



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ANNA CAROLINA NÓBREGA DINIZ

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS MIÚDOS E GRAÚDOS
UTILIZADOS EM CARAÚBAS - RN**

CARAÚBAS-RN

2022

ANNA CAROLINA NÓBREGA DINIZ

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS MIÚDOS E GRAÚDOS
UTILIZADOS EM CARAÚBAS - RN**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Edna Lúcia da Rocha Linhares

Co-orientador: Eng. Civil Alisson Kaio Dantas Pereira

CARAÚBAS - RN

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998 . O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

D585a Diniz, Anna Carolina Nóbrega . Análise
granulométrica dos agregados miúdos e
grãos utilizados em Caraúbas - RN /
Anna Carolina Nóbrega Diniz. - 2022.
81 f. : il.

 Orientadora: Edna Lúcia da Rocha Linhares.
 Coorientadora: Alisson Kaio Dantas Pereira.
 Monografia (graduação) - Universidade
Federal Rural do Semi-árido, Curso de Ciência
e Tecnologia, 2022.

 1. construção civil. 2. agregados. 3.
análise granulométrica. 4. concreto. I.
Linhares, Edna Lúcia da Rocha , orient.
II. Pereira, Alisson Kaio Dantas , co-
orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANNA CAROLINA NÓBREGA DINIZ

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS MIÚDOS E GRAÚDOS
UTILIZADOS EM CARAÚBAS - RN**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 16 de novembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Edna Lúcia da Rocha Linhares (UFERSA)
Presidente

Eng. Civil Alisson Kaio Dantas Pereira (UFERSA)
Co-orientador

Prof. Dr. Wellington Lorrان Gaia Ferreira (UFERSA)
Membro Examinador

Prof. Wilker Fernandes Soares (UFERSA)
Membro Examinador

À minha avó materna Iraci Nóbrega (In Memorian), que sempre esteve ao meu lado, me incentivando, apoiando e cuidando. Á senhora, minha eterna gratidão. Estará para sempre comigo.

Dedico este trabalho a minha mãe Adriana Angélica Nóbrega, que é essencial na minha vida, minha razão de viver! Seu apoio e incentivo foram primordiais para este trabalho. Te amo muito!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que é minha base, pelo dom da vida e por cuidar sempre tão bem de mim, Aquele que nunca me desampara. Por me permitir desenvolver este trabalho, me dando forças e me capacitando, para dar mais um passo em minha vida acadêmica, sem Ele nada disso seria possível. Gratidão a Ele por todos que tenho ao meu lado, me apoiando e incentivando, estes foram de suma importância para a realização do mesmo.

Agradeço a minha família, por sempre se fazerem presentes, nunca medirem esforços para comigo, acreditarem em mim e me apoiarem. Eles que sempre me incentivaram a estudar e conquistar minha formação. A minha mãe Adriana Nóbrega, que é minha fortaleza, porto seguro e meu tudo, meu maior exemplo de mulher e profissional e meu pai Maxwell Diniz, vocês são minha base. As minhas irmãs Anna Clara, Marianna e meu irmão João Henrique, que trazem leveza, luz e esperança à minha vida. E ainda meu padrasto Ramaley Ferdinando, que me acolheu como família, que cuida e me apoia em tudo, sempre pensando no melhor, e minha madrasta Brenda Cardoso. Têm minha eterna gratidão, eu amo vocês!

Agradeço ainda aos meus avós maternos e paternos, tias, tias-avós e primos, por sempre incentivarem os meus estudos e acreditarem no meu potencial, vocês são essenciais na minha vida assim como foram para esta jornada e realização deste trabalho. Agradeço em especial a minha avó materna Iraci Nóbrega, in memoriam, e minha tia materna Andréa de Cássia, na qual junto a minha mãe me criaram quando pequena e me acompanharam por toda a vida, me cuidando, ouvindo, aconselhando, acalentando, e se orgulhando de mim. Honrarei vocês e seus ensinamentos por toda a vida. Obrigada por tanto, amo vocês!

Agradeço a minha orientadora Edna Lúcia por todo aprendizado, ajuda, cuidado, confiança e paciência. Muito obrigada! Agradecer também ao meu co-orientador Alisson Dantas, por todo acompanhamento e aprendizado, foi de suma importância junto a orientadora Edna para este estudo.

Agradeço a Banca Examinadora pela disponibilização para este momento e por toda atenção com meu trabalho. Vocês agregaram bastante ao mesmo, obrigada!

Enfim, agradeço a todos que estiveram ao meu lado no decorrer desta jornada, amigos e colegas, cada um teve sua devida importância para meu crescimento pessoal e profissional, assim como a instituição UFERSA e professores. As minhas amigas, que sempre estiveram comigo, levarei para toda a vida! E especialmente ao meu namorado Diego Gonçalves, que sempre acreditou em mim, me exaltou, apoiou e incentivou, durante todo o curso e desenvolvimento deste trabalho. Muito obrigada!

RESUMO

Abundantes no Brasil e no mundo, os agregados são hoje na indústria da construção civil os insumos minerais mais consumidos no mundo. É de suma importância na produção do concreto, tanto os miúdos quanto graúdos, uma vez que atua diretamente em sua resistência, durabilidade e trabalhabilidade. A mistura destes materiais tem despertado inquietações na indústria da Engenharia Civil, pois reporta na qualidade dos insumos utilizados e em suas aplicações. Este trabalho analisou a distribuição granulométrica dos agregados miúdos e graúdos comercializados e utilizados no município de Caraúbas – RN, e sua conformidade quanto a NBR 7211/2005 - Agregados para concreto – Especificação. As amostras foram coletadas conforme a disponibilidade dos comércios e canteiros de obra, e as análises experimentais foram realizadas no laboratório de solos na Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA, Campus Caraúbas. No geral foram 24 amostras, 12 de agregados miúdos e 12 de agregados graúdos, dentre elas materiais identificados como areia, areia lavada, arisco, brita 19, brita 2, brita 3 e brita cascalho. A análise granulométrica se deu por meio do ensaio de peneiramento, e em seguida suas respectivas curvas granulométricas foram traçadas, sendo possível identificar o comportamento de seus grãos quanto a granulometria, classificá-los e calcular a dimensão máxima característica e módulo de finura destes agregados. Observou-se em partes uma divergência dos materiais quanto a sua classificação, pois os mesmos não coincidiram com a classificação granulométrica da NBR 7211/2005, como também houveram agregados que, de acordo com a norma, é necessário que seja feito um estudo prévio de dosagem antes de seu uso para o concreto. Dessa forma, é possível que estes agregados venham a causar manifestações patológicas no concreto em que ele esteja atuando, a curto ou longo prazo.

Palavras-chave: construção civil; agregados; análise granulométrica; concreto;

ABSTRACT

Abundant in Brazil and in the world, aggregates are today in the civil construction industry the most consumed mineral inputs in the world. It is of paramount importance in the production of concrete, both small and large, since it directly affects its strength, durability and workability. The mixture of these materials has aroused concerns in the Civil Engineering industry, as it reports on the quality of the inputs used and their applications. This work analyzed the granulometric distribution of fine and large aggregates sold and used in the municipality of Caraúbas - RN, and their compliance with NBR 7211/2005 - Aggregates for concrete - Specification. The samples were collected according to the availability of trades and construction sites, and the experimental analyzes were carried out in the soil laboratory at Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA, Campus Caraúbas. Overall, there were 24 samples, 12 of fine aggregates and 12 of large aggregates, among them materials identified as sand, washed sand, arisk, gravel 19, gravel 2, gravel 3 and gravel gravel. The granulometric analysis was carried out by means of the sieving test, and then their respective granulometric curves were traced, making it possible to identify the behavior of their grains in terms of granulometry, classify them and calculate the maximum characteristic dimension and fineness modulus of these aggregates. A divergence of materials was observed in parts regarding their identification, as they did not coincide with the granulometric classification of NBR 7211/2005, as there were also aggregates that, according to the standard, it is necessary to carry out a previous study of dosage before its use for concrete. Thus, it is possible that these aggregates will cause pathological manifestations in the concrete in which it is acting, in the short or long term.

Keywords: construction; aggregates; granulometric analysis; concrete;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Agregado miúdo.	22
Figura 2- Agregado graúdo.	22
Figura 3 - Mapa do município de Caraúbas – RN.	31
Figura 4 - Peneiras de série americana.	32
Figura 5 - Pesagem da amostra de agregado miúdo de dimensão máxima nominal maior que 4,75 mm.....	33
Figura 6 - Pesagem da amostra de agregado miúdo com dimensão máxima nominal menor que 4,75 mm.....	34
Figura 7 - Pesagem da amostra do agregado graúdo.	34
Figura 8 - Lavagem da amostra do agregado miúdo.....	35
Figura 9 - Lavagem da amostra do agregado graúdo.	36
Figura 10 - Conjunto de peneiras do agregado miúdo.	37
Figura 11 - Conjunto de peneiras do agregado graúdo.	37
Figura 12 - Separação das massas, por malha, proveniente do peneiramento do agregado miúdo.....	38
Figura 13 - Separação das massas, por malha, proveniente do peneiramento do agregado graúdo.	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva granulométrica dos agregados miúdos do Comércio 5, Comércio 2, Canteiro 6 e Canteiro 8.	42
Gráfico 2 - Curva granulométrica dos agregados miúdos do Canteiro 3, Canteiro 4, Canteiro 7 e Comércio 4.	43
Gráfico 3 - Curva granulométrica dos agregados miúdos do Canteiro 1 – A02, Canteiro 1 – A03, Canteiro 2 e Canteiro 5.....	45
Gráfico 4 - Curva granulométrica dos agregados graúdos do Comércio 1 – A02, Canteiro 8, Canteiro 7 e Canteiro 5.....	47
Gráfico 5 - Curva granulométrica dos agregados graúdos do Comércio 1 – A01, Comércio 2, Canteiro 1 e Canteiro 2.....	48
Gráfico 6 - Curva granulométrica dos agregados graúdos do Comércio 3, Comércio 4, Canteiro 3 e Canteiro 4.....	50
Gráfico 7 - Porcentagem retida acumulada na peneira 150 μ m.	52
Gráfico 8 - Porcentagem retida acumulada na peneira 300 μ m.	53
Gráfico 9 - Porcentagem retida acumulada na peneira 600 μ m.	55
Gráfico 10 - Porcentagem retida acumulada na peneira 1,18 mm.....	56
Gráfico 11 - Porcentagem retida acumulada na peneira 2,36 mm.....	58
Gráfico 12 - Porcentagem retida acumulada na peneira 4,75 mm.....	59
Gráfico 13 - Porcentagem retida acumulada na peneira 6,30 mm.....	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Medidas do conjunto de peneiras das séries normal e intermediária (abertura nominal).....	19
Quadro 2 - Massa mínima por amostra de ensaio.	23
Quadro 3- Quantidade máxima sobre as peneiras.....	23
Quadro 4 - Características dos agregados que influenciam nas propriedades do concreto.	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.....	24
Tabela 2 - Limite da composição granulométrica do agregado graúdo.	24
Tabela 3 - Classificação da areia quanto ao módulo de finura.	25
Tabela 4 - Classificação da brita de acordo com sua granulometria, conforme a MME.....	27
Tabela 5 - Classificação dos agregados graúdos conforme a NBR 7211:1983.....	27
Tabela 6 - Identificação das amostras dos agregados miúdos coletados nos canteiros e comércios da cidade de Caraúbas.....	39
Tabela 7 - Identificação das amostras dos agregados graúdos coletados nos canteiros e comércios da cidade de Caraúbas.....	40
Tabela 8 - Resultado da análise granulométrica dos agregados miúdos do Comércio 5, Comércio 2, Canteiro 6 e Canteiro 8.....	41
Tabela 9 - Resultados da análise granulométrica dos agregados miúdos do Canteiro 3, Canteiro 4, Canteiro 7 e Comércio 4.....	43
Tabela 10 - Resultados da análise granulométrica dos agregados miúdos do Canteiro 1 – A02, Canteiro 1 – A03, Canteiro 2 e Canteiro 5.	44
Tabela 11 - Resultados da análise granulométrica dos agregados graúdos do Comércio 1 – A02, Canteiro 8, Canteiro 7 e Canteiro 5.	46
Tabela 12 - Resultados da análise granulométrica dos agregados graúdos do Comércio 1 – A01, Comércio 2, Canteiro 1 e Canteiro 2.....	48
Tabela 13 - Resultados da análise granulométrica dos agregados graúdos do Comércio 3, Comércio 4, Canteiro 3 e Canteiro 4.....	49
Tabela 14 - Porcentagem retida e retida acumulada na peneira 150 µm.	51
Tabela 15 - Porcentagem retida e retida acumulada na peneira 300 µm.	53
Tabela 16 - Porcentagem retida e retida acumulada na peneira 600 µm.	54
Tabela 17 - Porcentagem retida e retida acumulada na peneira 1,18 mm.	56
Tabela 18 - Porcentagem retida e retida acumulada na peneira 2,36 mm.	57
Tabela 19 - Porcentagem retida e retida acumulada na peneira 4,75 mm.	59
Tabela 20 - Porcentagem retida e retida acumulada na peneira 6,30 mm.	60
Tabela 21 - Classificação do agregado miúdo a partir do módulo de finura.	61
Tabela 22 - Porcentagens retidas dos agregados graúdos do Comércio 1 – A02, Canteiro 5, Canteiro 7 e Canteiro 8.....	65
Tabela 23 - Porcentagens retidas dos agregados graúdos do Comércio 4, Comércio 3, Canteiro 4 e Canteiro 3.....	66
Tabela 24 - Porcentagens retidas dos agregados graúdos do Comércio 1 – A01, Comércio 2, Canteiro 1 e Canteiro 2.....	67

