,18	6,3	4,75
MF	2,43	1,55	3,50	2,20

Figura 32 - Curva granulométrica: Areal F e Limites NBR 7211/2019



A areia vendida comercialmente é fornecida como areia grossa. Possui grãos graduados (Tabelas 14 e 15), ficando dentro dos limites da zona utilizável (Figura 32). Percebe-se que ocorre poucos grãos nos diâmetros de 4,75 e 2,36mm.

O módulo de finura desta amostra é de 2,43, acima de todas as anteriores, porém dentro do limite de zonas utilizáveis, entre os diâmetros de 0,6mm e 0,15mm a curva ainda permanece dentro da zona ótima.

O resultado obtido por DUTRA (2015) em sua pesquisa apresentou o módulo de finura de 2,47 e dimensão máxima característica de 4,8mm, se assemelhando à amostra ensaiada.

4.1.7 Comparações Granulométricas entre as areias estudadas

Para melhor comparação entre as areias comercializadas na região de Pontal do Paraná, a Tabela 16 e a Figura 33 ilustra todas as curvas granulométricas das areias analisadas. Além disso, para classificar os tamanhos dos grãos de acordo com os valores do MF (módulo de finura) a Tabela 17 exibe a classificação das areias com o MF e, assim verificar se as areias vendidas pelos areais correspondem a classificação.

Tabela 16 - Valores Granulométricos dos areais analisados

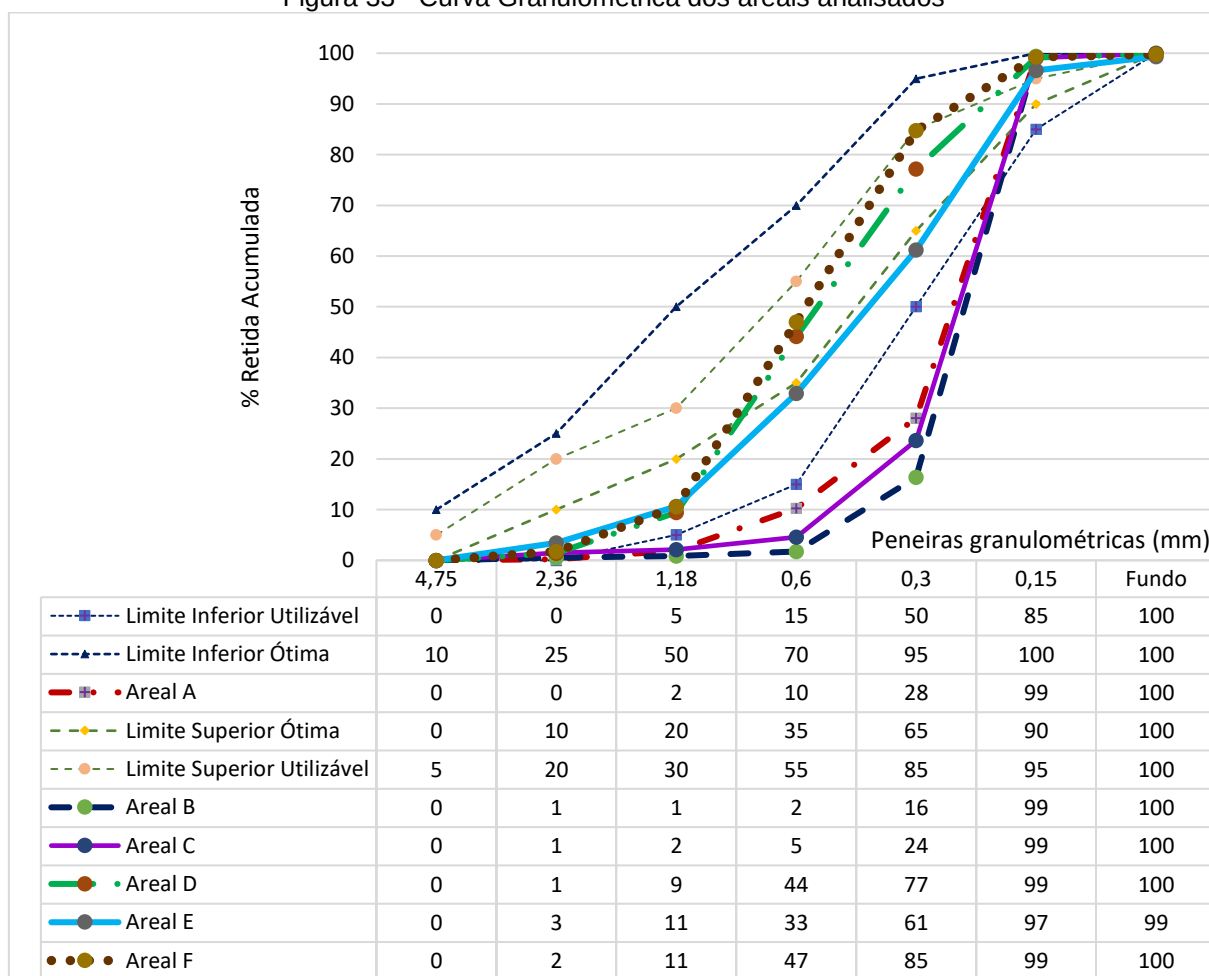
Abertura das peneiras (mm)	Areal A	Areal B	Areal C	Areal D	Areal E	Areal F	Limite Inferior Zona Utilizável	Limite Inferior Zona Ótima	Limite Superior Zona Ótima	Limite Superior Zona Utilizável
4,75	0	0	0	0	0	0	0	10	0	5
2,36	0	1	1	1	3	2	0	25	10	20
1,18	2	1	2	9	11	11	5	50	20	30
0,6	10	2	5	44	33	47	15	70	35	55
0,3	28	16	24	77	61	85	50	95	65	85
0,15	99	99	99	99	97	99	85	100	90	95
Fundo	100	100	100	100	99	100	100	100	100	100
DMC (mm)	1,18	0,6	0,6	2,36	2,36	2,36	1,18	6,3	4,75	4,75
MF	1,40	1,19	1,31	2,31	2,05	2,43	1,55	3,50	2,20	2,90

Tabela 17 - Classificação dos grãos das areias pelo Módulo de Finura

Agregado	Módulo de Finura (MF)
Muito Grosso	$MF \geq 3,90$
Grosso	$3,30 \leq MF < 3,90$
Médio	$2,40 \leq MF < 3,30$
Fino	$MF < 2,40$

Fonte: ABNT NM 248/2003

Figura 33 - Curva Granulométrica dos areais analisados



Fonte: autor (2021)

Analisando os módulos de finura (MF) das areias estudadas (Tabela 16) com o MF da Tabela 17, nota-se que as areias vendidas comercialmente como fina pelos areais tem $MF < 1,40$, bem abaixo do valor de 2,40. Comparando com os valores das classificações do MF da antiga Norma ABNT NBR 7211 de 1983, estipula-se que areia com $MF < 2,0$ é classificada como muito fina.

Ocorre ainda ao fato de que existem grandes porcentagens de areia que ficam retidas nas peneiras de 0,15mm (Tabelas 3, 6 e 8), tendo poucos grãos nas peneiras de 4,75 e 1,2mm ocasionando em elevada diminuição dos grãos, restringindo-a na classificação de areia muito fina e não em areia fina.

Por outro lado, conforme a ABNT NBR 7211 de 2019 (atualizada) indica que valores do MF inferior a 2,40 é classificada como fina. Dessa forma, pode-se considerar que as areias vendidas estão com a classificação dentro da norma. Mas, vale realçar de que é necessário verificar a curva granulométrica, como indicadas nas figuras anteriores, de forma que nestas evidenciam as quantidades em cada peneira e, não analisar apenas pelo modulo de finura.

Ademais, para uso de areias finas em concretos sem a correção com acréscimo de areia grossa e/ou muito grossa, pode deixar a massa com vazios, diminuindo a resistência e aumentando a permeabilidade à água. Além disso, grãos finos, demandam maiores quantidades de água de amassamento. Por tudo isso, é bom lembrar da importância da análise granulométrica na dosagem de concretos e argamassas para uso na construção civil.

Segundo BAUER (2019), as areias possuem três faixas granulométricas, das quais são classificadas como finas as que possuem diâmetro entre 0,15 e 0,6mm, as areias médias que possuem entre 0,6 e 2,4mm e as areias grossas que ficam entre 2,4 e 4,8mm. Com isso, analisando os valores de dimensão máxima característica obtidos das areias finas temos a primeira com 1,18mm e as outras duas com 0,6mm, se encaixando na primeira faixa de areias finas descrito.

Ao analisar as areias vendidas comercialmente como sendo grossa, verifica-se que o MF dos três areais estão abaixo de 3,30 em que a norma (Tabela 17) estipula para areia grossa. Dessa forma, constata-se que o Areal F tem a areia classificada como média e não como grossa. Já os areais Ee D vendem areias como sendo grossa, mas estão classificadas como sendo fina (Tabela 17). Apesar dos grãos estarem dentro dos limites utilizáveis da norma (Figura 30), é importante verificar as quantidades retidas em cada peneira.

Para Souza, Silva e Pina (2017) informa que "é essencial o estudo da distribuição granulométrica do agregado para determinação de parâmetros fundamentais no processo de dosagem. São exemplos destes a determinação da dimensão máxima característica e do modulo de finura do agregado e a obtenção da curva granulométrica." Visto isso, sabemos que cada classificação de areia tem sua

funcionalidade, assim como a areia grossa é ideal para chapiscos, a areia fina é ideal para argamassas de revestimentos, por exemplo.

Não apenas a granulometria, mas também a forma de grãos é de grande influência para definir o agregado com maior precisão, assim como para Metha e Monteiro (1994) “agregados de textura mais ásperas, angulosos e alongados irão consumir maior quantidade de pasta quando comparados com partículas lisas e arredondadas”, pois agregados de forma alongada poderão passar peneiras graduadas finas, podendo gerar imprecisão ou equívoco no ensaio de granulometria.

Sendo assim, estudar a amostra ensaiada mais a fundo e suas demais propriedades é de grande importância para sua classificação completa. Ainda há a possibilidade de correção granulométrica para melhorar o desempenho da argamassa tanto em seu estado fresco quanto após a secagem, como o estudo feito por BANNURA (2005), em que foi elaborada a composição de quatro misturas granulométricas propostas a fim de aumentar o desempenho das argamassas estudadas com objetivo de apresentar materiais com menor retração, maior aderência e menor permeabilidade, constatando que a granulometria deveria ser preferencialmente contínua.

4.2 DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA

Para cada amostra de areia dos areais de Pontal do Paraná, foram realizadas três repetições de pesagens das massas das areias para a obtenção da massa unitária, tanto no estado solto como no estado compactado, conforme ilustram as imagens das Figuras 34 a 39. Após, os valores registrados nos ensaios foram organizados em uma planilha para calcular a massa unitária (Tabela 18) e gerado o gráfico para melhor comparação entre os resultados dos areais (Figura 40).