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo Geral.....	18
2.2 Objetivos Específicos	18
3. REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 Composição Granulométrica	19
3.2 Agregados da construção civil.	21
3.3 Areia.....	25
3.4 Brita.....	26
3.5 Influência do agregado na trabalhabilidade do concreto	28
3.6 Consequências do uso inadequado da granulometria dos agregados	30
4. METODOLOGIA DA PESQUISA	31
4.1 Local de estudo	31
4.2 Caracterização do estudo	31
4.3 Coleta de dados e análise	32
4.4 Equipamentos e materiais	32
4.5 Procedimentos.....	33
4.5.1 Amostragem	33
4.5.2 Ensaio	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
5.1 Considerações da coleta	39
5.2 Distribuição granulométrica	40
5.2.1 Agregado miúdo	40
5.2.1.1 Agregados coletados no Comércio 5, Comércio 2, Canteiro 6 e Canteiro 8.	41
5.2.1.2 Agregados coletados no Canteiro 3, Canteiro 4, Canteiro 7 e Comércio 4.	42
5.2.1.3 Agregados coletados no Canteiro 1 – A02, Canteiro 1 – A03, Canteiro 2 e Canteiro 5.	44
5.2.2 Agregado graúdo.....	45
5.2.2.1 Agregados coletados no Comércio 1- A02, Canteiro 5, Canteiro 7 e Canteiro 8.	46
5.2.2.2 Agregados coletados no Comércio 1 – A01, Comércio 2, Canteiro 1 e Canteiro 2	47
5.2.2.3 Agregados coletados no Comércio 3, Comércio 4, Canteiro 3 e Canteiro 4	49
5.3 Classificação granulométrica.....	51
5.3.1 Agregado miúdo	51

5.3.1.1	De acordo com os limites de distribuição granulométrica, por peneira, estabelecido na NBR 7211/2005	51
5.3.1.1.1	Limites inferiores e superiores da peneira 150 μ m.....	51
5.3.1.1.2	Limites inferiores e superiores da peneira 300 μ m.....	53
5.3.1.1.3	Limites inferiores e superiores da peneira 600 μ m.....	54
5.3.1.1.4	Limites inferiores e superiores da peneira 1,18 mm.....	55
5.3.1.1.5	Limites inferiores e superiores da peneira 2,36 mm.....	57
5.3.1.1.6	Limites inferiores e superiores da peneira 4,75 mm.....	58
5.3.1.1.7	Limites inferiores e superiores da peneira 6,30 mm.....	60
5.3.1.2	De acordo com o módulo de finura do agregado miúdo	61
5.3.1.3	Discussão da classificação dos agregados miúdos	62
5.3.2	Agregado graúdo	63
5.3.2.1	De acordo com os limites de distribuição granulométrica, por peneira, estabelecido na NBR 7211/2005	63
5.3.2.1.1	Agregados graúdos coletados no Comércio 1- A02, Canteiro 5, Canteiro 7 e Canteiro 8.	63
5.3.2.1.2	Agregados coletados no Comércio 3, Comércio 4, Canteiro 3 e Canteiro 4.	64
5.3.2.1.3	Agregados coletados no Comércio 1 – A01, Comércio 2, Canteiro 1 e Canteiro 2.	64
5.3.2.2	De acordo com o Ministério de Minas e de Energia (MME)	64
5.3.2.2.1	Agregados graúdos coletados no Comércio 1- A02, Canteiro 5, Canteiro 7 e Canteiro 8.	65
5.3.2.2.2	Agregados graúdos coletados no Comércio 3, Comércio 4, Canteiro 3 e Canteiro 4.	66
5.3.2.2.3	Agregados graúdos coletados no Comércio 1 – A01, Comércio 2, Canteiro 1 e Canteiro 2.	66
5.3.2.3	De acordo com a NBR 7211/1983.....	67
5.3.2.4	Discussão da classificação dos agregados graúdos	68
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
8.	APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DE AMOSTRAS.....	73
9.	APÊNDICE B – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS MIÚDOS	73
10.	APÊNDICE C – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS GRAÚDOS	77

1. INTRODUÇÃO

É notória a grande utilização de agregados para a construção civil, isto é, materiais granulares, sem forma e volume definidos, com dimensões e propriedades adequadas para serem utilizados nas construções civis, como a pedra britada, cascalho, areias naturais e entre outros. Estes são abundantes no Brasil e no mundo, e na indústria da construção civil são os insumos minerais mais consumidos no mundo, (ALMEIDA e MARQUES, 2013).

De acordo com a norma NBR 7211/2005 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), é especificado os requisitos exigíveis para recepção e produção dos agregados, sejam eles miúdos ou graúdos, que sejam de origem natural encontrados fragmentados ou resultantes da britagem de rochas. Ainda, define agregado miúdo aqueles cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 μm , como areias de origem natural; e agregado graúdo cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, tais como a brita e o cascalho.

Nogueira (2019), em sua pesquisa na Chapada do Apodi no estado do Rio Grande do Norte, encontrou que os agregados graúdos da construção civil, como as britas e cascalhos, que são vendidos nos comércios em várias cidades da região; a maioria são de origem granítica disponibilizados pela pedreira localizada no município de Caraúbas, mas a granulometria descrita pelos vendedores dos comércios não condiz com a classificação granulométrica segundo as normas da ABNT NBR 7211/2005. Desta forma, sabemos que a aplicação destes agregados, graúdos e miúdos, da construção civil quando de forma indevida, ou seja, que não atende a classificação da norma NBR 7211/2005 – Agregados para concreto – Especificação, podem intervir diretamente na credibilidade e qualidade dos imóveis construídos.

A mistura de materiais (agregados graúdos e miúdos), desperta inquietações atualmente na indústria da Engenharia Civil, pois reporta na qualidade dos insumos utilizados e nas suas aplicações. Os problemas decorrentes de aplicações inadequadas dos agregados graúdos (britas e cascalhos, etc) e agregados miúdos (areia e arisco, etc) podem resultar em inúmeros problemas nas estruturas e manifestações patológicas, como vazios de concretagem, que põem em risco o desempenho de

estruturas de concreto armado e favorecem o surgimento de eflorescências e infiltrações, dentre outros.

Em virtude dos fatos mencionados, esta informação é preocupante para a expansão imobiliária da cidade de Caraúbas, pois o município vem nos últimos anos, tendo relevante crescimento no setor da construção e ou reforma de prédios e residências devido a chegada da Universidade Federal Rural do Semi-árido desde o ano de 2010. Daí a necessidade de averiguar os insumos vendidos no comércio da cidade de Caraúbas para uma análise quanto ao atendimento as normas de classificação da norma NBR 7211/2005 – Agregados para concreto – Especificação, para mitigar as possíveis e futuras manifestações patológicas decorrentes do uso inadequado dos mesmos, e assim contribuindo também para a diminuição de gastos econômicos com reparos e manutenções diante da aplicação destes agregados miúdos e graúdos quando usados com granulometria inadequada.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar a análise granulométrica dos agregados miúdos e graúdos utilizados na cidade de Caraúbas – RN.

2.2 Objetivos Específicos

- Mapear a origem dos agregados da construção civil disponibilizados e utilizados na cidade Caraúbas.
- Analisar a granulometria dos agregados miúdos e graúdos utilizados na cidade de Caraúbas – RN, de acordo com a norma NBR 7211/2005 – Agregados para concreto – Especificação.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Composição Granulométrica

A composição granulométrica do agregado consiste na distribuição do tamanho de suas partículas, expressa usualmente em termos de porcentagens acumuladas das frações retidas ou passantes em uma dada série de aberturas de peneiras, ou ainda, de porcentagens entre certos intervalos de aberturas. Destarte, a mesma é dada por meio de peneiramento de uma amostra representativa em uma sequência de peneiras dispostas da maior abertura em cima para a menor abertura embaixo (WEIDMANN, 2008).

De acordo com a NBR 7211:2005 – Agregados para concreto – Especificação, as peneiras utilizadas para o ensaio de peneiramento possuem malhas padronizadas e são classificadas em série normal e intermediária, como são apresentadas na Quadro 1.

Quadro 1 – Medidas do conjunto de peneiras das séries normal e intermediária (abertura nominal).

Série normal	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: NBR 7211:2005

Tendo em vista que as peneiras de série intermediária servem como auxílio na avaliação da granulometria e classificação da mesma quanto à dimensão máxima característica, no ensaio de peneiramento, enquanto que as peneiras da série normal

devem ser sempre utilizadas, já que seus resultados são utilizados para a classificação granulométrica e determinação do módulo de finura (WEIDMANN, 2008).

De acordo com a NBR 7211, o módulo de finura é dado a partir da soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado nas peneiras de série normal, dividido por 100. Este tem como finalidade a determinação das dimensões dos grãos, ou seja, a superfície específica dos mesmos. Quanto maior o módulo de finura, maiores são as partículas dos agregados. A NBR 7211 apresenta ainda a determinação da dimensão máxima característica do agregado, na qual corresponde à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira, seja ela da série normal ou intermediária, onde o agregado apresenta sua porcentagem retida acumulada igual ou inferior a 5% em massa.

Para Oliveira e Brito (2002), o principal objetivo da análise destes agregados a partir de sua composição, é conhecer a distribuição granulométrica do agregado e representá-la através de uma curva. Possibilitando assim a determinação geral de suas características físicas. Neville (1997) e Farias e Palmeira (2007) afirmam ainda que esta representação gráfica da curva granulométrica é considerada a forma mais fácil de avaliar a composição granulométrica do agregado, já que rapidamente consegue-se observar suas características, como qual sua especificação, se é muito grossa ou muito fina, se apresenta resultado insatisfatório em um determinado tamanho, entre outras.

Um dos fatores que aceleram e facilitam a análise granulométrica dos agregados através desta curva é a padronização da mesma. No Brasil, geralmente as abscissas representam as aberturas das peneiras, em ordem crescente e da esquerda para direita, enquanto que as ordenadas representam as porcentagens retidas acumuladas ou as porcentagens passantes acumuladas (WEIDMANN, 2008).

Contudo, independentemente de sua representação, a composição granulométrica em seu âmbito geral, contendo material pulverulento e dimensão máxima característica, é possível ser considerada uma das principais propriedades dos agregados, principalmente dos agregados miúdos, uma vez que esta propriedade afeta diretamente na trabalhabilidade do concreto e conseqüentemente seu custo final. (MEHTA E MONTEIRO, 1994; HUDSON, 1999; GUIMARÃES, 2005; SBRIGHI NETO, 2005; ERDOGAN & FOWLER, 2005).

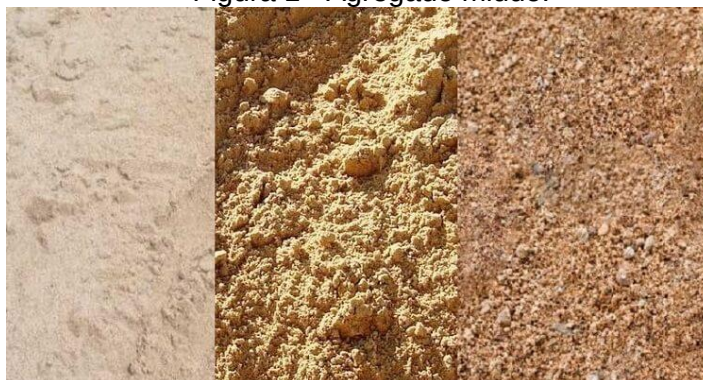
3.2 Agregados da construção civil.

Como um dos materiais mais abundantes no Brasil e no mundo, os agregados são para a indústria da construção civil de tamanha relevância devido as suas características riquíssimas para a composição do concreto. Segundo AZEVEDO (2017), o agregado miúdo é o segundo material mais utilizado na confecção dos concretos, ficando atrás apenas dos agregados graúdos, e de importante contribuição para as características do concreto como: resistência à compressão, durabilidade, trabalhabilidade, retração, entre outras.

Os agregados da Construção Civil não possuem forma e volume definidos, são materiais granulares com dimensões e propriedades estabelecidas para uso em obras de engenharia civil, como as areias naturais, cascalho, pedra britadas, etc. (ALMEIDA E MARQUES, 2013). Podem ser naturais, quando encontrados na natureza, praticamente prontos para serem usados, precisando apenas passar por um processamento de lavagem e classificação, como é o caso das areias, cascalhos ou pedregulhos; ou artificiais, termo este que refere-se aos agregados de acordo com a forma como são obtidos e não ao seu material propriamente dito, isto é, que necessitam passar por um beneficiamento, ou como alguns autores classificam, aqueles que são produzidos por algum processo industrial, como pedras britadas, areias artificiais, entre outros. (CAVALCANTI E PARAHYBA, 2012).

Os agregados são também classificados como miúdos (Figura 1) e graúdos (Figura 2), definidos pela norma NBR 7211 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como areia de origem natural ou resultante da britagem de rochas estáveis, cujos grãos passam pela peneira ABNT 4,8 mm e ficam retidos na peneira ABNT de 0,075 mm, e pedregulho ou brita proveniente de rochas estáveis, cujos grãos passam por uma peneira de malha quadrada de 152 mm e ficam retidos na peneira ABNT de 4,8 mm, respectivamente. (ALMEIDA E MARQUES, 2013).

Figura 1 - Agregado miúdo.



Fonte: VIVADECOR, 2022.

Figura 2- Agregado graúdo.



Fonte: ZAGO, 2019.

Ainda de acordo com a NBR 7211, a distribuição granulométrica dos agregados miúdos e graúdos, no ensaio de peneiramento, deve atender a alguns limites, que são recomendados e estabelecidos pela NBR NM 248:2003 – Agregados – Determinação da composição granulométrica, como por exemplo, apresentar uma quantidade mínima da amostra que será ensaiada de acordo com a dimensão máxima característica do agregado e uma quantidade limite de material que pode ficar sobre cada peneira, a fim de evitar que o excesso do material obstrua a malha e impeça que os grãos menores passem, como é visto nos Quadro 2 e 3, respectivamente. Ressalta ainda que o peneiramento deve ser realizado com a amostra seca, para que não haja o entupimento das peneiras com material úmido (WEIDMANN, 2008).

Quadro 2 - Massa mínima por amostra de ensaio.

Dimensión máxima nominal del agregado / <i>Dimensão máxima nominal do agregado</i> mm	Masa mínima de la muestra de ensayo / <i>Massa mínima da amostra de ensaio</i> kg
< 4,75	0,3*
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300
(*) Después del secado. / <i>Após secagem.</i>	

Fonte: NBR NM 248:2003

Quadro 3- Quantidade máxima sobre as peneiras.

Abertura de malla / <i>Abertura da malha</i> mm	Máxima cantidad de material sobre la tela* (tamices con marcos redondos, de 203 mm de diámetro) / <i>Máxima quantidade de material sobre a tela* (peneiras com caixilhos redondos, de 203 mm de diámetro)</i> kg
50	3,6
37,5	2,7
25,0	1,8
19,0	1,4
12,5	0,89
9,5	0,67
4,75	0,33
< 4,75	0,20

Fonte: NBR NM 248:2003

Vale destacar que para ambos os tipos de agregados existem faixas granulométrica utilizáveis, e por isso há a determinação de limites na distribuição granulométrica dos agregados miúdos e graúdos, após o ensaio de peneiramento, pela NBR 7211, apresentados na Tabela 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 - 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: NBR 7211

Tabela 2 - Limite da composição granulométrica do agregado graúdo.

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona granulométrica d/D1)				
	4,75 - 12,5	9,5 - 25	19 - 31,5	25 - 50	37,5 - 75
75 mm	-	-	-	-	0-5
63 mm	-	-	-	-	5-30
50 mm	-	-	-	0-5	75-100
37,5 mm	-	-	-	5-30	90-100
31,5 mm	-	-	0-5	75-100	95-100
25 mm	-	0-5	5-25 ²	87-100	-
19 mm	-	2-15 ²	65 ² -95	95-100	-
12,5 mm	0-5	45 ² -65 ²	92-100	-	-
9,5 mm	2 - 15 ²	80 ² -100	95-100	-	-
6,3 mm	40 ² -65 ²	92-100	-	-	-
4,75 mm	80 ² -100	95-100	-	-	-
2,36 mm	95-100	-	-	-	-

1) Zona granulométrica correspondente à menor (d) e à maior (D) dimensões do agregado graúdo.

2) Em cada zona granulométrica deve ser aceita uma variação de no máximo cinco unidades percentuais em apenas um dos limites marcados com 2). Essa variação pode também estar distribuída em vários desses limites.

Fonte: NBR 7211

A determinação da faixa utilizável dos agregados na fabricação do concreto é de tamanha importância econômica, já que ocupam o maior volume no concreto, e

técnica, pois é o material que tem o papel de dificultar o efeito da retração da pasta de cimento, além de refletir diretamente na trabalhabilidade, massa específica, módulo de elasticidade e durabilidade das estruturas de concreto e argamassas (LARA, 2013).

3.3 Areia

Material de origem mineral e fino, a areia é dividida em grãos miúdos, compostos de dióxido de silício e formados através da fragmentação das rochas por erosão, pela ação do vento ou da água. Considerada um agregado natural, quanto sua origem, e miúdo, de acordo com o tamanho de seus grãos, segundo a NBR 7211, e diversas literaturas.

Pela NBR 6502 – Rochas e solos, as areias se classificam de acordo com o diâmetro de 0,06 mm a 0,2 mm, têm-se areia fina, de 0,2 mm a 0,6 mm, areia média e de 0,6 mm a 2,0 mm, areia grossa, já pela a American Society for Testing and Materials, ASTM, a escala granulométrica das areias apresentam dimensões que variam entre 0,075 a 4,75 mm, e são também classificadas pelo diâmetro: areia fina quando o diâmetro varia de 0,075 a 0,42 mm; areia média estando entre 0,42 a 2,0 mm e areia grossa com uma variação no diâmetro de 2,0 a 4,75 mm. (SOARES *et al*, 2006).

Há ainda, de acordo com Bauer (2000), como classificar a areia de acordo com o módulo de finura da mesma, como é visto na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação da areia quanto ao módulo de finura.

Grossa	De 2,71 a 4,02
Média	De 2,11 a 3,38
Fina	De 1,71 a 2,85
Muito fina	De 1,35 a 2,25

Fonte: Adaptado de Bauer (2000).

Bauer (2015) afirma que o agregado se forma pela mistura de grãos, com extensa gama de tamanhos. Dito isso, podemos observar a dificuldade em encontrar uniformidade nas dimensões de grãos de areia de mesma categoria, e por isso, através da proporção relativa, em porcentagem, dos tamanhos de grãos que constituem o agregado determinamos a granulometria do mesmo, com análise laboratorial, uma vez

que o tamanho dos grãos tem uma influência significativa como componente para a construção civil, garantindo a qualidade e segurança da obra (RIBEIRO, PINTO E STARLING, 2013).

Esta determinação provém da separação dos grãos por faixas granulométricas, de acordo com o ensaio de peneiramento estabelecido pela NBR NM 248:2003, e assim obtém-se a definição da dimensão máxima e módulo de finura dos mesmos, parâmetros estes fundamentais na especificação do emprego dos agregados em concretos (SOUZA *et al*, 2021).

No início do desenvolvimento do concreto, o agregado miúdo (areia), é adicionado junto ao cimento, agregado graúdo e água, para dar-lhe “corpo”, deixando-o assim mais econômico, além de influenciar positivamente na resistência do mesmo, já que o tamanho, densidade e forma de seus grãos definem várias das características desejadas em um concreto (PETRUCCI, 2005).

3.4 Brita

Material altamente utilizado na construção civil, principalmente para a produção de concreto. De acordo com a NBR 7211, é considerado, dentre os agregados, graúdo e de origem artificial. Enquanto que para algumas literaturas, como em Lara (2013), mesmo obtidas de forma artificial pelos britadores, a brita pode ser considerada natural devido ao pequeno trabalho industrializado para sua obtenção.

O Ministério de Minas e Energia (MME), determina a brita como o produto do processo de fragmentação de rochas, ou seja, tem como área de extração as pedreiras. Formada da detonação de blocos grandes, provenientes de rochas duras, e dentre elas as mais comuns são granito, gnaiss, calcário e basalto. A MME classifica ainda a brita em alguns tipos, de acordo com sua granulometria como mostra a Tabela 4, dentre eles: britas 0, 1, 2, 3, 4 e 5, sendo cada uma adequada a uma finalidade.

Tabela 4 - Classificação da brita de acordo com sua granulometria, conforme a MME.

Brita 0 ou pedrisco	4,8 mm – 9,5 mm
Brita 1	9,5 mm – 19 mm
Brita 2	19 mm – 25 mm
Brita 3	25 mm – 50 mm
Brita 4	50 mm – 76 mm
Brita 5	76 mm – 100 mm

Fonte: Adaptado do MME (2021).

Há ainda a classificação dos agregados graúdos conforme a porcentagem retida acumulada, em peso, nas peneiras de abertura nominal, em mm, de 2,4, 4,8, 6,3, 12,5, 19, 25, 32, 38, 50, 64, 76, 152, determinada pela NBR 7211/1983, norma antiga, agora atualizada e correspondente a NBR 7211/2005, dada na Tabela 5. Entretanto, essa classificação ainda é muito usual para sua identificação e comercialização.

Tabela 5 - Classificação dos agregados graúdos conforme a NBR 7211:1983.

Graduação	Porcentagem retida acumulada, em peso, nas peneiras de abertura nominal, em mm, de												
	152	76	64	50	38	32	25	19	12,5	9,5	6,3	4,8	2,4
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0-10	-	80-100	95-100
1	-	-	-	-	-	-	0	0-10	-	80-100	92-100	95-100	-
2	-	-	-	-	-	0	0-25	75-100	90-100	95-100	-	-	-
3	-	-	-	0	0-30	75-100	87-100	95-100	-	-	-	-	-
4	-	0	0-30	75-100	90-100	95-100	-	-	-	-	-	-	-
5 ^(A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: NBR 7211:1983

O concreto sofreu um avanço tecnológico significativo nos últimos anos, uma vez que seus constituintes exercem um papel fundamental para o controle e qualidade do mesmo, e o agregado passou a ser reconhecido como um diferencial na durabilidade do concreto, deixando de ser apenas material de preenchimento sem influência considerável para a mistura (MENDES E BLASQUES JÚNIOR (2002).

Os agregados constituem o maior volume do concreto, chegando a contribuir com até 85% do peso. Dentre as funções atuantes da brita no concreto, as principais são: contribuição com grãos capazes de resistir aos esforços solicitantes, ao desgaste e ação de intempéries; redução das variações de volume de qualquer natureza, além da contribuição na redução do custo do concreto (CAVALCANTI E PARAHYBA, 2012).

3.5 Influência do agregado na trabalhabilidade do concreto

O concreto, um elemento heterogêneo feito com cimento, água e agregados, grãos e miúdos, onde em alguns casos ainda há o acréscimo de aditivos, é considerado atualmente o principal componente para as construções civis. Sua estrutura possui uma vida útil para que seja capaz de desempenhar as funções para qual foi projetada, mas, são diversos os fatores que podem interferir nessa vida útil, como por exemplo a corrosão, os ninhos, fissuras e etc., e por isso, a mesma deve ser considerada como resultante das ações coordenadas e realizadas em todas as etapas de sua fabricação (COUTO *et al*, 2013).

Para a obtenção de um concreto resistente, econômico e durável é necessário que seja feito um estudo sobre as propriedades de cada um de seus materiais componentes, fatores que podem alterá-los, a proporção correta e execução cuidadosa da mistura, entre outros aspectos (ALMEIDA, 2002). De acordo com Helene (2002), uma diretriz geral ressalta que a durabilidade da estrutura do concreto se dá por quatro fatores: composição ou traço do concreto; compactação do concreto na estrutura; cura efetiva do concreto na estrutura; e cobrimento das armaduras. Seguindo essa linha de raciocínio, a resistência do concreto depende do tipo e consumo do cimento, tipo e consumo de adições; relação da água com o cimento e natureza do agregado, propriedade esta especificada pela norma NBR 7211.

Os agregados apresentam custo, em massa, aproximadamente de 15 vezes menos que o cimento e representam três quartas partes do volume do concreto (COUTO *et al*, 2013). Portanto, a escolha adequada dos mesmos, principalmente dos miúdos, pode reduzir uma quantidade significativa no consumo de cimento para determinada trabalhabilidade e resistência do concreto, além de que, segundo Mehta e Monteiro (1994) e Neville (1997), as características destes agregados, miúdos e

grãos, afetam diretamente a estabilidade dimensional, resistência, durabilidade e trabalhabilidade dos concretos de cimento Portland (Quadro 4).

Quadro 4 - Características dos agregados que influenciam nas propriedades do concreto.

PROPRIEDADES DO CONCRETO	CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DO AGREGADO
Resistência mecânica	Resistência mecânica e sanidade Textura superficial Limpeza Forma dos grãos Dimensão máxima
Retração	Módulo de elasticidade Forma dos grãos Textura superficial Limpeza Dimensão máxima
Módulo de elasticidade	Granulometria Módulo de elasticidade Coeficiente de poisson
Resistência à derrapagem	Tendência ao polimento (abrasão) Textura superficial
Economia	Forma dos grãos Textura superficial Granulometria Dimensão máxima Beneficiamento requerido Disponibilidade

Fonte: Couto et al, 2013.

Tem-se um consenso na literatura de que a composição granulométrica dos agregados, sobretudo os miúdos, está ligada diretamente à coesão, exsudação, segregação e aspereza da mistura. (COUTO et al, 2013). De acordo com Larrard (1999), a relação das partículas finas e do total de partículas (finas e grossas), existentes na mistura do concreto, determina seu comportamento reológico, uma vez que o volume de vazios diminui à medida que a porcentagem de finos na mistura aumenta, porém, quando atinge um certo nível, os finos começam a interferir na acomodação dos grãos mais grossos e assim ocorre o afastamento entre as partículas, ou seja, o índice de vazios aumenta. Dessa forma, quanto maior a quantidade de vazios na composição granulométrica, menor o empacotamento dos grãos, e este quando aliado às interações das partículas sólidas e líquidas contribui para o aumento da resistência ao cisalhamento do concreto.

Quanto a representação gráfica, a curva granulométrica mais adequada para concreto, dependendo de sua finalidade de aplicação e da trabalhabilidade necessária,

são as que apresentam as granulometrias contínuas, sem falta ou excesso de algum tamanho de grão, pois geralmente levam a resultados satisfatórios (COUTO et al, 2013).

3.6 Consequências do uso inadequado da granulometria dos agregados

Levando em consideração que com o tempo os elementos estruturais podem comprometer sua estabilidade, Bauer (2009) considera que a deterioração de uma estrutura pode estar relacionada a algumas causas, como por exemplo, erros de projeto estrutural; uso de materiais inadequados; erros de execução e agressividade do meio ambiente.

A granulometria do agregado quando utilizada de forma inadequada pode acarretar diversos problemas para a construção civil, pois esta afeta na trabalhabilidade do concreto, uma vez que a granulometria é responsável por preencher os vazios existentes na mistura, além de influenciar na resistência e durabilidade do mesmo, e consequentemente o resultado final da obra.

Há um consenso literário de que a seleção inadequada de agregados pode resultar na disseminação de manifestações patológicas graves, dentre elas estão as fissuras, a disgregação e a desagregação. Sendo assim, para Sbrighi Neto (2000), é de suma importância o conhecimento e estudo das propriedades e aplicação de conceitos tecnológicos na escolha dos agregados, buscando a otimização da relação custo x benefício na produção de concretos e argamassas.

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1 Local de estudo

O estudo foi realizado no município de Caraúbas, pertencente a microrregião da Chapada do Apodi, com uma área de 4.095,443 km^2 abrangendo os municípios Apodi, Caraúbas, Felipe Guerra e Governador Dix-Sept Rosado, situada na mesorregião do Oeste Potiguar, de área equivalente a 21.167,130 km^2 , do estado do Rio Grande do Norte – RN. O presente município possui uma área de 1.095,803 km^2 , com uma população estimada de 20.588 hab, segundo o IBGE (2021), e densidade demográfica de 17,88 hab/ km^2 . (IBGE, 2010).

Figura 3 - Mapa do município Caraúbas – RN.



Fonte: Google, 2018.

4.2 Caracterização do estudo

Os procedimentos metodológicos utilizados foram: bibliográficos e experimentais. Dessa forma, foi feita uma pesquisa bibliográfica acerca do tema proposto, baseando-se em trabalhos realizados anteriormente e nas seguintes normas: NBR NM 248 – Agregados - Determinação da composição granulométrica; NBR 7211/2005 – Agregados para concreto – Especificação. Foi realizado um levantamento nos comércios e nos canteiros de obras da cidade de Caraúbas, por agregados miúdos

e grãos utilizados para a construção civil, especificamente no concreto, e sua respectiva classificação estabelecida por cada comércio e canteiro.