Figura 34 - Massas no estado solto e compactado – Areal A (Fino)



Fonte: autor (2021)

Figura 35 - Massas no estado solto e compactado – areia fina (Areal B)



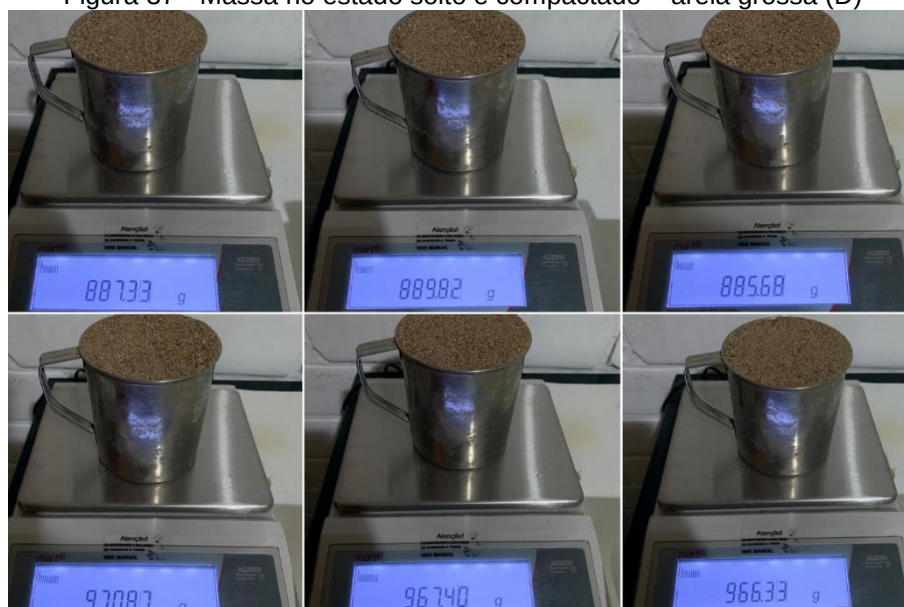
Fonte: autor (2021)

Figura 36 - Massas no estado solto e compactado – areia fina (Areal C)



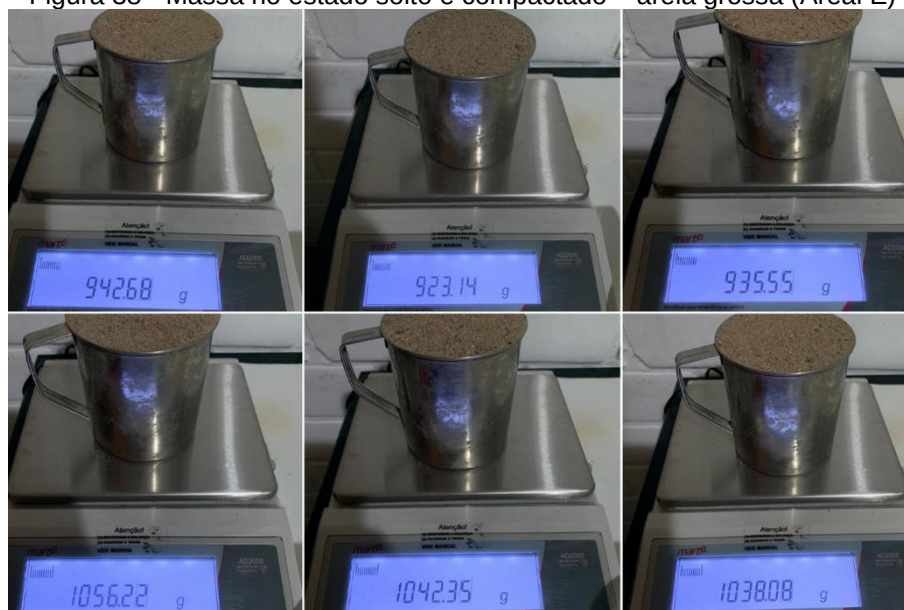
Fonte: autor (2021)

Figura 37 - Massa no estado solto e compactado – areia grossa (D)



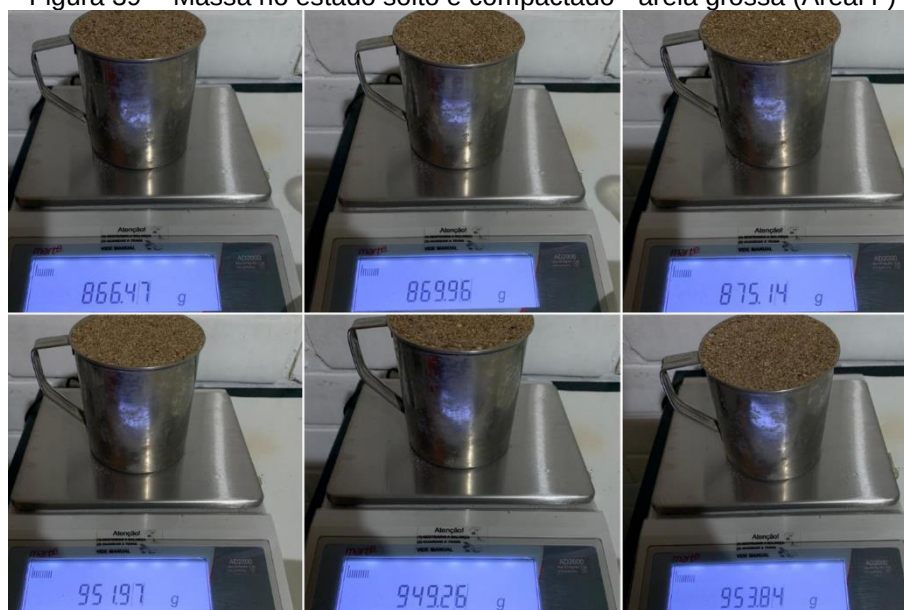
Fonte: autor (2021)

Figura 38 - Massa no estado solto e compactado – areia grossa (Areal E)



Fonte: autor (2021)

Figura 39 - Massa no estado solto e compactado - areia grossa (Areal F)

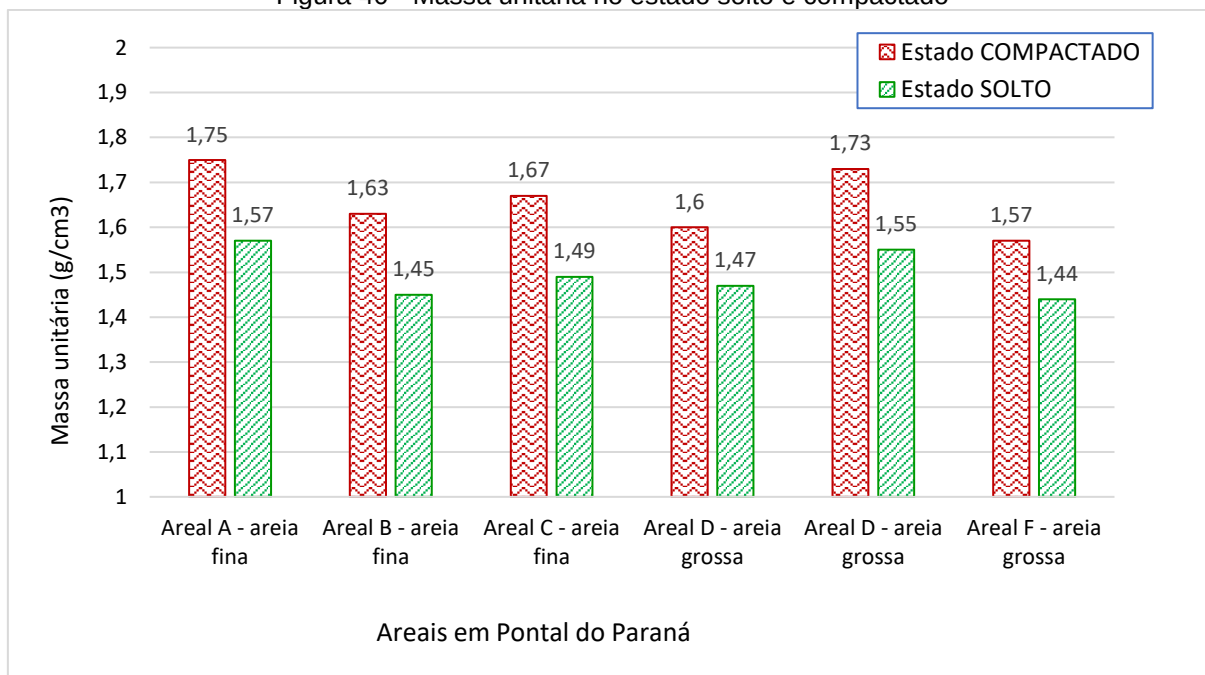


Fonte: autor (2021)

Tabela 18 - Massa Unitária no estado solto e compactado.

Amostra	Estado	Massa 1 (g)	Massa 2 (g)	Massa 3 (g)	Volume do recipiente (cm³)	Massa unitária média (g/cm³)
Areal A areia fina	Solto	952,6	949,97	941,58	604,36	1,57
	Compactado	1056,63	1045,3	1063,8		1,75
Areal B areia fina	Solto	877,46	878,58	874,01		1,45
	Compactado	983,88	986,57	989,68		1,63
Areal C areia fina	Solto	899,37	900,25	901,49		1,49
	Compactado	1012,7	1018,95	1003,04		1,67
Areal D areia grossa	Solto	887,33	889,82	885,68		1,47
	Compactado	970,87	967,4	966,33		1,6
Areal E areia grossa	Solto	942,68	923,14	935,55		1,55
	Compactado	1056,22	1042,35	1038,08		1,73
Areal F areia grossa	Solto	866,47	869,96	875,14		1,44
	Compactado	951,97	949,26	953,84		1,57

Figura 40 - Massa unitária no estado solto e compactado



Fonte: autor (2021)

Ao analisar os resultados obtidos nos ensaios para a determinação da massa unitária (Tabela 18 e Figura 40) percebe-se que as massas no estado solto são menores para todas as amostras dos areais em comparação com o estado

compactado e, mesmo que de diferentes origens, apresentam valores muito semelhantes.