4.3 Coleta de dados e análise

As amostras dos agregados foram dos tipos miúdos e grãos coletadas de acordo com a disponibilidade dos comércios e canteiros de obras, 5 comércios e 8 canteiros totalizando em 24 amostras, dentre os bairros Sebastião Maltês, Leandro Bezerra, Alto São Severino, Guido Gurgel e Centro, e suas identificações, origem e quantidade foram coletadas através de um formulário de autoria própria, como é visto no Apêndice A – Formulário de identificação da amostra, e respondido pelo comerciante e mestre de obra responsável. As análises experimentais foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, Campus Caruabas – RN.

4.4 Equipamentos e materiais

As análises granulométricas dos tipos dos agregados miúdos e grãos foram realizadas em peneiras de série americana, especificadas pela NBR 7211:2005, citadas acima no Quadro 1, (Figura 4). Utilizou-se também a peneira de 0,075 mm, uma balança com precisão de uma casa decimal, estufa, recipientes metálicos e plásticos e uma pá de ferro.

Figura 4 - Peneiras de série americana.



Fonte: SPLABOR, 2018.

4.5 Procedimentos

4.5.1 Amostragem

De início, as amostras foram coletadas e remetidas ao laboratório conforme a NBR NM 26 – Agregados – Amostragem, e a NBR NM 27 – Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Estas, foram separadas com uma massa mínima de ensaio por amostra indicada no Quadro 2 – massa mínima por amostra de ensaio, citada anteriormente e proveniente da NBR NM 248.

Dessa forma, uma vez que a dimensão máxima nominal do agregado miúdo se deu menor que 9,5 mm e maior que 4,75 mm, mais especificamente ficando retida na peneira de 6,30 mm da série intermediária de peneiras, utilizou-se uma massa mínima de 1 kg por amostra, com exceção de uma amostra de dimensão máxima nominal menor que 4,75 mm, sendo assim utilizada uma massa mínima de 0,3 kg. Podemos visualizar as respectivas pesagens na Figura 5 e 6.

Figura 5 - Pesagem da amostra de agregado miúdo de dimensão máxima nominal maior que 4,75 mm.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 6 - Pesagem da amostra de agregado miúdo com dimensão máxima nominal menor que 4,75 mm.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Enquanto que para as amostras de agregado graúdo, a dimensão máxima nominal, determinada ainda pelo Quadro 2, se deu igual a 19 mm, sendo assim utilizada uma massa mínima de 5 kg por amostra, (Figura 7).

Figura 7 - Pesagem da amostra do agregado graúdo.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Feita a separação, as amostras do agregado miúdo foram lavadas na peneira de 0,075 mm e as amostras do agregado graúdo na peneira de 4,75 mm, para a minimização de impurezas e de materiais pulverulentos, Figura 8 e 9, uma vez que o mesmo ao passar da peneira de 0,075mm consequentemente se classifica como areia muito fina, e em seguida colocadas na estufa a 105°C / 110° C para a secagem, assim como determina a NBR 7181 – Solo – Análise granulométrica.

.Figura 8 - Lavagem da amostra do agregado miúdo.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 9 - Lavagem da amostra do agregado graúdo.

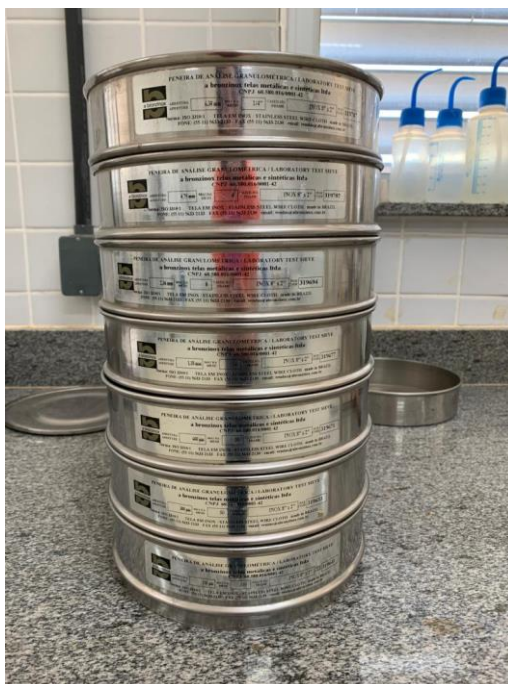


Fonte: Autoria própria, 2022.

4.5.2 Ensaio

Feita a preparação das amostras, as peneiras determinadas para o peneiramento dos agregados miúdos e graúdos conforme a NBR NM 7211:2005 foram limpas e encaixadas na ordem crescente da base para o topo, Figura 10 e 11 respectivamente, e foi também introduzido um fundo “cego” ao final do conjunto para reter o material mais fino passante da última peneira.

Figura 10 - Conjunto de peneiras do agregado miúdo.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 11 - Conjunto de peneiras do agregado graúdo.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Em seguida, as amostras foram peneiradas manualmente por um tempo razoável não inferior a 2 minutos, em movimentos laterais e circulares alternados, tanto

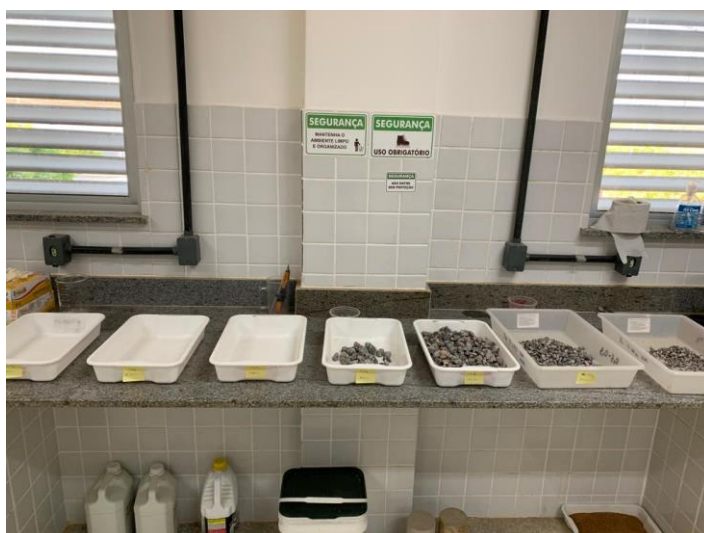
no plano horizontal quanto inclinado, como é indicado na NBR NM 248, e as quantidades retidas em cada peneira foram postas em recipientes diferentes, de acordo com suas malhas, como é apresentado na Figura 12 e 13.

Figura 12 - Separação das massas, por malha, proveniente do peneiramento do agregado miúdo.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 13 - Separação das massas, por malha, proveniente do peneiramento do agregado graúdo.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Por fim, cada recipiente composto por uma fração da amostra após o peneiramento é pesado, somam-se as massas para a obtenção da massa total da amostra, e assim pode-se calcular as frações mássicas e/ou porcentagens retidas nas peneiras.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Considerações da coleta

Os agregados miúdos comercializados e utilizados na cidade de Caraúbas – RN são apresentados a seguir na Tabela 6, conforme o Apêndice A – Formulário de identificação das amostras.

Tabela 6 - Identificação das amostras dos agregados miúdos coletados nos canteiros e comércios da cidade de Caraúbas.

Identificação da amostra	Nº da amostra	Tipo de agregado	Bairro	Produto	Origem	Quantidade (Kg)
Comércio 02	02	Miúdo	Leandro Bezerra	Areia Lavada	Não Identificado	1,94
Comércio 04	01	Miúdo	Guido Gurgel	Areia	Rio Umari	3,40
Comércio 05	01	Miúdo	Guido Gurgel	Areia Lavada	Marrecas	2,40
Canteiro 01	02	Miúdo	Centro	Areia	Não Identificado	1,12
Canteiro 01	03	Miúdo	Centro	Arisco	Não Identificado	1,00
Canteiro 02	02	Miúdo	Centro	Areia	Não Identificado	2,18
Canteiro 03	01	Miúdo	Leandro Bezerra	Areia	Não Identificado	1,88
Canteiro 04	01	Miúdo	Centro	Areia	Não Identificado	2,94
Canteiro 05	01	Miúdo	Nova Caraúbas	Areia Lavada	Não Identificado	1,60
Canteiro 06	01	Miúdo	Nova Caraúbas	Areia Lavada	Não Identificado	1,67
Canteiro 07	01	Miúdo	Nova Caraúbas	Areia	Não Identificado	1,61
Canteiro 08	01	Miúdo	Leandro Bezerra	Areia Lavada	Não Identificado	2,64

Fonte: Autoria própria, 2022.

Os comércios e canteiros de obras identificaram os agregados como areia e areia lavada, e somente o Canteiro 1 apresentou, junto a areia para a produção do concreto, o arisco. Em sua maioria não souberam identificar a origem do agregado miúdo, com exceção do Comércio 4 e Comércio 5, no qual indicaram ser proveniente do Rio Umari, localizado na mesorregião do Oeste Potiguar, que nasce na divisa com

a Paraíba e desagua no rio Apodi, e da comunidade Marrecas, no município de Caraúbas, respectivamente.

Enquanto que os agregados grãos comercializados e utilizados na localidade, foram identificados como brita 19, brita 3, brita 2 e brita cascalho, sendo todos provenientes da Pedreira Potiguar, localizada no próprio município, como apresenta o Tabela 7.

Tabela 7 - Identificação das amostras dos agregados grãos coletados nos canteiros e comércios da cidade de Caraúbas..

Identificação da amostra	Nº da amostra	Tipo de agregado	Bairro	Produto	Origem	Quantidade (Kg)
Comércio 01	01	Graúdo	Alto São Severino	Brita Cascalho	Pedreira Potiguar	5,25
Comércio 01	02	Graúdo	Alto São Severino	Brita 19	Pedreira Potiguar	5,42
Comércio 02	01	Graúdo	Leandro Bezerra	Brita Cascalho	Pedreira Potiguar	5,33
Comércio 03	01	Graúdo	Sebastião Maltês	Brita 19	Pedreira Potiguar	6,43
Comércio 04	02	Graúdo	Guido Gurgel	Brita 19	Pedreira Potiguar	6,47
Canteiro 01	01	Graúdo	Centro	Brita Cascalho	Pedreira Potiguar	5,41
Canteiro 02	01	Graúdo	Centro	Brita 3	Pedreira Potiguar	5,67
Canteiro 03	02	Graúdo	Leandro Bezerra	Brita 2	Pedreira Potiguar	6,28
Canteiro 04	02	Graúdo	Centro	Brita 2	Pedreira Potiguar	5,89
Canteiro 05	02	Graúdo	Nova Caraúbas	Brita 19	Pedreira Potiguar	6,20
Canteiro 07	02	Graúdo	Nova Caraúbas	Brita 19	Pedreira Potiguar	5,87
Canteiro 08	02	Graúdo	Leandro Bezerra	Brita 19	Pedreira Potiguar	6,75

Fonte: Autoria própria, 2022.

5.2 Distribuição granulométrica

5.2.1 Agregado miúdo

Após o peneiramento e pesagem das massas retidas por peneira, em gramas, de cada amostra, foi possível identificar a porcentagem retida, porcentagem retida

acumulada e porcentagem passante acumulada para as mesmas, apresentado no Apêndice B – Análise granulométrica dos agregados miúdos, e representar suas respectivas curvas granulométricas.

Tem-se que porcentagem retida corresponde a porcentagem retida do material em uma determinada peneira, porcentagem retida acumulada, a soma das porcentagens retidas de uma peneira e suas superiores, e por fim, porcentagem passante acumulada, que é a soma das porcentagens de material passante de uma peneira e suas superiores.

5.2.1.1 Agregados coletados no Comércio 5, Comércio 2, Canteiro 6 e Canteiro 8.

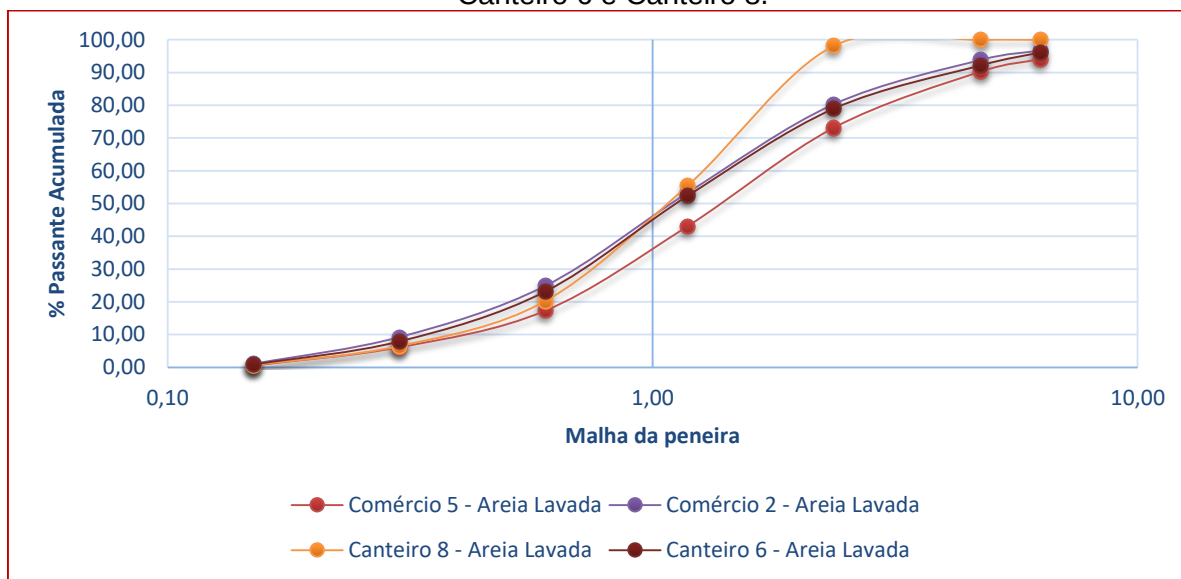
Os resultados atingidos através dos ensaios são apresentados nas Tabelas e Gráficos e comparados entre si de acordo com suas identificações. A Tabela 8 e Gráfico 1, apresentam a granulometria dos agregados miúdos do Comércio 5, Comércio 2, Canteiro 6 e Canteiro 8, na qual todos foram identificados por Areia lavada.

Tabela 8 - Resultado da análise granulométrica dos agregados miúdos do Comércio 5, Comércio 2, Canteiro 6 e Canteiro 8.

	Comércio 5		Comércio 2		Canteiro 8		Canteiro 6	
Peneira (mm)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)
6,30	5,93	5,93	3,31	3,31	0,00	0,00	3,84	3,84
4,75	3,79	9,72	2,86	6,18	0,03	0,03	3,94	7,78
2,36	17,20	26,92	13,56	19,74	1,85	1,88	13,27	21,05
1,18	30,04	56,97	26,99	46,73	42,67	44,56	26,63	47,68
0,6	25,80	82,77	28,43	75,16	35,22	79,78	29,23	76,91
0,3	11,16	93,92	15,63	90,78	13,72	93,50	15,23	92,15
0,15	5,56	99,48	8,16	98,95	5,84	99,34	7,05	99,19
Fundo	0,52	100,00	1,05	100,00	0,66	100,00	0,81	100,00
Amostra	100,00		100,00		100,00		100,00	

Fonte: Autoria própria, 2022.

Gráfico 1 - Curva granulométrica dos agregados miúdos do Comércio 5, Comércio 2, Canteiro 6 e Canteiro 8.



Fonte: Autoria própria, 2022.

As amostras coletadas no Comércio 5, Comércio 2, Canteiro 6 e Canteiro 8 foram todas identificadas como areia lavada, em seus respectivos comércios e canteiros. É possível visualizar a partir de suas curvas granulométricas a semelhança entre elas, apesar de o Canteiro 8 apresentar uma porcentagem maior de grãos passantes nas três primeiras peneiras de numeração superior, em relação ao restante das amostras, ou seja, apresenta uma quantidade de finos maior, e o Comércio 5 tende a uma porcentagem de grãos passantes menor que as outras amostras em todas as peneiras, ou seja, uma parcela maior de grãos ficam retidas.

O módulo de finura das amostras correspondentes foi igual a 3,69, 3,37, 3,19 e 3,44, respectivamente, e a dimensão máxima característica igual a 6,30 mm para o Comércio 5, Comércio 2 e Canteiro 6. Enquanto que o Canteiro 8 apresentou uma dimensão máxima característica igual a 4,75 mm.

5.2.1.2 Agregados coletados no Canteiro 3, Canteiro 4, Canteiro 7 e Comércio 4.

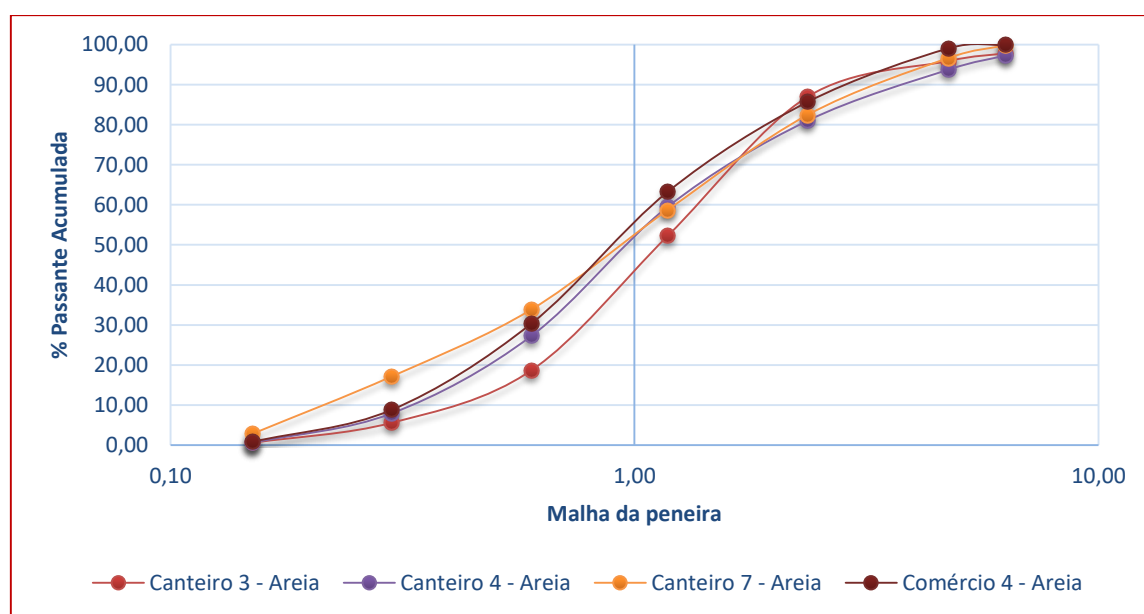
A Tabela 9 e Gráfico 2 indicam a análise granulométrica dos agregados miúdos coletados no Canteiro 3, Canteiro 4, Canteiro 7 e Comércio 4, todos identificados por Areia.

Tabela 9 - Resultados da análise granulométrica dos agregados miúdos do Canteiro 3, Canteiro 4, Canteiro 7 e Comércio 4.

	Canteiro 3		Canteiro 4		Canteiro 7		Comércio 4	
Peneira (mm)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)
6,30	2,22	2,22	2,71	2,71	0,23	0,23	0,12	0,12
4,75	1,94	4,16	3,52	6,24	3,17	3,40	0,82	0,94
2,36	8,93	13,09	12,76	19,00	14,22	17,62	13,40	14,34
1,18	34,66	47,75	21,45	40,45	23,68	41,30	22,40	36,74
0,6	33,55	81,30	32,23	72,68	24,85	66,15	32,88	69,62
0,3	13,09	94,39	19,33	92,02	16,71	82,86	21,56	91,18
0,15	5,02	99,41	7,38	99,40	14,36	97,23	8,03	99,21
Fundo	0,59	100,00	0,60	100,00	2,77	100,00	0,79	100,00
Amostra	100,00		100,00		100,00		100,00	

Fonte: Autoria própria, 2022.

Gráfico 2 - Curva granulométrica dos agregados miúdos do Canteiro 3, Canteiro 4, Canteiro 7 e Comércio 4.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Na coleta dos agregados miúdos no Canteiro 3, Canteiro 4, Canteiro 7 e Comércio 4 todas as amostras foram identificadas por Areia. No Gráfico 2 observou-se uma leve dispersão entre as curvas, ainda que representem o mesmo material, segundo a identificação dada pelos comércios e canteiros. A curva granulométrica do Canteiro 3 foi a que mais apresentou divergência da demais, com uma quantidade

inferior na porcentagem de grãos passantes nas peneiras 1,18 mm e 0,60, isto é, houve uma quantidade maior de grãos retidos nas mesmas. Enquanto que as curvas granulométricas do Canteiro 4 e Canteiro 7 foram as que mais convergiram entre si.

O cálculo do módulo de finura dessas amostras se deu igual a 3,40, 3,29, 3,08 e 3,12, respectivamente. O Canteiro 3, Canteiro 7 e Comércio 4 apresentaram uma dimensão máxima característica igual a 4,75 mm, ficando apenas o Canteiro 4 com uma dimensão máxima igual a 6,30 mm.

5.2.1.3 Agregados coletados no Canteiro 1 – A02, Canteiro 1 – A03, Canteiro 2 e Canteiro 5.

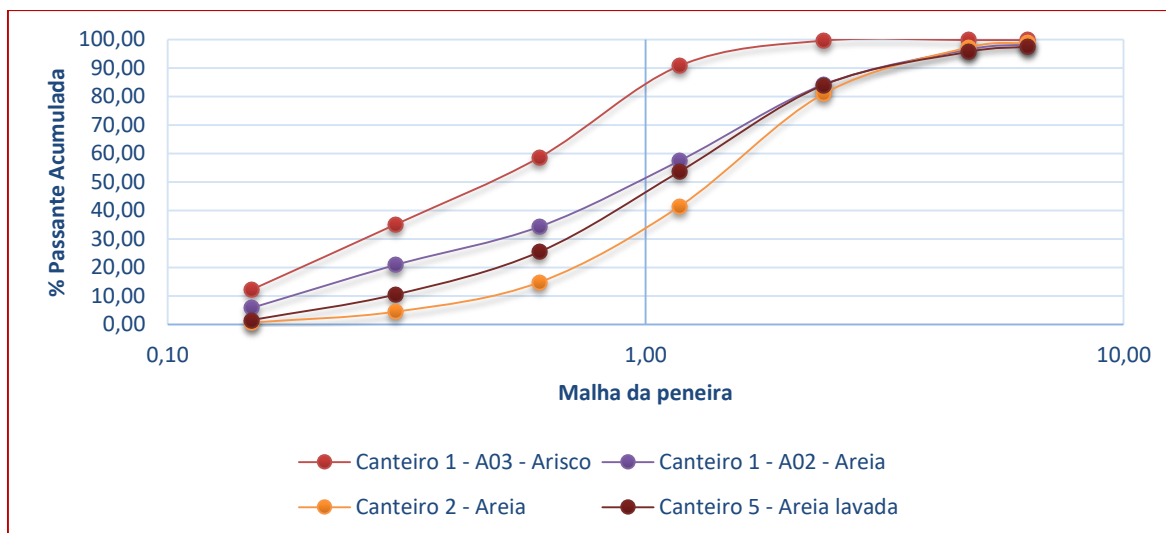
As amostras coletadas no Canteiro 1 – A02, Canteiro 1 – A03, Canteiro 1 e Canteiro 5 tem suas análises granulométricas representadas na Tabela 10 e Gráfico 3. O Canteiro 1 – A02 identificou a amostra como areia, o Canteiro 1 – A03 como arisco, Canteiro 2 como areia e Canteiro 5 foi identificada como areia lavada.

Tabela 10 - Resultados da análise granulométrica dos agregados miúdos do Canteiro 1 – A02, Canteiro 1 – A03, Canteiro 2 e Canteiro 5.

	Canteiro 1 - A02		Canteiro 1 - A03		Canteiro 2		Canteiro 5	
Peneira (mm)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)
6,30	1,72	1,72	0,18	0,18	1,20	1,20	2,60	2,60
4,75	1,72	3,44	0,00	0,18	1,50	2,70	1,73	4,33
2,36	12,30	15,74	0,18	0,37	16,25	18,95	11,64	15,97
1,18	26,71	42,45	8,76	9,13	39,48	58,44	30,30	46,27
0,6	23,23	65,68	32,22	41,35	26,73	85,16	28,21	74,48
0,3	13,43	79,11	23,57	64,92	10,37	95,53	14,98	89,46
0,15	15,10	94,21	22,91	87,83	3,82	99,35	8,95	98,41
Fundo	5,79	100,00	12,17	100,00	0,65	100,00	1,59	100,00
Amostra	100,00		100,00		100,00		100,00	

Fonte: Autoria própria, 2022.

Gráfico 3 - Curva granulométrica dos agregados miúdos do Canteiro 1 – A02, Canteiro 1 – A03, Canteiro 2 e Canteiro 5.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Uma vez que os materiais identificados divergem, consequentemente sua composição granulométrica também diverge. Diante das curvas granulométricas pode-se observar que a curva da amostra Canteiro 1- A03 apresenta uma porcentagem de grãos passantes bem superior as demais amostras, sendo assim, apresenta-se uma quantidade maior de grãos finos. Observou-se também que apesar de serem o mesmo material, de acordo com a identificação de seus respectivos canteiros, suas curvas granulométricas não se assemelharam muito, visto que o Canteiro 2 apresentou uma quantidade de grãos passantes, ou seja, mais finos, bem menor que o Canteiro 1 – A02, porém ambas semelhantes a curva do Canteiro 5 quanto as porcentagens passantes nas peneiras superiores, 6,30 mm, 4,75 mm e 1,18 mm.

A amostra do Canteiro 1 – A02 apresenta um módulo de finura igual a 3,00, o Canteiro 1 – A03 igual a 2,03, Canteiro 2 igual a 3,60 e o Canteiro 5 apresentou um módulo de finura igual a 3,28. As amostras do Canteiro 1 – A02, Canteiro 2 e Canteiro 5 apresentam uma dimensão máxima característica igual a 4,75, e somente a amostra do Canteiro 1 – A03 possui uma dimensão máxima característica de 2,36 mm.

5.2.2 Agregado graúdo

Assim como para os agregados miúdos, foi feito o peneiramento dos agregados graúdos e suas respectivas pesagens das massas, em gramas, por peneira, obtendo a

granulometria dos mesmos, apresentado no Apêndice C – Análise granulométrica dos agregados graúdos.

5.2.2.1 Agregados coletados no Comércio 1- A02, Canteiro 5, Canteiro 7 e Canteiro 8.

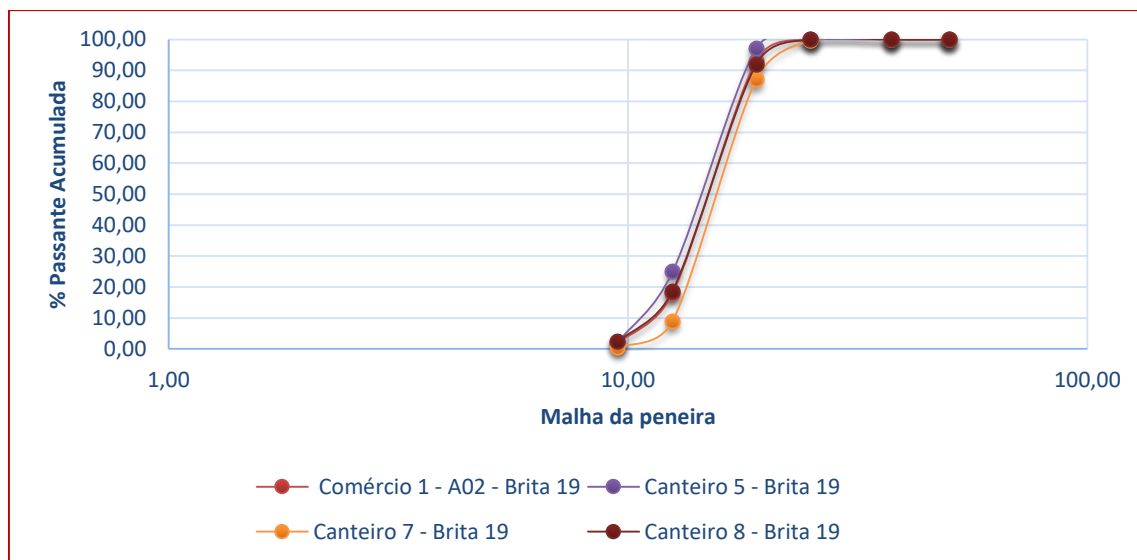
A granulometria das amostras dos agregados graúdos coletados no Comércio 1 – A02, Canteiro 5, Canteiro 7 e Canteiro 8 está descrita na Tabela 11 e Gráfico 4, sendo todas identificadas como Brita 19, por seus respectivos comércios e canteiros.