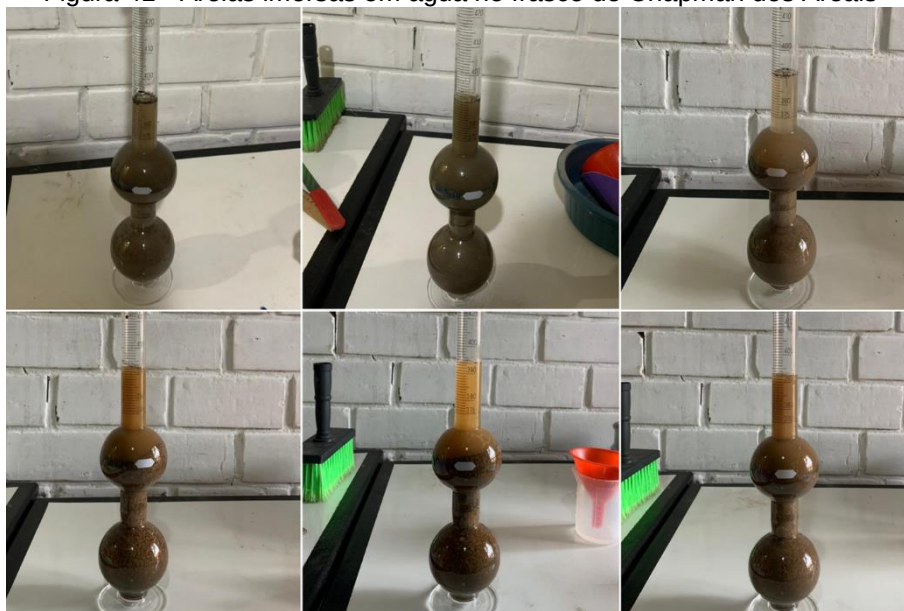
Segundo BAUER (2019), o valor da massa unitária média para a areia natural é $1,5 \text{ g/cm}^3$, nota-se que todos os valores obtidos para as amostras estiveram bem próximos a este valor. A amostra de areia grossa do Areal F foi o menor valor obtido, ficando abaixo apenas 4,0% do valor médio padrão de massa unitária.

Para DUTRA (2015), o valor de massa unitária obtido para a areia natural foi de 1,45, o mesmo valor da amostra ensaiada deste trabalho de areia fina do Areal B.

4.3 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA

Conforme as recomendações nos procedimentos descrito na norma NBR NM 52/2003. Foi pesada a quantidade correspondente a 500g (quinhentos gramas) para cada amostra de areia, realizado duas vezes o ensaio para cada amostra dos areais. A Figura 41 ilustra as areias dos areais de Pontal do Paraná no frasco de Chapman com água para realização das leituras finais de deslocamento da água, pós inserção da areia. Os resultados das leituras finais e o cálculo da massa específica estão dispostas na Tabela 19.

Figura 41 - Areias imersas em água no frasco de Chapman dos Areais

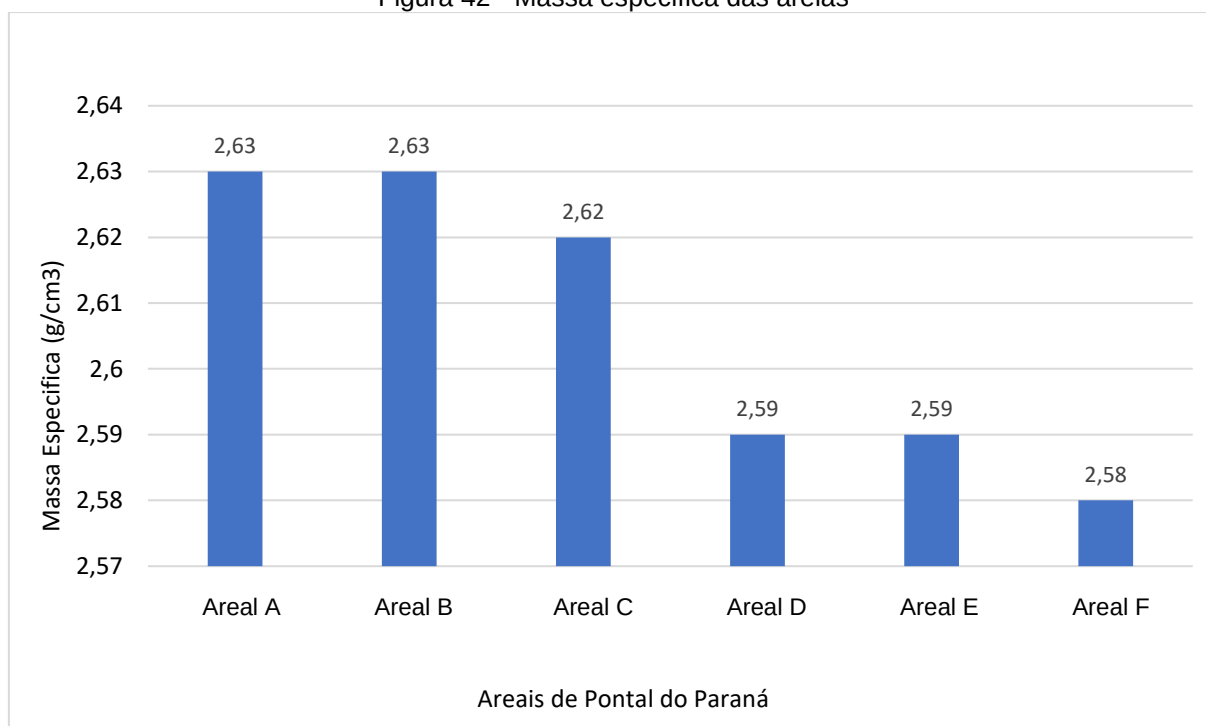


Fonte: autor (2021)

Tabela 19 - Massa Específica das areias dos Arealais

Amostra	Leitura Final (cm³)	Massa Específica (g/cm³)
Areal A - areia fina	390,00	2,63
Areal B - areia fina	390,00	2,63
Areal C - areia fina	391,00	2,62
Areal D - areia grossa	393,00	2,59
Areal E - areia grossa	393,00	2,59
Areal F - areia grossa	394,00	2,58

Figura 42 - Massa especifica das areias



Fonte: autor (2021)

Verifica-se na Figura 42 que as areias finas possuem valores da massa específica maiores em relação as areias grossas, devido ao fato de que grãos menores deixam menos espaços vazios que grãos de maiores dimensões.

ARNOLD (2011), encontrou em seu trabalho o valor para a massa específica da areia natural de 2,48g/cm³, então ao comparar com os resultados verifica-se que a amostra utilizada foi de areia grossa.

Dessa maneira, é possível perceber a influência que a massa específica pode causar em argamassas e concretos, como no consumo de água e ligantes (BAUER, 2019), e em suas propriedades no concreto fresco, como a coesão (DUTRA, 2015).

4.4 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE INCHAMENTO

Para cada amostra de areia dos areais de Pontal do Paraná o ensaio foi executado duas vezes mantendo a repetibilidade com os mesmos valores da massa inicial e as umidades requeridas na norma.

4.4.1 Areia fina – Areal A

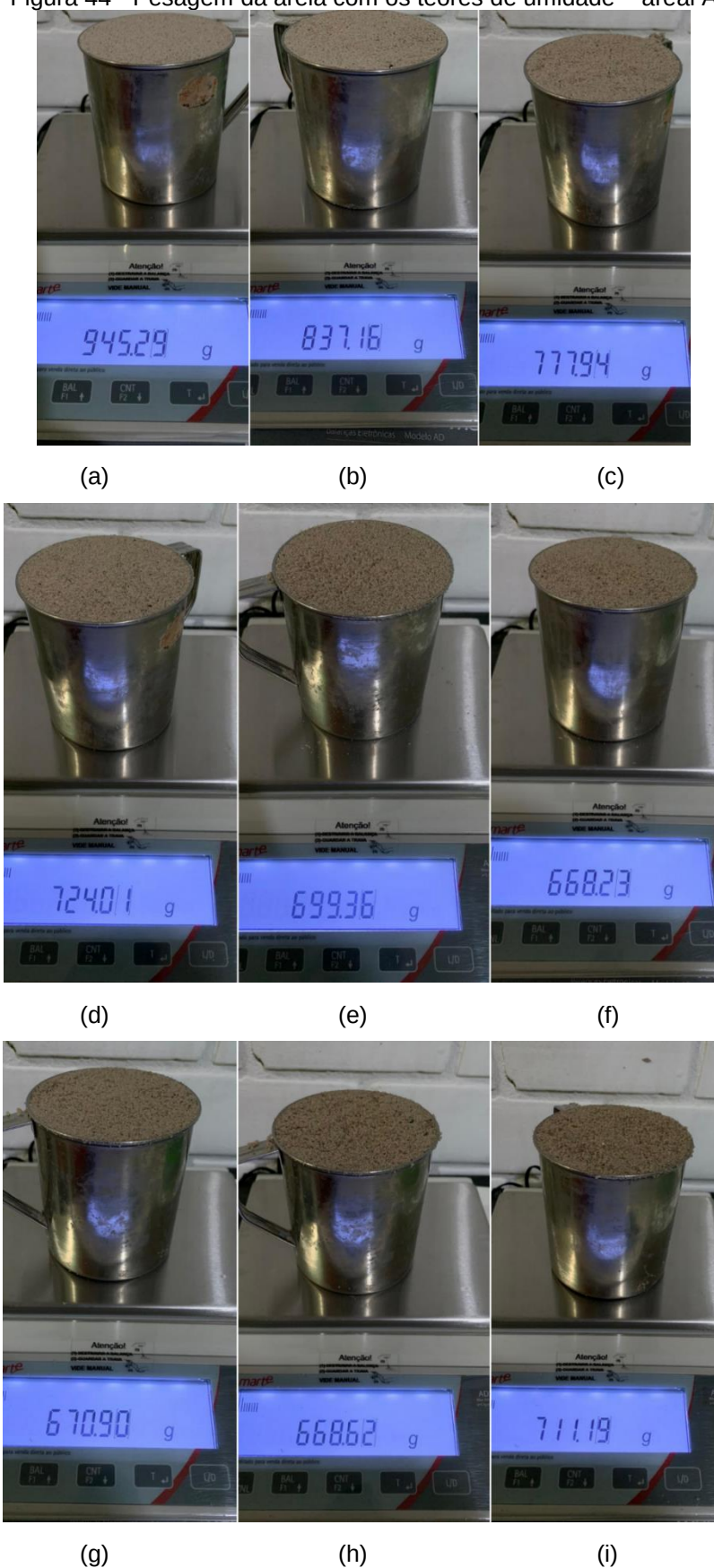
O material utilizado para o ensaio de Inchamento está ilustrado na Figura 43, e a massa seca inicial utilizada para o procedimento de umidificação com água foi de 1938,03g. As porcentagens de umidade com água acrescida na massa seca inicial encontram-se nas sequencias de imagens da Figura 44. Os valores obtidos foram tabulados em uma planilha (Tabela 20) e a curva de inchamento está colocada na Figura 45 com o traçado das retas para determinação da Umidade Crítica (U_c) e do Coeficiente de Inchamento Médio (C_{Im}).