Tabela 11 - Resultados da análise granulométrica dos agregados graúdos do Comércio 1 – A02, Canteiro 8, Canteiro 7 e Canteiro 5.

	Comércio 1- A02		Canteiro 8		Canteiro 7		Canteiro 5	
Peneira (mm)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
37,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00
19,00	6,93	6,93	8,04	8,04	12,61	13,11	2,93	2,93
12,50	75,19	82,11	73,25	81,29	77,95	91,05	72,13	75,07
9,50	16,11	98,22	16,41	97,69	8,52	99,57	22,79	97,85
Fundo	1,78	100,00	2,31	100,00	0,43	100,00	2,15	100,00
Amostra	100,00		100,00		100,00		100,00	

Fonte: Autoria própria, 2022.

Gráfico 4 - Curva granulométrica dos agregados graúdos do Comércio 1 – A02, Canteiro 8, Canteiro 7 e Canteiro 5.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Sabe-se que as amostras do Comércio 1 – A02, Canteiro 5, Canteiro 7 e Canteiro 8 foram todas identificadas como brita 19, e por isso suas curvas são bem semelhantes. É possível visualizar que todas as amostras passam por completo nas peneiras 50 mm, 37,5 mm e 25 mm, com exceção da amostra do Canteiro 7, onde fica retido apenas 0,5% na peneira de 25 mm. Outro ponto interessante no Gráfico 4 foi a aproximação constante das curvas do Comércio 1 – A02 com o Canteiro 8, ou seja, apresentam uma granulometria muito próxima. O módulo de finura calculado para as amostras acima foi igual a 1,05, 1,00, 1,12 e 1,05 respectivamente, tendo o Comércio 1 – A02, Canteiro 8 e Canteiro 7 dimensões máxima característica de 25 mm, e o Canteiro 5 dimensões máxima de 19 mm.

5.2.2.2 Agregados coletados no Comércio 1 – A01, Comércio 2, Canteiro 1 e Canteiro 2

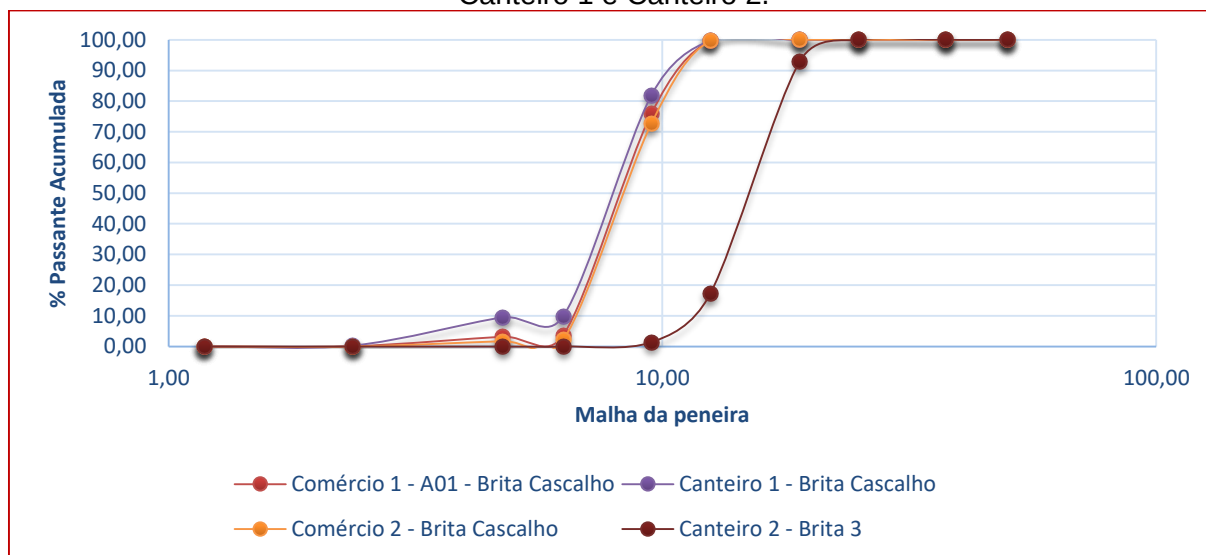
As amostras do Comércio 1 – A01, Comércio 2 e Canteiro 1 foram identificadas como brita cascalho, e o Canteiro 2 brita 3. Na Tabela 12 e Gráfico 5 são apresentadas suas respectivas análises e curvas granulométricas.

Tabela 12 - Resultados da análise granulométrica dos agregados graúdos do Comércio 1 – A01, Comércio 2, Canteiro 1 e Canteiro 2.

	Comércio 1- A01		Comércio 2		Canteiro 1		Canteiro 2	
Peneira (mm)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
37,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	7,00
12,50	0,34	0,34	0,35	0,35	0,37	0,37	75,84	82,84
9,50	23,74	24,08	27,05	27,40	17,78	18,15	15,76	98,60
6,30	72,23	96,30	70,40	97,80	71,98	90,13	1,40	100,00
4,75	0,51	96,81	0,46	98,26	0,40	90,53	0,00	0,00
2,36	3,10	99,91	1,73	99,99	9,19	99,72	0,00	0,00
1,18	0,09	100,00	0,01	100,00	0,28	100,00	0,00	0,00
Fundo	100,00		100,00		100,00		100,00	0,00
Amostra	100,00		100,00		100,00		100,00	

Fonte: Autoria própria, 2022.

Gráfico 5 - Curva granulométrica dos agregados graúdos do Comércio 1 – A01, Comércio 2, Canteiro 1 e Canteiro 2.



Fonte: Autoria própria, 2022.

É possível observar que as amostras do Comércio 1 – A01, Canteiro 1 e Comércio 2 apresentam curvas semelhantes, uma vez que representam o mesmo material, Brita 19, dando ênfase ao Comércio 1 – A01 e Comércio 2 que apresentam curvas bem próximas, ou seja, possuem grãos com granulometria análoga. É visto também uma divergência considerável na curva do Canteiro 2, em relação as demais,

pois o mesmo apresenta um material identificado como Brita 3, diferente das outras amostras, e por isso sua granulometria também difere.

Outra característica importante que é possível identificar a partir da análise granulométrica destas amostras e suas respectivas curvas, é a presença de grãos inferiores a granulometria estabelecida para os grãos, ou seja, houve uma quantidade considerável de grãos passantes da peneira 4,75 mm, sendo preciso passar pelas peneiras de granulometria miúda para sua caracterização, portanto as amostras identificadas por brita cascalho apresentou junto aos seus grãos grãos, também grãos miúdos.

O módulo de finura calculado para as amostras ensaiadas, Comércio 1 – A01, Comércio 2, Canteiro 1 e Canteiro 2, foi igual a 2,20, 2,25, 2,08 e 1,05, respectivamente, e dimensões máximas características igual a 12,50 mm, exceto o Canteiro 2 com dimensão máxima igual a 25 mm.

5.2.2.3 Agregados coletados no Comércio 3, Comércio 4, Canteiro 3 e Canteiro 4

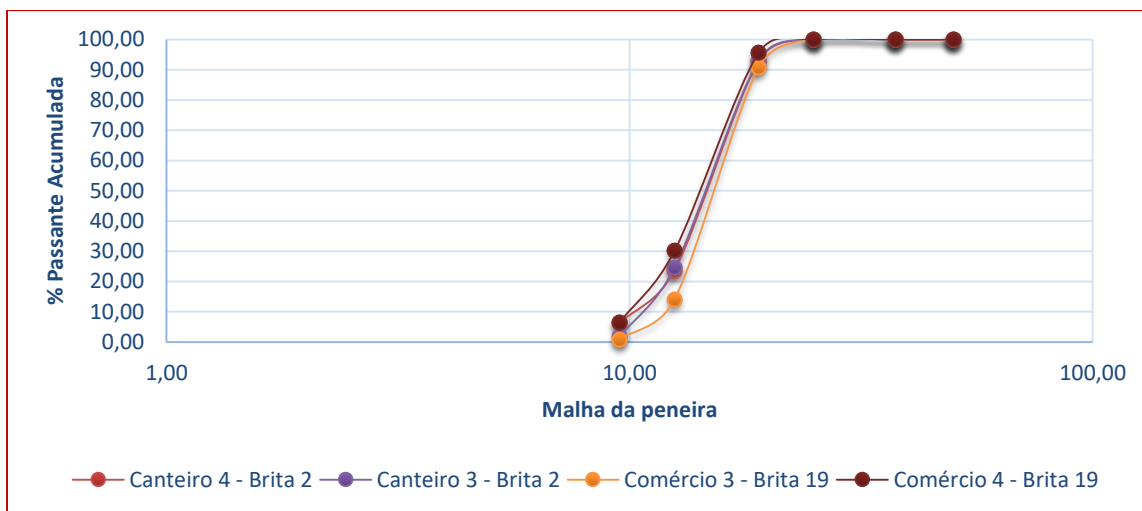
Das amostras coletadas, no Comércio 3 e Comércio 4 obteve-se como material a brita 19, enquanto que no Canteiro 3 e Canteiro 4, brita 2. A análise e curva granulométrica das mesmas são apresentadas na Tabela 13 e Gráfico 6.

Tabela 13 - Resultados da análise granulométrica dos agregados grãos do Comércio 3, Comércio 4, Canteiro 3 e Canteiro 4.

	Comércio 3		Comércio 4		Canteiro 3		Canteiro 4	
Peneira (mm)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)	Retida (%)	Retida Acumulada (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
37,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00	9,27	9,27	4,41	4,41	6,82	6,82	7,10	7,10
12,50	76,68	85,94	65,46	69,87	68,55	75,37	69,26	76,36
9,50	13,15	99,09	23,70	93,57	22,94	98,31	17,31	93,67
Fundo	0,91	100,00	6,43	100,00	1,69	100,00	6,33	100,00
Amostra	100,00		100,00		100,00		100,00	

Fonte: Autoria própria, 2022.

Gráfico 6 - Curva granulométrica dos agregados graúdos do Comércio 3, Comércio 4, Canteiro 3 e Canteiro 4.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Apesar de se tratar de dois tipos de agregado graúdo, Brita 19 e Brita 2, as curvas granulométricas provenientes da análise granulométrica dessas amostras se mostraram bem similares, principalmente as amostras do Canteiro 4 e do Canteiro 3, que as curvas estão quase que sobrepostas, ou seja, apresentam grãos bem análogos. Já a amostra do Comércio 3 apresenta uma granulometria com grãos mais grossos que as demais amostras, uma vez que as porcentagens passantes acumuladas são menores.

O módulo de finura correspondente as amostras do Comércio 3, Comércio 4, Canteiro 3 e Canteiro 4, é igual a 1,08, 0,97, 1,05 e 1,00, respectivamente. A dimensão máxima característica do Comércio 4 é igual a 19 mm, enquanto que a do restante das amostras, é igual a 25 mm.

5.3 Classificação granulométrica

5.3.1 Agregado miúdo

5.3.1.1 De acordo com os limites de distribuição granulométrica, por peneira, estabelecido na NBR 7211/2005

A NBR 7211/2005 estabelece limites para a distribuição granulométrica do agregado miúdo, sendo eles inferiores e superiores, com zonas utilizáveis e ótimas, por peneira, como mostra a Tabela 1 já citada. A norma ressalta ainda que para o caso de agregados miúdos utilizados no concreto que não estiverem dentro dos limites por ela estabelecidos, é necessário a realização de estudos prévios de dosagem que comprovem sua aplicabilidade. Nas tabelas e gráficos correspondentes aos tópicos 5.3.1.1.1, 5.3.1.1.2, 5.3.1.1.3, 5.3.1.1.4, 5.3.1.1.5, 5.3.1.1.6 e 5.3.1.1.7, observa-se como se comportou cada amostra analisada quanto aos limites correspondentes pela mesma.

5.3.1.1.1 Limites inferiores e superiores da peneira 150 μ m

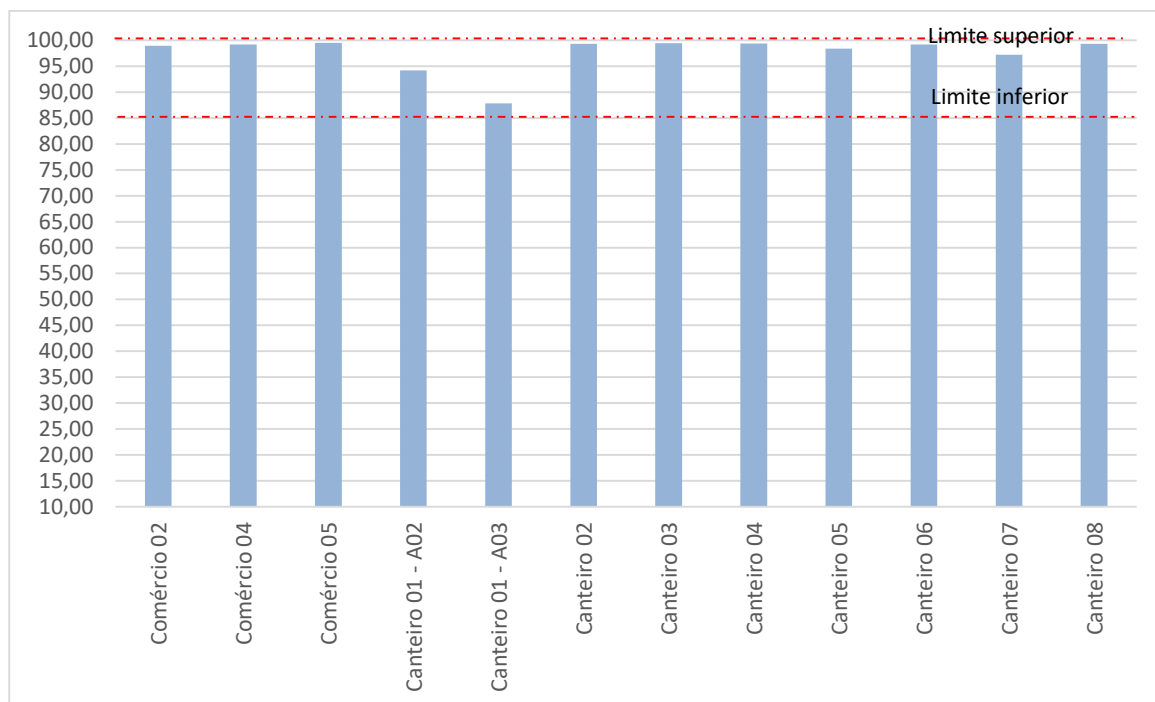
Na Tabela 14 e Gráfico 7 são estabelecidas as porcentagens retidas acumuladas dos grãos de todas as amostras coletadas, na peneira 150 μ m.

Tabela 14 - Porcentagem retida e retida acumulada na peneira 150 μ m.

Amostras	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)
Comércio 02	83,80	8,16	98,95
Comércio 04	81,00	8,03	99,21
Comércio 05	53,80	5,56	99,48
Canteiro 01 - A02	152,30	15,10	94,21
Canteiro 01 - A03	62,50	22,91	87,83
Canteiro 02	38,70	3,82	99,35
Canteiro 03	51,30	5,02	99,41
Canteiro 04	74,80	7,38	99,40
Canteiro 05	90,20	8,95	98,41
Canteiro 06	71,70	7,05	99,19
Canteiro 07	145,00	14,36	97,23
Canteiro 08	59,30	5,84	99,34

Fonte: Autoria própria, 2022.

Gráfico 7 - Porcentagem retida acumulada na peneira 150 μm .



Fonte: Autoria própria, 2022.

Nota-se que todas as amostras apresentam entre 85% e 100% dos grãos retidos acumulados na peneira 150 μm , portanto atendem o limite inferior e superior determinado pela NBR 7211 para a peneira 150 μm , estando elas dentro da zona utilizável para o concreto.

5.3.1.1.2 Limites inferiores e superiores da peneira 300 μ m

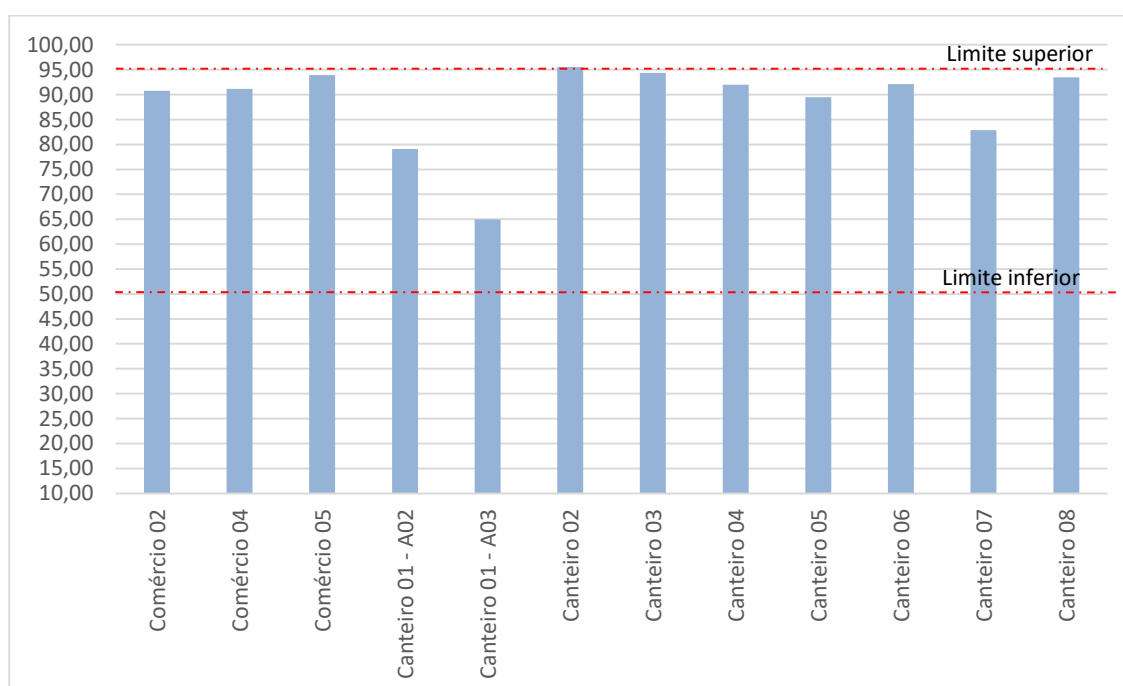
A distribuição granulométrica das amostras na peneira 300 μ m são apresentados a seguir na Tabela 15 e Gráfico 8.

Tabela 15 - Porcentagem retida e retida acumulada na peneira 300 μ m.

Amostras	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)
Comércio 02	160,40	15,63	90,78
Comércio 04	217,60	21,56	91,18
Comércio 05	108,00	11,16	93,92
Canteiro 01 - A02	135,50	13,43	79,11
Canteiro 01 - A03	64,30	23,57	64,92
Canteiro 02	105,10	10,37	95,53
Canteiro 03	133,70	13,09	94,39
Canteiro 04	195,90	19,33	92,02
Canteiro 05	151,00	14,98	89,46
Canteiro 06	155,00	15,23	92,15
Canteiro 07	168,70	16,71	82,86
Canteiro 08	139,20	13,72	93,50

Fonte: Autoria própria, 2022.

Gráfico 8 - Porcentagem retida acumulada na peneira 300 μ m.



Fonte: Autoria própria, 2022.

De acordo com a Tabela 15 e Gráfico 8 é possível observar que todas as amostras possuem uma porcentagem retida acumulada de grãos na peneira de $300\mu m$ entre 50% e 95%, portanto, possuem uma distribuição granulométrica que atendem os limites estabelecidos na norma para a peneira $300\mu m$. Com exceção do Canteiro 2, que apresentou um agregado miúdo com uma porcentagem um pouco maior que 95%, 95,53% para ser mais exato, retida acumulada na peneira em questão, entretanto, uma vez que é feito estudos prévios de dosagem e comprovado sua aplicabilidade, o mesmo pode ser utilizado para o concreto.

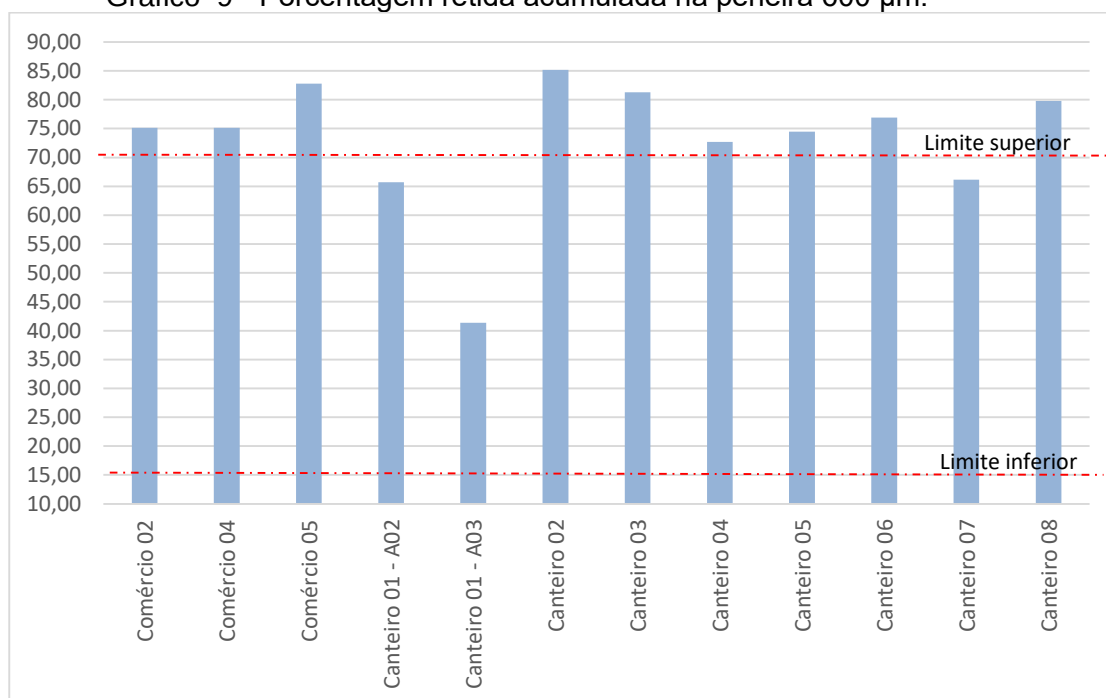
5.3.1.1.3 Limites inferiores e superiores da peneira $600\mu m$.

Na Tabela 16 está a distribuição granulométrica de todas as amostras de agregado miúdo coletadas para a peneira $600\mu m$.

Tabela 16 - Porcentagem retida e retida acumulada na peneira $600\mu m$.

Amostras	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)
Comércio 02	291,80	28,43	75,16
Comércio 04	291,80	28,43	75,16
Comércio 05	249,70	25,80	82,77
Canteiro 01 - A02	234,30	23,23	65,68
Canteiro 01 - A03	87,90	32,22	41,35
Canteiro 02	270,90	26,73	85,16
Canteiro 03	342,60	33,55	81,30
Canteiro 04	326,60	32,23	72,68
Canteiro 05	284,30	28,21	74,48
Canteiro 06	297,40	29,23	76,91
Canteiro 07	250,90	24,85	66,15
Canteiro 08	357,40	35,22	79,78

Fonte: Autoria própria, 2022.

Gráfico 9 - Porcentagem retida acumulada na peneira 600 μ m.

Fonte: Autoria própria, 2022.

Observa-se no Gráfico 9 que apenas o Canteiro 1 – A02, Canteiro 1 – A03 e o Canteiro 7 se apresentam dentro dos limites de 70% e 15%, limite superior e inferior respectivamente, determinado na NBR 7211 para a peneira 600 μ m. As demais amostras atendem ao limite inferior, porém ultrapassam o limite superior estabelecido. Dessa forma, é necessário que haja um estudo prévio de dosagem para a certificação do uso das mesmas no concreto.

5.3.1.1.4 Limites inferiores e superiores da peneira 1,18 mm.

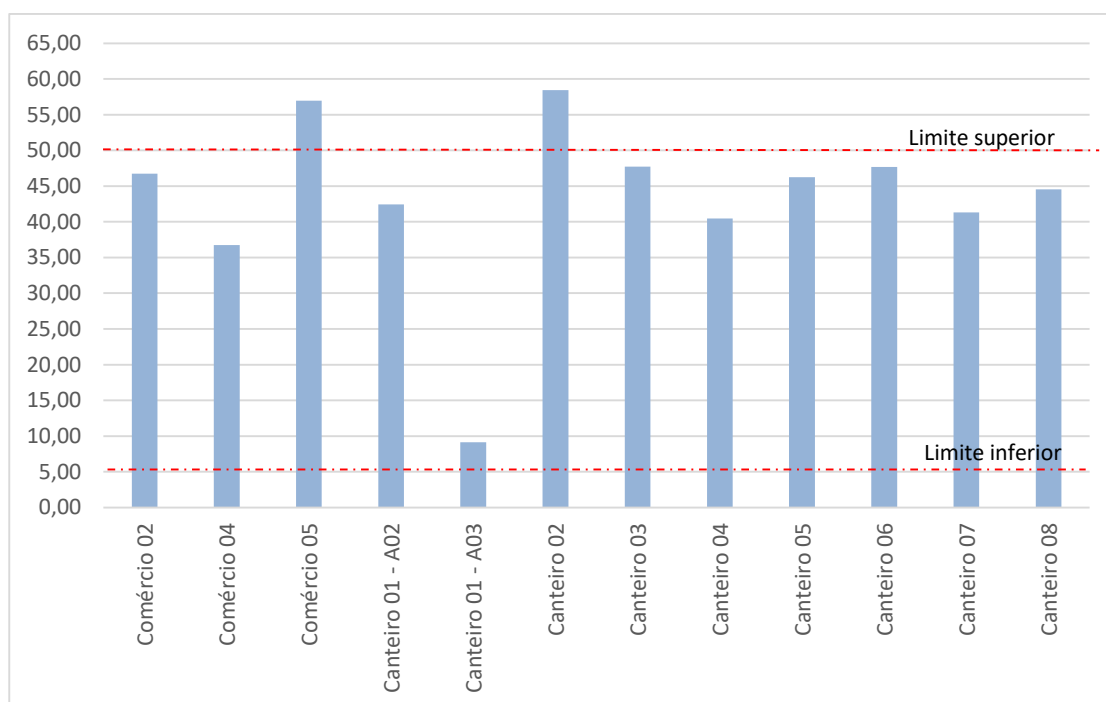
A Tabela 17 e Gráfico 10 apresentam a porcentagem retida acumulada das amostras coletadas na peneira 1,18 mm.

Tabela 17 - Porcentagem retida e retida acumulada na peneira 1,18 mm.

Amostras	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)
Comércio 02	277,00	26,99	46,73
Comércio 04	226,10	22,40	36,74
Comércio 05	290,80	30,04	56,97
Canteiro 01 - A02	269,40	26,71	42,45
Canteiro 01 - A03	23,90	8,76	9,13
Canteiro 02	400,20	39,48	58,44
Canteiro 03	353,90	34,66	47,75
Canteiro 04	217,30	21,45	40,45
Canteiro 05	305,40	30,30	46,27
Canteiro 06	270,90	26,63	47,68
Canteiro 07	239,10	23,68	41,30
Canteiro 08	433,00	42,67	44,56

Fonte: Autoria própria, 2022.