Figura 43 - Material utilizado



Fonte: autor (2021)

Figura 44 - Pesagem da areia com os teores de umidade – areal A



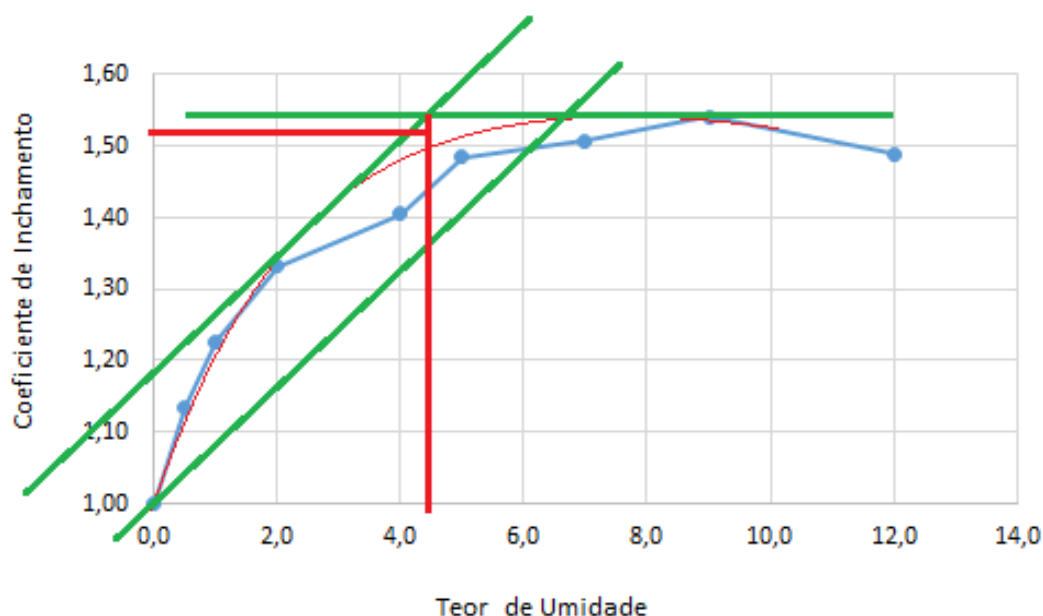
Legenda: Teor de umidade (a) 0% (b) 0,5% (c) 1% (d) 2% (e) 4% (f) 5% (g) 7% (h) 9% (i) 12%

Fonte: autor (2021)

Tabela 20 - Dados do ensaio: Areal A (fina)

Porcentagem de água inserida (%)	0%	0,5%	1%	2%	4%	5%	7%	9%	12%
Massa seca)	1938,00								
Massa de água adicionada (g)	0,00	9,69	19,38	38,76	77,52	96,90	135,66	174,42	232,56
Massa da amostra (g)	945,29	837,16	777,94	724,01	699,36	668,23	670,90	668,62	711,19
Volume do Recipiente (cm ³)	604,36								
Massa unitária solta em cada ponto (g/cm ³)	1,56	1,39	1,29	1,20	1,16	1,11	1,11	1,11	1,18
Coefficiente de Inchamento (Vh/Vs)	1,00	1,13	1,23	1,33	1,41	1,49	1,51	1,54	1,49

Figura 45 - Curva de inchamento: Areal A (Fina)



Analisando o traçado das retas sobre a curva de inchamento (Figura 45) obtém-se o coeficiente de inchamento médio de 1,52 e a umidade crítica de 4,5%. Percebe-se que o formato da curva de inchamento demonstra ondulações (para menos) nos teores de umidade de 4% e 7%, provavelmente por erro no preenchimento da areia no recipiente.

Conforme informação obtida na pesquisa de Souza, Silva e Pina (2017) o coeficiente de inchamento e umidade crítica obtidos foram de 1,43 e 4,7% respectivamente, sendo sua amostra denominada de “areia barrada” pelas

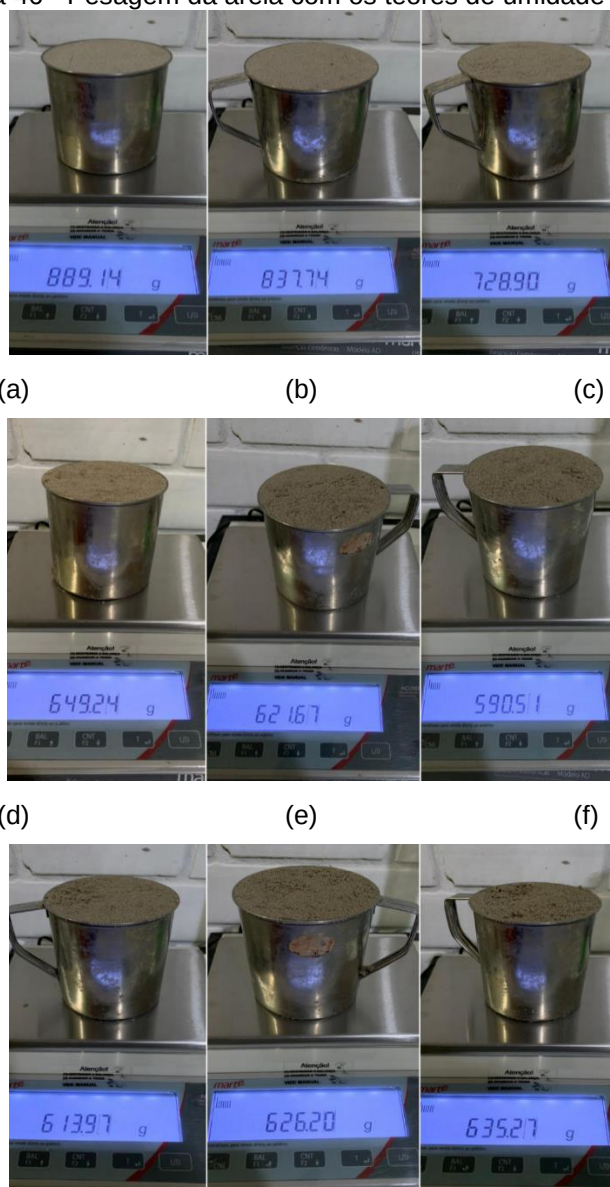
características de grãos muito finos apresentadas, ademais frisam também sobre a importância da “mensuração desse comportamento a fim de se garantir a utilização do volume exato de areia previsto no traço”.

4.4.2 Areia fina – Areal B

As imagens das pesagens da areia com diferentes teores de umidade estão na Figura 46, na Tabela 21 estão os dados obtidos e na

Figura 47 mostra a curva de inchamento.

Figura 46 - Pesagem da areia com os teores de umidade areal B

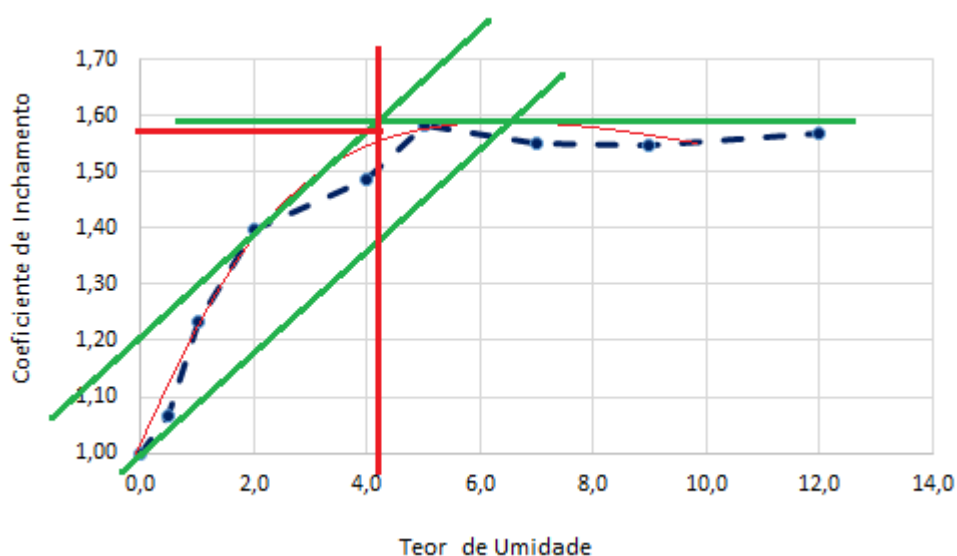


(g) (h) (i)
 Legenda: Teor de umidade (a) 0% (b) 0,5% (c) 1% (d) 2% (e) 4% (f) 5% (g) 7% (h) 9% (i) 12%

Tabela 21 - Dados do ensaio Areal B (fina)

Porcentagem de água inserida (%)	0%	0,5%	1%	2%	4%	5%	7%	9%	12%
Massa seca inicial (g)	1880,00								
Massa de água adicionada total (g)	0,00	9,40	18,80	37,60	75,20	94,00	131,60	169,20	225,60
Massa da amostra (g)	889,14	837,74	728,90	649,24	621,67	590,51	613,97	626,20	635,27
Volume do Recipiente (cm ³)	604,36								
Massa unitária solta em cada ponto (g/cm ³)	1,47	1,39	1,21	1,07	1,03	0,98	1,02	1,04	1,05
Coefficiente de Inchamento (Vh/Vs)	1,00	1,07	1,23	1,40	1,49	1,58	1,55	1,55	1,57

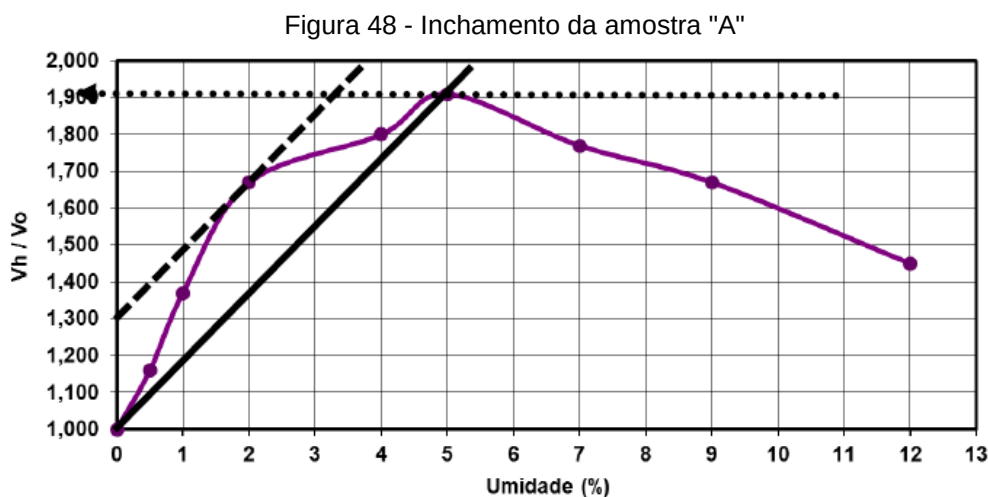
Figura 47 - Curva de Inchamento – Areal B



Verifica-se que o inchamento médio é de 1,58 e a umidade crítica é de 4,2%, conforme valores obtidos no traçado de retas na curva de inchamento (Figura 47).

Além disso, percebe-se também ondulações na curva, tendo como prováveis erros no preenchimento da areia em alguns teores de umidade.

A obtenção de valores por MEIER (2011), referentes ao coeficiente de inchamento e umidade crítica foram de 1,665 e 3,2% respectivamente, e a Figura 48 mostra a curva de Inchamento obtida por ele e, comparando com a curva neste trabalho (Figura 48) com a amostra do Areal B são bastantes semelhantes.

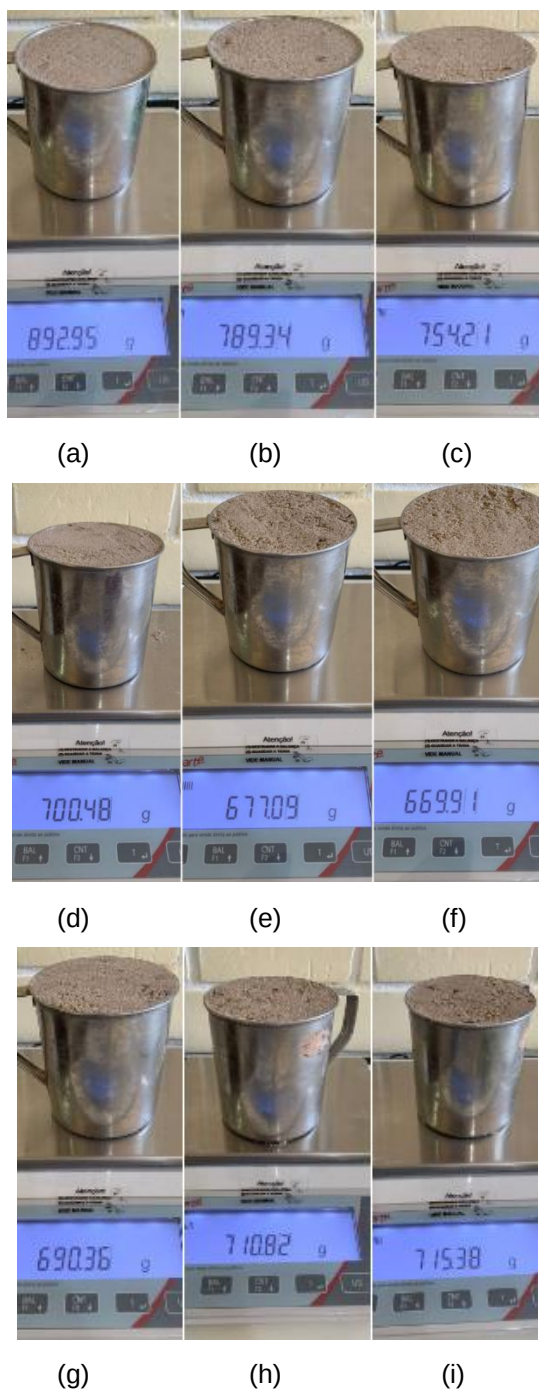


Fonte: Denis Meier

4.4.3 Areia fina – Areal C

Seguindo as pesagens com os acréscimos de teores de umidade conforme estabelecidos na norma, a Figura 49 ilustra as pesagens com esses teores indicados na norma. Já a Tabela 22, mostra os resultados tabulados do ensaio e a Figura 50, exibe a curva de inchamento.

Figura 49 - Pesagem da areia com os teores de umidade – areal C

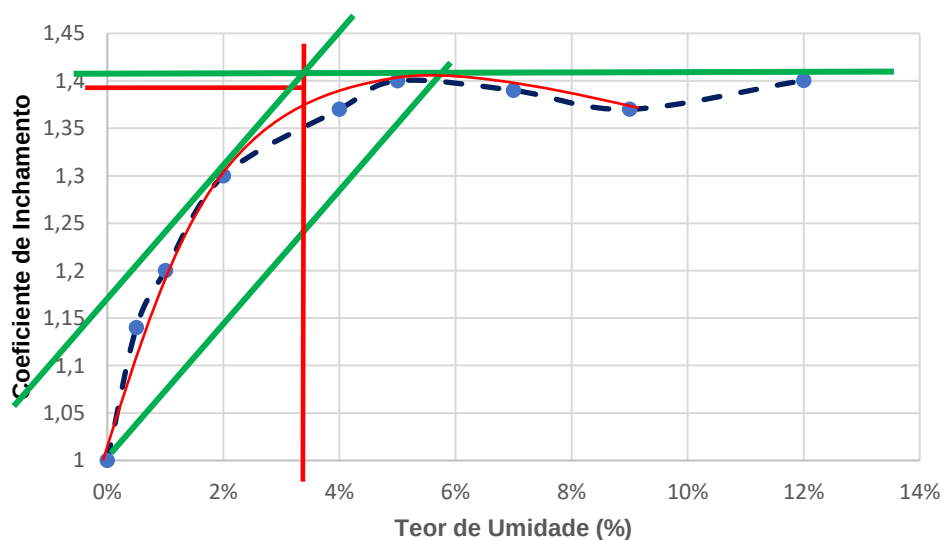


Legenda: Teor de umidade (a) 0% (b) 0,5% (c) 1% (d) 2% (e) 4% (f) 5% (g) 7% (h) 9% (i) 12%

Tabela 22 - Dados do ensaio Areal C (fina)

Porcentagem de água inserida (%)	0%	0,5%	1%	2%	4%	5%	7%	9%	12%
Massa seca inicial (g)	1880,24								
Massa de água adicionada total (g)	0,00	9,40	18,80	37,60	75,21	94,01	131,62	169,22	225,63
Massa da amostra (g)	892,95	789,34	754,21	700,48	677,09	669,91	690,36	710,82	715,38
Volume do Recipiente (cm ³)	604,36								
Massa unitária solta em cada ponto (g/cm ³)	1,48	1,3061	1,2479	1,1590	1,1203	1,1085	1,1423	1,1761	1,1837
Coefficiente de Inchamento (Vh/Vs)	1,00	1,14	1,20	1,30	1,37	1,40	1,39	1,37	1,40

Figura 50 - Curva de Inchamento Areal C



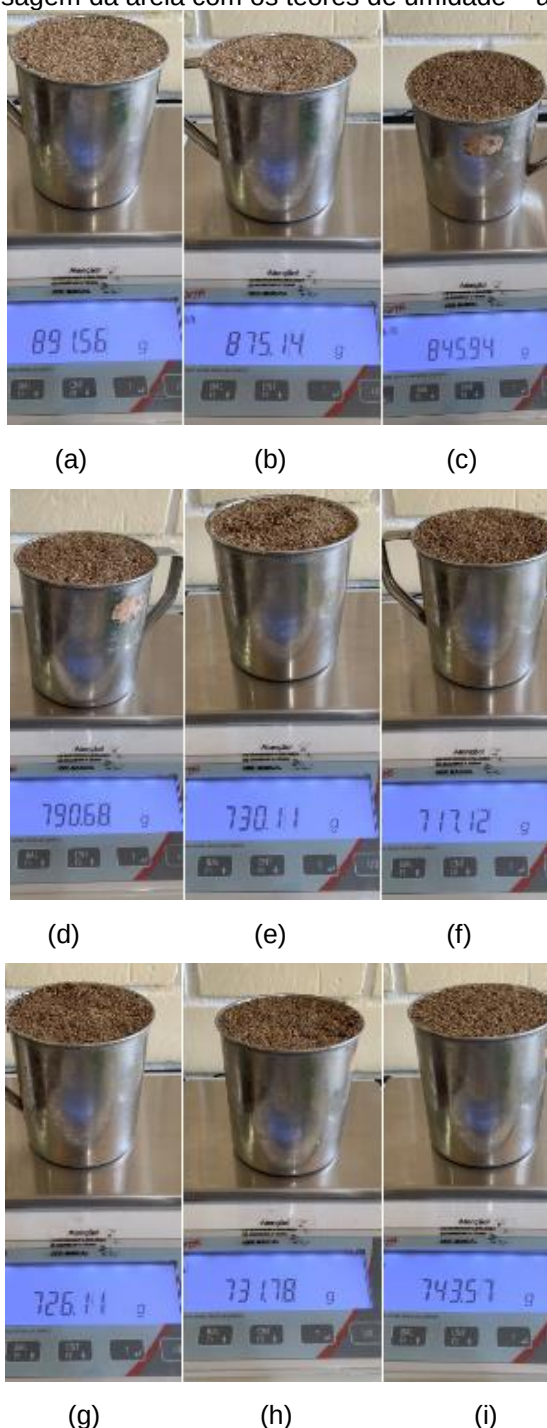
O valor do coeficiente de Inchamento obtido foi de 1,39 e a umidade crítica de 3,4%. Valores semelhantes com as últimas duas amostras ensaiadas anteriormente também de areia fina, porém com uma umidade crítica mais baixa, pode-se justificar pelo fato da não uniformidade de grãos, visto que quanto menos uniformes, menor os espaços vazios entre os grãos, conseqüentemente o volume de água e o teor de umidade presente também é menor.

4.4.4 Areia grossa – Areal D

O ensaio de inchamento com os acréscimos de água está demonstrado na Figura 51 e os resultados obtidos na Tabela 23, e na

Figura 52 indica a curva de inchamento.

Figura 51 - Pesagem da areia com os teores de umidade – areal D (Grossa)

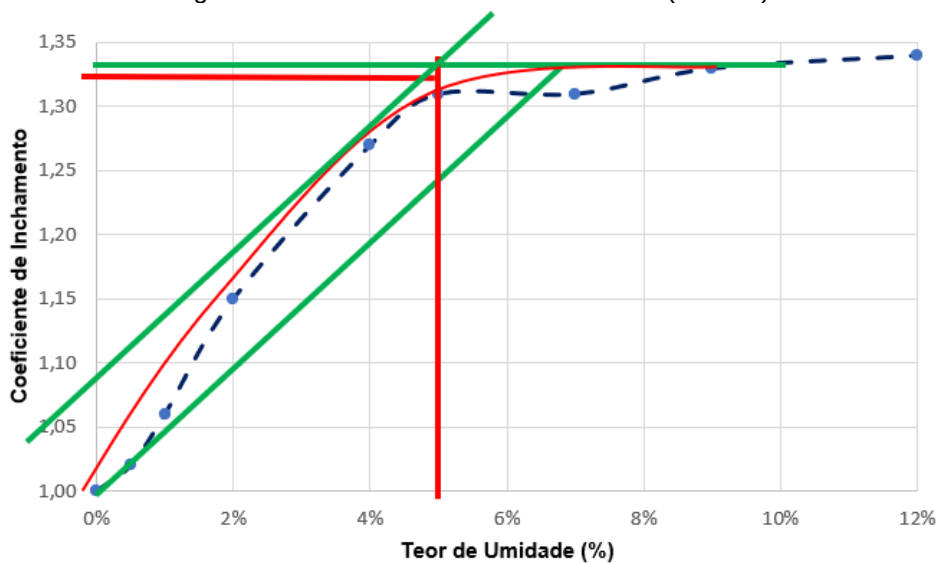


Legenda: Teor de umidade (a) 0% (b) 0,5% (c) 1% (d) 2% (e) 4% (f) 5% (g) 7% (h) 9% (i) 12%

Tabela 23 - Dados do ensaio Areal D (grossa)

Porcentagem de água inserida (%)	0%	0,5%	1%	2%	4%	5%	7%	9%	12%
Massa seca inicial (g)	1810,35								
Massa de água adicionada total (g)	0,00	9,05	18,10	36,21	72,41	90,52	126,72	162,93	217,24
Massa da amostra (g)	891,56	875,14	845,94	790,68	730,11	717,12	726,11	731,78	743,57
Volume do Recipiente (cm ³)	604,36								
Massa unitária solta em cada ponto (g/cm ³)	1,4752	1,4480	1,3997	1,3083	1,2081	1,1866	1,2015	1,2108	1,2303
Coefficiente de Inchamento (Vh/Vs)	1,00	1,02	1,06	1,15	1,27	1,31	1,31	1,33	1,34

Figura 52 - Curva de Inchamento Areal D (Grossa)



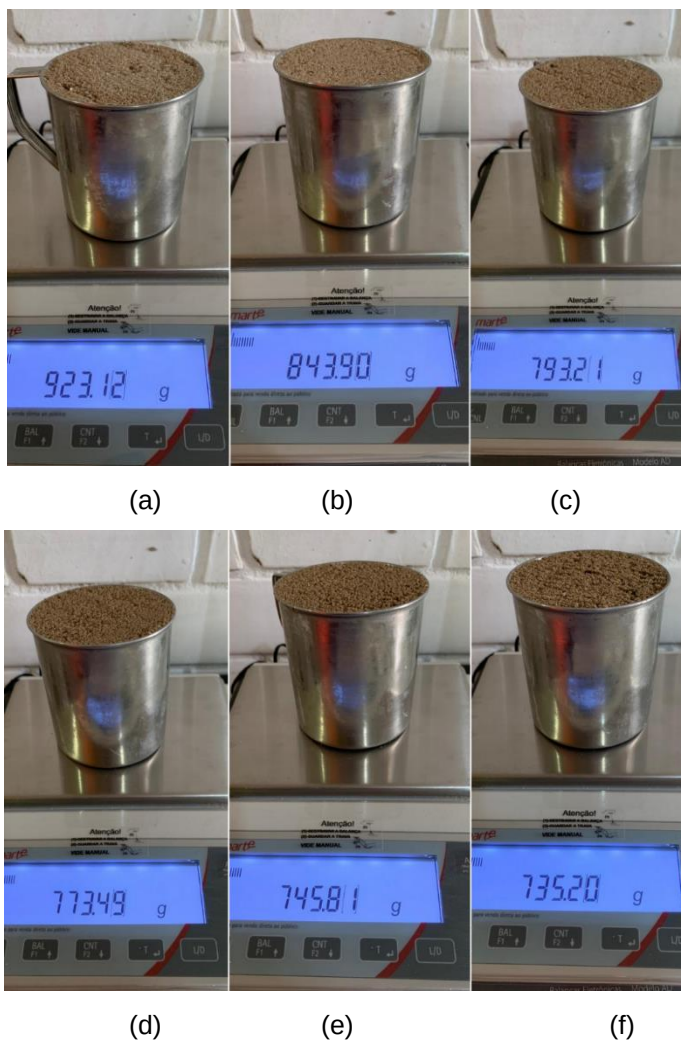
O coeficiente de Inchamento médio e a umidade crítica apresentaram valores de 1,32 e 5,0% respectivamente. O alto valor de umidade crítica justifica-se pelo maior volume de vazios existente para areias de granulometria mais grossa.

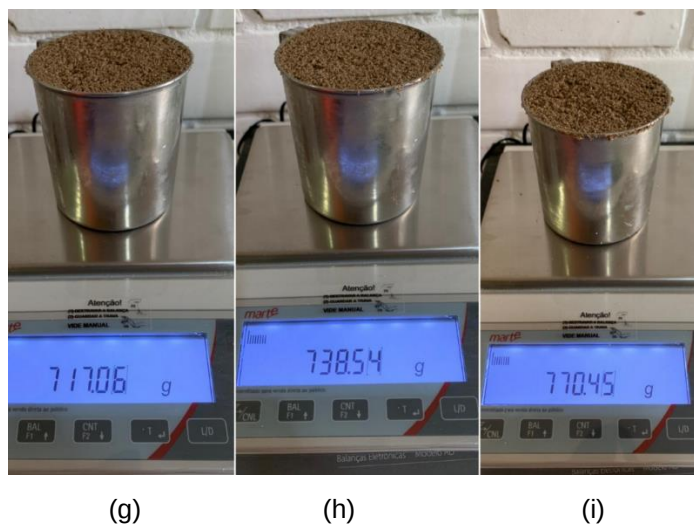
4.4.5 Areia grossa – Areal E (Grossa)

As pesagens com acréscimo de água encontram-se na Figura 53, e os resultados do ensaio estão na Tabela 24. Na

Figura 54 tem-se a curva de inchamento.

Figura 53 - Pesagem da areia com os teores de umidade – areal E(Grossa)



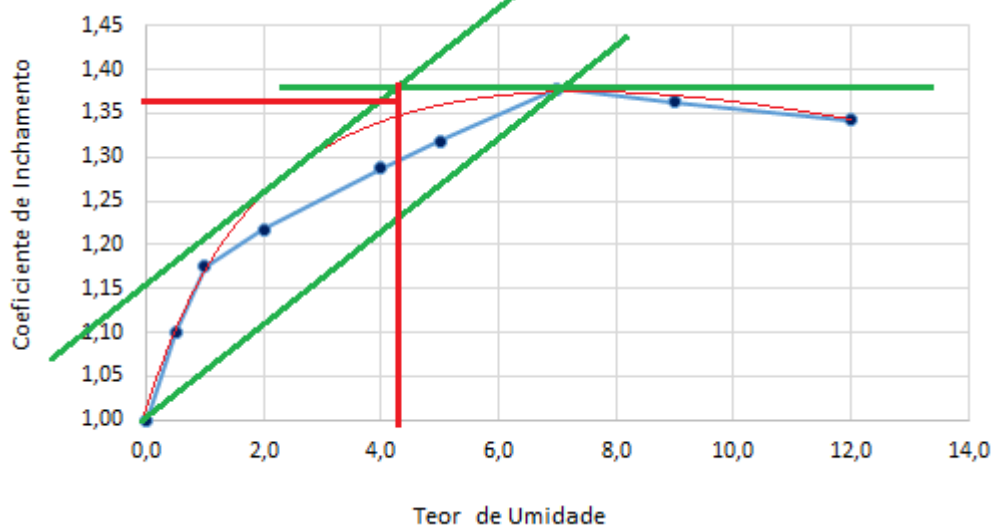


Legenda: Teor de umidade (a) 0% (b) 0,5% (c) 1% (d) 2% (e) 4% (f) 6% (g) 8% (h) 10% (i) 12%

Tabela 24 - Determinação do inchamento do agregado miúdo - Areal E (areia grossa)

Porcentagem de água inserida (%)	0%	0,5%	1%	2%	4%	5%	7%	9%	12%
Massa seca inicial (g)	1967,36								
Massa de água adicionada total (g)	0,00	9,34	18,67	37,35	74,69	93,37	130,72	168,06	224,08
Massa da amostra (g)	923,12	843,90	793,21	773,49	745,81	735,20	717,06	738,54	770,45
Volume do Recipiente (cm ³)	604,36								
Massa unitária solta em cada ponto (g/cm ³)	1,53	1,40	1,31	1,28	1,23	1,22	1,19	1,22	1,27
Coefficiente de Inchamento (Vh/Vs)	1,00	1,10	1,17	1,20	1,24	1,26	1,29	1,25	1,20

Figura 54 - Curva de Inchamento areal E(Grossa)



Verifica-se que a Umidade crítica (C_r) é de 4,2% e o coeficiente de inchamento médio de 1,36 (médio de 1,36)

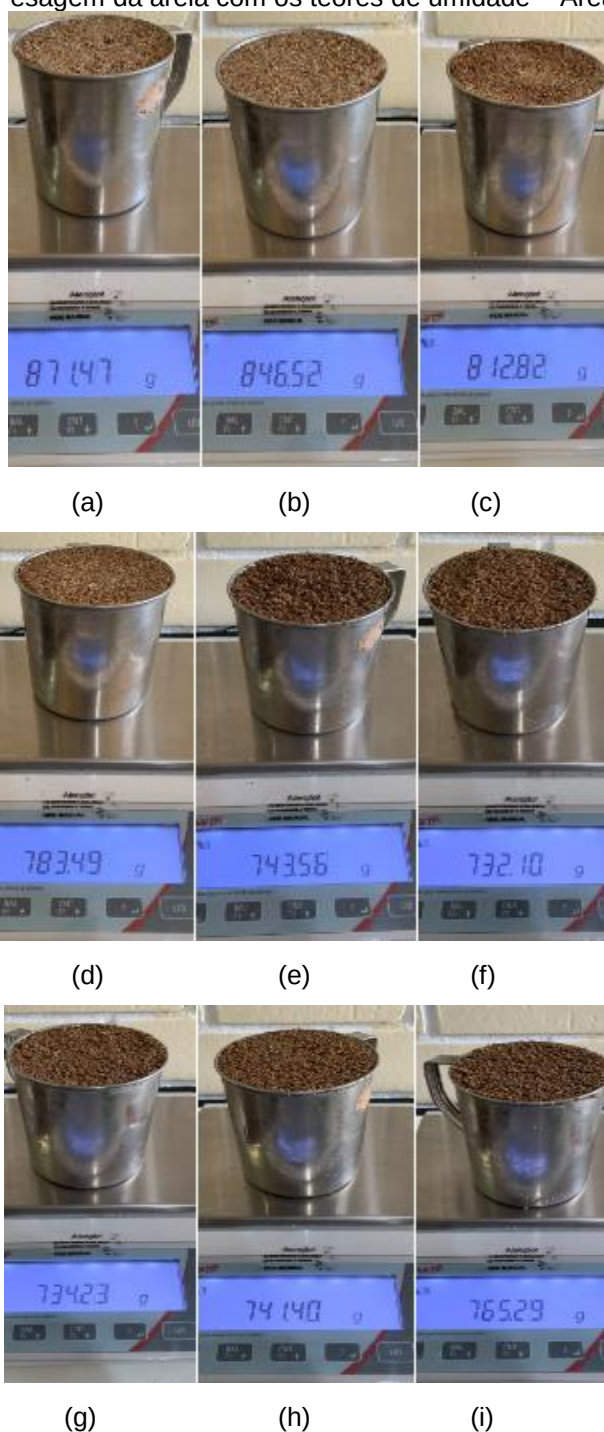
Figura 54).

Para DUTRA (2015), o coeficiente de inchamento para areia natural foi de 1,35 e uma umidade crítica de 4,82%, valor bem semelhante para esta amostra.

4.4.6 Areia grossa – Areal F

A Figura 55, mostra a sequencias de imagens com as quantidades de água acrescentadas, e a Tabela 25 os resultados obtidos, e na Figura 56 expõe a curva de inchamento.

Figura 55 - Pesagem da areia com os teores de umidade – Areal F (Grossa)



Legenda: Teor de umidade (a) 0% (b) 0,5% (c) 1% (d) 2% (e) 4% (f) 5% (g) 7% (h) 9% (i) 12%

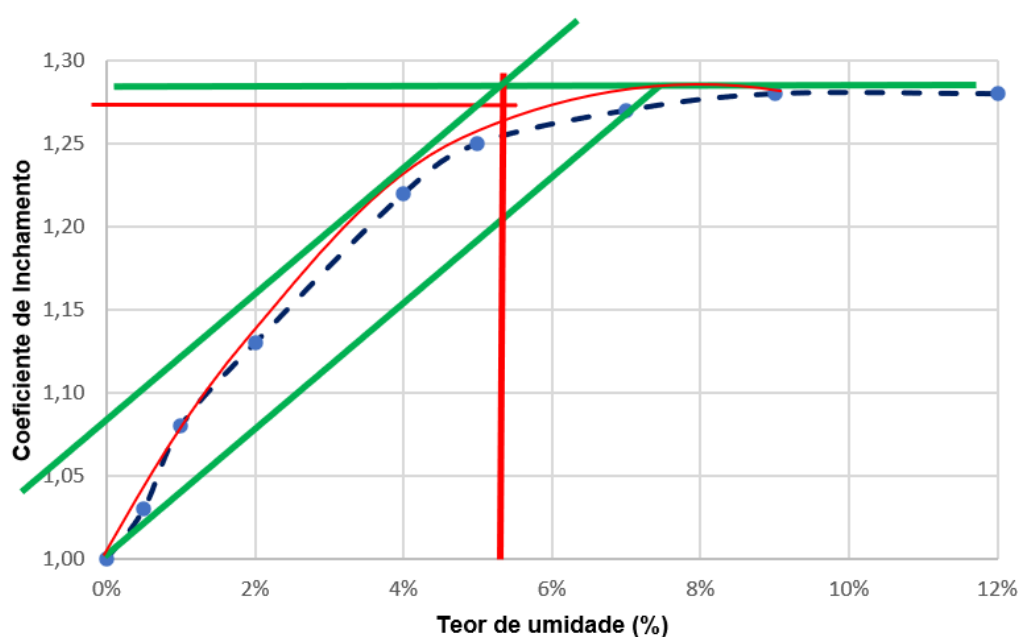
Fonte: autor (2021)

Tabela 25 - Dados do ensaio Areal F (Grossa)

Porcentagem de água inserida (%)	0%	0,5%	1%	2%	4%	5%	7%	9%	12%
Massa seca (g)	1728,66								
Massa de água adicionada total (g)	0,00	8,64	17,29	34,57	69,15	86,43	121,01	155,58	207,44

Massa da amostra (g)	871,47	846,52	812,82	783,49	743,56	732,10	734,23	741,40	765,29
Volume do Recipiente (cm³)	604,36								
Massa unitária solta (g/cm³)	1,4420	1,4007	1,3449	1,2964	1,2303	1,2114	1,2149	1,2268	1,2663
Massa unitária solta seca (g/cm³)	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44
Coefficiente de Inchamento (Vh/Vs)	1,00	1,03	1,08	1,13	1,22	1,25	1,27	1,28	1,28

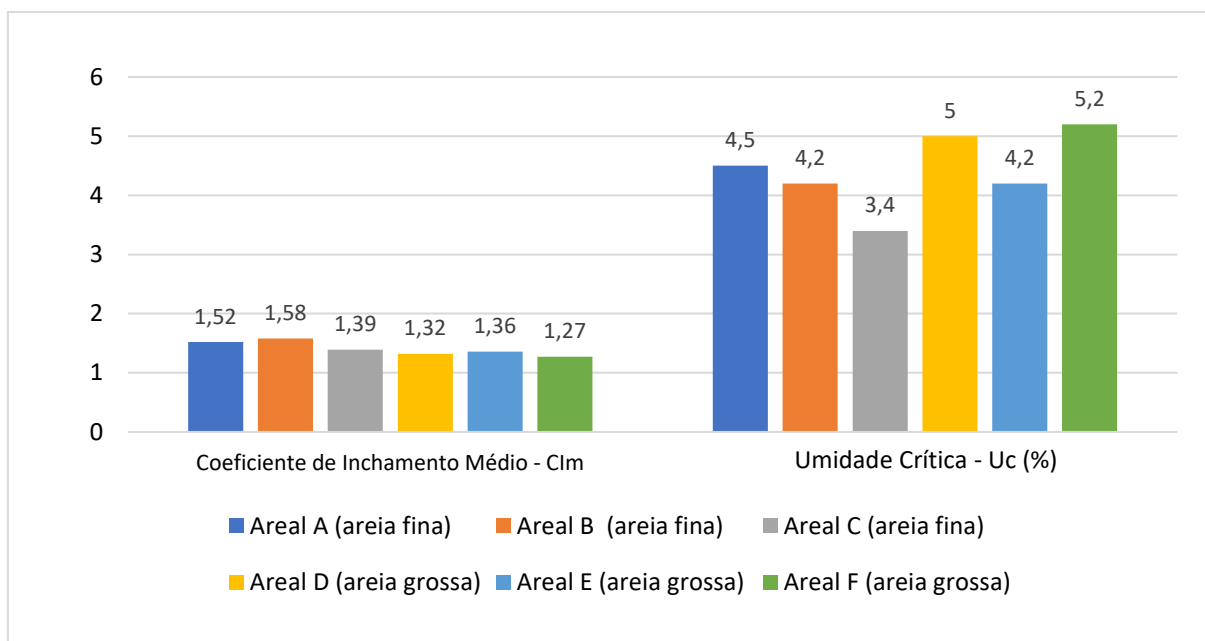
Figura 56 - Curva de Inchamento Areal F (Grossa)



Fonte: autor (2021)

Para esta amostra obteve-se o coeficiente de inchamento médio de 1,27 e a umidade crítica de 5,2%, o qual foi o maior valor de umidade encontrado, se comparado com as amostras ensaiadas anteriormente, isso se dá pelo maior número de vazios, visto que quanto maior a dimensão do grão, mais água necessária para o preenchimento desses vazios como já analisado nos ensaios de massa unitária e específica para este material. Dessa forma, para melhor comparação entre os dados obtidos a Figura 57 ilustram os resultados comparativos entre as umidades críticas e os coeficientes de inchamento médios encontrados.

Figura 57 - Dados de Inchamento Geral



Verifica-se (Figura 57) que as areias comercializadas grossas possuem valores do Coeficiente de Inchamento médio menores que as finas, devido ao fato de possuírem grãos maiores, consequentemente menos água para molhar todos os grãos. Já as porcentagens de umidades encontram-se em concordância com os autores Souza, Silva & Pina (2017), Denis Meier (2011) e Dutra (2015).

4.5 DETERMINAÇÃO DO MATERIAL FINO, POR LAVAGEM

De acordo com a norma NBR NM 46/2003, a amostra utilizada para este procedimento deve ter 300g (Figura 58), e o procedimento seguiu para todas as areias estudadas. Dessa maneira, cada amostra foi submetida à lavagem individualmente, fazendo ao final a comparação visual da água da lavagem da areia com a água da torneira utilizada. Assim sendo, quando a limpidez da água se assemelhou a água da torneira (Figura 59), o ensaio de lavagem é interrompido e o material retido na peneira 0,075mm é devidamente retirado com cuidado e separado em um recipiente para efetuar a sua secagem.

Figura 58 - Pesagem das amostras



Fonte: autor (2021)

Figura 59 - Comparação de limpeza por visualização



Fonte: autor (2021)

Verifica-se na Figura 59, na imagem à esquerda da foto, encontra-se a água da última lavagem da amostra de areia e, a imagem da direita, a água da torneira, percebe-se claramente que a água de lavagem está límpida.

Após a secagem das amostras, essas foram pesadas e seus dados foram inseridos na Tabela 26. Assim, para melhor comparação entre os areais a Figura 61 ilustra todos os resultados das quantidades de finos presentes nas areias.

Figura 60 - Amostras secas após lavagem

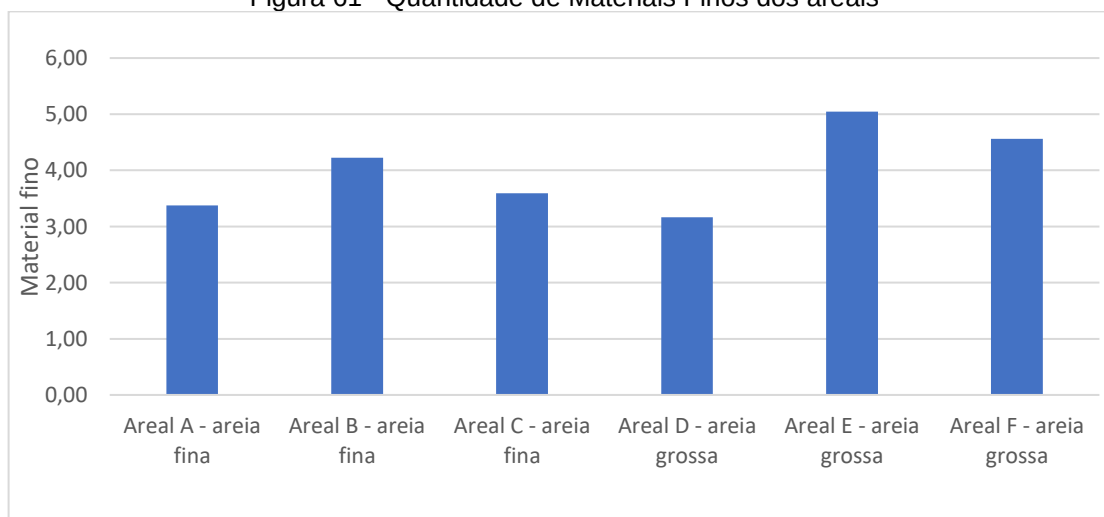


Fonte: autor (2021)

Tabela 26 - Determinação do material fino por lavagem

Amostra	Massa seca inicial (g)	Massa seca após lavagem (g)	Material fino (g)	Material fino (%)
Areal A - areia fina	300	289,87	10,13	3,38
Areal B - areia fina	300	287,32	12,68	4,23
Areal C - areia fina	300	289,22	10,78	3,59
Areal D - areia grossa	300	290,5	9,5	3,17
Areal E - areia grossa	300	284,87	15,13	5,04
Areal F - areia grossa	300	286,32	13,68	4,56

Figura 61 - Quantidade de Materiais Finos dos areais



Fonte: autor (2021)

Percebe-se que dois dos valores de porcentagem mais altos de material fino está presente nas amostras de areia grossa. Segundo a Tabela 3 da norma NBR 7211/2019, a porcentagem da quantidade máxima deverá estar entre 3 e 5%, sendo de 3% para concreto submetido à desgaste superficial e 5% para concretos protegidos de desgaste superficial.

Nesse sentido, SOUZA, SILVA & PINA, 2017 (2017), argumenta que “É de conhecimento comum que o uso de agregados com teor demasiado de material fino é altamente prejudicial para a qualidade do concreto e das argamassas, podendo causar, por exemplo: elevação no consumo de água, o que normalmente gera uma redução da resistência mecânica dos compósitos cimentícios; desagregação do revestimento argamassado”

Sabe-se que o excesso de finos e materiais pulverulentos prejudicam o desempenho e resistência do concreto, e quando utilizado em argamassas há perda significativa da aderência, visto que as amostras beiraram os limites impostos na norma, sendo insatisfatório para o uso direto na elaboração de argamassas, o material deverá ser mesclado com outro antes da utilização direta na construção civil.

5 CONCLUSÃO

A realização dos ensaios para caracterizar as areias da região litorânea deu-se no momento de Pandemia (2020/2021) e sem acesso ao Laboratório de Materiais (máxima restrição), dessa forma os ensaios restringiram-se às quais foram minimamente possíveis, utilizando-se equipamentos e/ou materiais disponíveis naquele momento para a realização dessas. Assim sendo, pode-se concluir que:

- As areias comercializadas na região não apresentam as denominações correlatadas na distribuição das areias, visto que todas as areias classificadas como fina pelo fornecedor se enquadram melhor em grãos muito finas. Já as areias classificadas pelos produtores como grossa, foram determinadas nos ensaios como sendo finas à média.
- Verificou-se em quase todas as areias analisadas a ocorrência de grandes porcentagens de finos retidos em uma faixa de peneira, acarretando grãos uniformes, consequentemente maiores vazios.
- Os ensaios de massa específica e unitária encontradas estão dentro da faixa de valores das areias, contribuindo para a determinação dos insumos nas dosagens de concretos e argamassas.
- Percebeu-se no decurso que os fornecedores da região não fazem análises, pois não é prática corriqueira, bem como no monitoramento das areias coletadas nas jazidas, uma vez que existe baixo conhecimento por parte dos proprietários dos areais. Além disso, verificou-se que existe conhecimento mínimo sobre suas areias, com relação ao tamanho do grão, ou ainda devido ao fato de que os compradores solicitam que sejam misturados vários tipos de areias, na tentativa de corrigir a granulometria. Essa condição de variadas misturas de areias, o não controle das quantidades e diferentes tamanhos dos grãos, são comumente realizadas. No entanto, essa mistura acaba não sendo igualitária, tão pouco a não repetibilidade nas amostras comercializadas.

5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Com o propósito de continuidade da caracterização dos agregados miúdos da região, seguem algumas sugestões para trabalhos e pesquisas futuras que podem contribuir para a análise da qualidade das areias:

- Avaliação do desempenho das argamassas elaboradas com agregado miúdo da região
- Correção granulométrica das areias da região a fim de melhorar o desempenho nas argamassas
- A influência do material pulverulento na resistência das argamassas

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: AGREGADOS PARA CONCRETO - ESPECIFICAÇÃO. 3 ED. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2019. 11 P.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 26**: AMOSTRAGEM. 1 ED. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2009. 7 P.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 27**: AGREGADOS - REDUÇÃO DA AMOSTRA DE CAMPO PARA ENSAIOS DE LABORATÓRIO. 2 ED. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2001. 7 P.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 248**: AGREGADOS - DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA. 1 ED. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2003. 6 P.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 30**: AGREGADO MIÚDO - DETERMINAÇÃO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA. 1 ED. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2001. 3 P.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7218**: AGREGADOS - DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ARGILA EM TORRÕES E MATERIAIS FRIÁVEIS. 2 ED. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2010. 3 P.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16973**: AGREGADOS - DETERMINAÇÃO DO MATERIAL FINO QUE PASSA ATRAVÉS DA PENEIRA 75 µM, POR LAVAGEM. 1 ED. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2021. 6 P.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 49**: AGREGADO MIÚDO – DETERMINAÇÃO DAS IMPUREZAS ORGÂNICAS. 1 ED. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2001. 3 P.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16916**: AGREGADO MIÚDO – DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA E MASSA ESPECÍFICA APARENTE. 1 ED. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2021. 6 P.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6467**: AGREGADOS - DETERMINAÇÃO DO INCHAMENTO DE AGREGADO MIÚDO – MÉTODO DE ENSAIO. 2 ED. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2009. 9 P.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16972**: DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA E DO VOLUME DE VAZIOS. 1 ED. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9775**: AGREGADO MIÚDO – DETERMINAÇÃO DE UMIDADE SUPERFICIAL POR MEIO DO FRASCO DE CHAPMAN. 1 ED. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2011.

AMORIM, V.N.B.; COSTA, J.H.B. **CARACTERIZAÇÃO DE AREIAS COMERCIALIZADAS COMO AGREGADO MIÚDO NA PERIFERIA DE BELÉM DO PARÁ**. BELÉM, PA: IFPA, 2015.

ARNOLD, DAIANA CRISTINA METZ. **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA FORMA DE GRÃOS NAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS**. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL); SÃO LEOPOLDO, RS: UNISINOS, 2011.

AREIA E BRITA. ANEPAC.ORG.BR: ANEPAC, V. 75, ABR. 2020. BIMESTRAL.

BANNURA, G. A. **OTIMIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MIÚDO PARA O USO EM REVESTIMENTO DE ARGAMASSA NA CIDADE DE SANT'ANA DO LIVRAMENTO – RS**. 2005. 128 F. TRABALHO DE CONCLUSÃO (MESTRADO EM ENGENHARIA). PORTO ALEGRE: UFRGS, 2005.

BAUER, L. A. FALCÃO. **MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**. 6. ED. [S. L.]: LTC, 2019. 535 P. V. 1.

BERTOLINO, LUIZ CARLOS; PALERMO, NELY; BERTOLINO, ANA VALÉRIA F. A. GEOLOGIA. *IN*: LUZ, ADÃO BENVINDO; ALMEIDA, SALVADOR LUIZ M. **MANUAL DE AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2. ED. RIO DE JANEIRO: CETEM/MCTI, 2012. CAP. 4, P. 69-79.

CHAVES, A. P.; WHITAKER, W. **OPERAÇÕES DE BENEFICIAMENTO DE AREIA**. *IN*: **MANUAL DE AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2.ED. RIO DE JANEIRO: CETEM/MCTI, 2012. CAP.11. P.197-219.

DULTRA, EDUARDO JORGE VIDAL *et al.* **INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA E FORMATO DE PARTÍCULAS DE AGREGADOS MIÚDOS ORIGINADOS DA BRITAGEM DE ROCHAS EM SUBSTITUIÇÃO À AREIA NATURAL NA CONFECÇÃO DE MATRIZ CIMENTÍCIA**. 2015. 14 f. TESE (DOUTORADO) – CURSO DE ENGENHARIA CIVIL, IFBA, EUNÁPOLIS, IBRACON: 2015.

DUTRA, MARINA BEDESCHI. **PRODUÇÃO DE CONCRETO COM AREIA DE GRANULOMETRIA ÓTIMA – OBTIDA DO RESÍDUO DA MINERAÇÃO DE QUARTZO**. OURO PRETO: UFOP, 2015.

FRAZÃO, E. B. TECNOLOGIA PARA A PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DOS AGREGADOS. *IN*: **AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL**. CONTRIBUIÇÕES PARA FORMAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS. ED. TANNÚS, M. B. E CARMO, J. C. SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL, 2006.

HAGEMANN, SABRINA ELICKER. **APOSTILA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO BÁSICOS**. 1. ED. RIO GRANDE DO SUL: UAB/IFSUL, 2011. 143 P. V. 1.

LARA; LUIZ ALCIDES MESQUITA. **MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**. OURO PRETO: IFMG, 2013.

LUZ, ADÃO BENVINDO DA; ALMEIDA, SALVADOR LUIZ MATOS DE. **MANUAL DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2. ED. RIO DE JANEIRO: CETEM/MCTI, 2012. 433 P.

MATOS, LUÍS F.; ALLEM, PATRÍCIA M.; PIVA, JORGE H. **AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO NATURAL (AREIA) PELO AGREGADO MIÚDO DE BRITAGEM (PÓ DE PEDRA) QUANTO ÀS CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DO CONCRETO**. UNESC, 2017.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **CONCRETO: ESTRUTURA, PROPRIEDADES E MATERIAIS**. 1. ED. SÃO PAULO: PINI, 1994.

MEIER, DENIS. **ANÁLISE DA QUALIDADE DO AGREGADO MIÚDO FORNECIDO EM CURITIBA E REGIÃO METROPOLITANA**. CURITIBA: UTFPR, 2011.

SOUZA, M. M.; SILVA, A. L. O.; PINA, L. V. G. **CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADO MIÚDO FORNECIDO NA MICRORREGIÃO DO AGRESTE POTIGUAR, POPULARMENTE DENOMINADO “AREIA BARRADA”**. HOLOS, RIO GRANDE DO NORTE, ANO 33, V. 04, P. 395-407, 4 AGO. 2017.

SMITH, M. R.; COLLIS, L. **AGGREGATES – SAND, GRAVEL, AND CRUSHED ROCK AGGREGATES FOR CONSTRUCTION PURPOSES**. LONDON: THE GEOLOGICAL SOCIETY LONDON, 2001.

TRISTÃO, FERNANDO A. **INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS TEXTURAIS DAS AREIAS NAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS MISTAS DE REVESTIMENTOS**. TESE (DOUTORADO EM ENGENHARIA CIVIL); FLORIANÓPOLIS: UFSC, 2005.

YAZIGI, W. **A TÉCNICA DE EDIFICAR**. 13. ED. SÃO PAULO: PINI, 2013.

WENTWORTH, CHESTER K. **A SCALE OF GRADE AND CLASS TERMS FOR CLASTIC SEDIMENTS**. THE JOURNAL OF GEOLOGY, VOL. 30. 1922.