Gráfico 10 - Porcentagem retida acumulada na peneira 1,18 mm.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Ao visualizar o Gráfico 10 nota-se que com exceção do Comércio 5 e Canteiro 2, todas as outras amostras atendem o limite de distribuição granulométrica determinado na NBR 7211 para a peneira 1,18 mm, uma vez que estão entre 5% e 50%, limite inferior e superior respectivamente. Para o Comércio 5 e Canteiro 2, já que não atenderam a norma no limite superior de grãos retidos acumulados, em porcentagem, é preciso que seja feito um estudo prévio de dosagem antes de sua utilização.

5.3.1.1.5 Limites inferiores e superiores da peneira 2,36 mm.

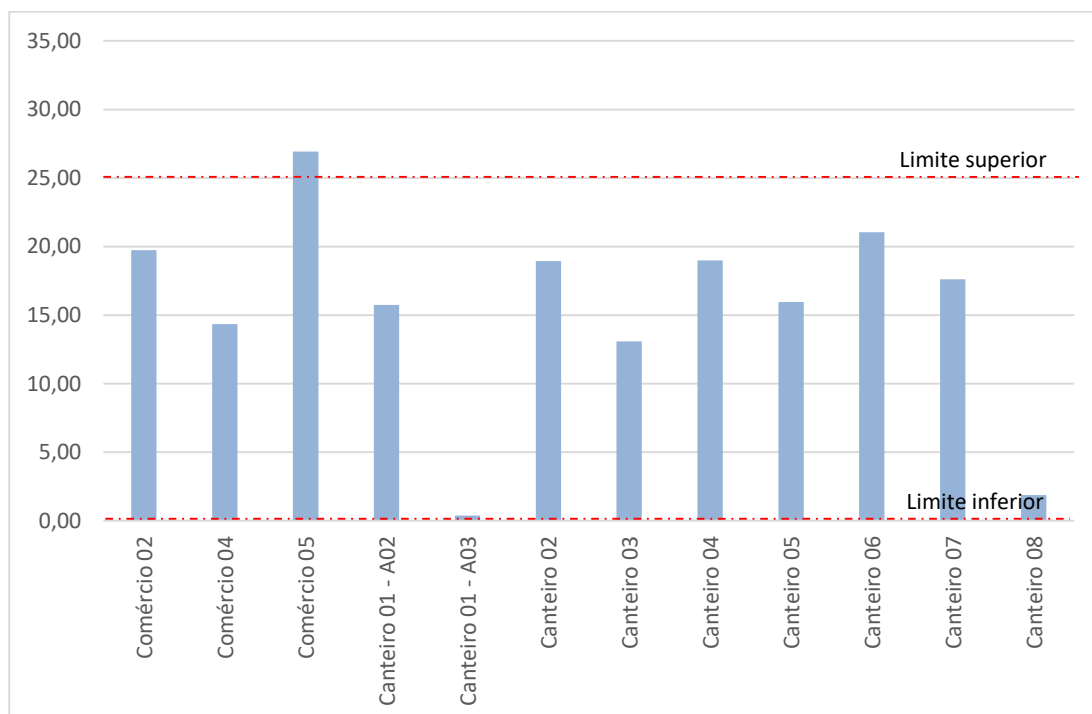
A seguir são apresentadas a Tabela 18 e Gráfico 11, com as porcentagens retidas acumuladas dos agregados miúdos analisados, na peneira 2,36 mm.

Tabela 18 - Porcentagem retida e retida acumulada na peneira 2,36 mm.

Amostras	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)
Comércio 02	139,20	13,56	19,74
Comércio 04	135,20	13,40	14,34
Comércio 05	166,50	17,20	26,92
Canteiro 01 - A02	124,10	12,30	15,74
Canteiro 01 - A03	0,50	0,18	0,37
Canteiro 02	164,70	16,25	18,95
Canteiro 03	91,20	8,93	13,09
Canteiro 04	129,30	12,76	19,00
Canteiro 05	117,30	11,64	15,97
Canteiro 06	135,00	13,27	21,05
Canteiro 07	143,60	14,22	17,62
Canteiro 08	18,80	1,85	1,88

Fonte: Autoria própria, 2022.

Gráfico 11 - Porcentagem retida acumulada na peneira 2,36 mm



Fonte: Autoria própria, 2022.

No Gráfico 11, todas as amostras atendem ao limite inferior e superior de distribuição granulométrica na peneira 2,36 mm, com exceção do agregado miúdo comercializado no Comércio 5, já que a porcentagem de grãos retidos acumulados na peneira 2,36 mm ultrapassa o limite superior. Com um estudo prévio de dosagem do agregado miúdo do Comércio 5 é possível verificar se o mesmo pode ser utilizado para o concreto.

5.3.1.1.6 Limites inferiores e superiores da peneira 4,75 mm.

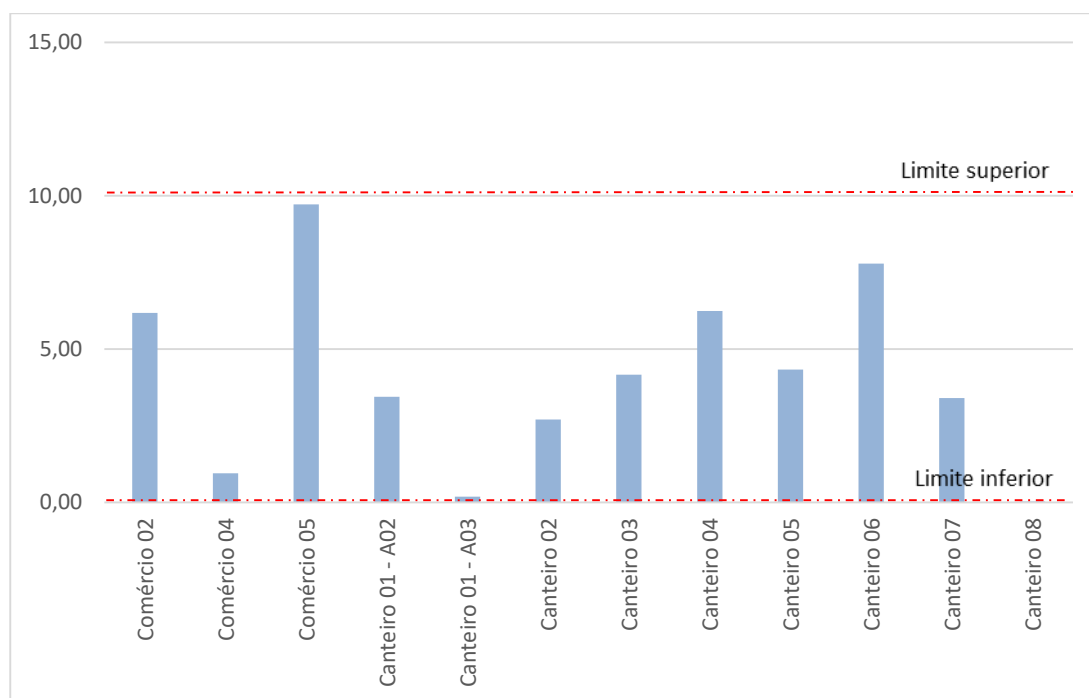
A Tabela 19 e Gráfico 12 indicam a distribuição granulométrica retida acumulada, em porcentagem, na peneira 4,75 mm, das amostras analisadas.

Tabela 19 - Porcentagem retida e retida acumulada na peneira 4,75 mm.

Amostras	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)
Comércio 02	29,40	2,86	6,18
Comércio 04	8,30	0,82	0,94
Comércio 05	36,70	3,79	9,72
Canteiro 01 - A02	17,40	1,72	3,44
Canteiro 01 - A03	0,00	0,00	0,18
Canteiro 02	15,20	1,50	2,70
Canteiro 03	19,80	1,94	4,16
Canteiro 04	35,70	3,52	6,24
Canteiro 05	17,40	1,73	4,33
Canteiro 06	40,10	3,94	7,78
Canteiro 07	32,00	3,17	3,40
Canteiro 08	0,30	0,03	0,03

Fonte: Autoria própria, 2022.

Gráfico 12 - Porcentagem retida acumulada na peneira 4,75 mm.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Uma vez que, na peneira 4,75 mm, o limite de distribuição granulométrica do agregado miúdo inferior é 0 e o superior é 10%, de acordo com a NBR 7211, observa-se no Gráfico 12 que todas as amostras atendem esse limite, ou seja, todas estão dentro da zona utilizável para o concreto.

5.3.1.1.7 Limites inferiores e superiores da peneira 6,30 mm.

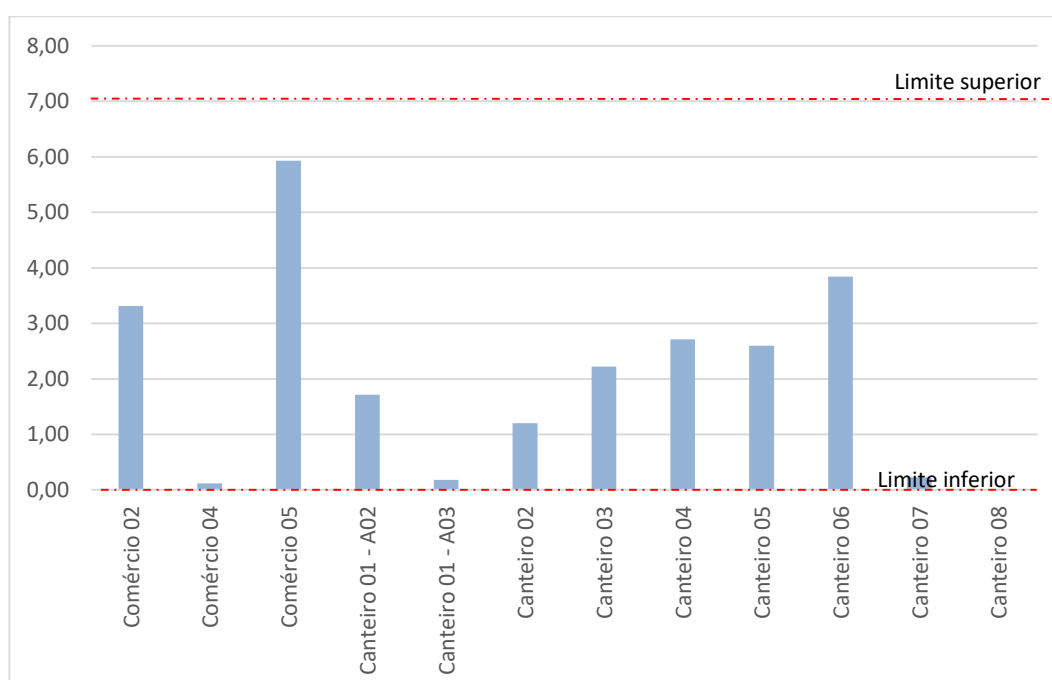
A porcentagem retida acumulada dos agregados miúdos coletados na peneira intermediária 6,30 mm é mostrada na Tabela 20 e Gráfico 13.

Tabela 20 - Porcentagem retida e retida acumulada na peneira 6,30 mm.

Amostras	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)
Comércio 02	34,00	3,31	3,31
Comércio 04	1,20	0,12	0,12
Comércio 05	57,40	5,93	5,93
Canteiro 01 - A02	17,30	1,72	1,72
Canteiro 01 - A03	0,50	0,18	0,18
Canteiro 02	12,20	1,20	1,20
Canteiro 03	22,70	2,22	2,22
Canteiro 04	27,50	2,71	2,71
Canteiro 05	26,20	2,60	2,60
Canteiro 06	39,10	3,84	3,84
Canteiro 07	2,30	0,23	0,23
Canteiro 08	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autoria própria, 2022.

Gráfico 13 - Porcentagem retida acumulada na peneira 6,30 mm.



Fonte: Autoria própria, 2022.

A porcentagem retida acumulada de grãos miúdos estabelecidos pela norma para a peneira 6,30 mm, obedece ao limite inferior de 0 e superior de 7%, dessa forma, todas as amostras atendem a essa especificação, estando localizadas dentro da zona utilizável.

5.3.1.2 De acordo com o módulo de finura do agregado miúdo

A norma vigente com especificações de agregados para o concreto, a NBR 7211/2005, ao indicar os limites inferiores e superiores de distribuição granulométrica do agregado miúdo com zonas, utilizáveis e ótimas, através da porcentagem retida acumulada do agregado, também utiliza do módulo de finura para tal determinação. Portanto, calculado o módulo de finura, é possível classificar o agregado coletado como estando na zona ótima, zona utilizável inferior e zona utilizável superior, como mostra a Tabela 1 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.

É possível ainda classificar o agregado miúdo areia a partir do módulo de finura em grossa, média, fina e muito fina, de acordo com Bauer (2000), citado mais acima na Tabela 3 – Classificação da areia quanto ao módulo de finura. A seguir, na Tabela 21, o módulo de finura de cada agregado miúdo coletado é indicado e posteriormente sua classificação por zona. A tabela traz também a classificação da areia em grossa, média, fina e muito fina.

Tabela 21 - Classificação do agregado miúdo a partir do módulo de finura.

Amostra	Módulo de finura	Zona	Classificação
Comércio 2	3,37	Zona utilizável sup.	Média
Comércio 4	3,12	Zona utilizável sup.	Média
Comércio 5	3,69	Ultrapassa a zona utilizável superior	Grossa
Canteiro 1 – A02	3,00	Zona utilizável sup.	Média
Canteiro 1 – A03	2,03	Zona utilizável inf.	Muito fina

Canteiro 2	3,60	Ultrapassa a zona utilizável superior	Grossa
Canteiro 3	3,40	Zona utilizável sup.	Grossa
Canteiro 4	3,29	Zona utilizável sup.	Média
Canteiro 5	3,28	Zona utilizável sup.	Média
Canteiro 6	3,19	Zona utilizável sup.	Média
Canteiro 7	3,08	Zona utilizável sup.	Média
Canteiro 8	3,44	Zona utilizável sup.	Grossa

Fonte: Autoria própria, 2022.

Observa-se que nenhuma amostra coletada atende aos limites de zona ótima, em sua maioria ocupam a zona utilizável superior, ou seja, apresentam grãos mais grossos, uma vez que possuem módulo de finura maior. Nesta maioria, abre-se exceção para o Canteiro 1 – A03 que se localiza na zona utilizável inferior, pois apresenta um módulo de finura menor que as demais, isto é, grãos mais finos; e o Comércio 5 e Canteiro 2 que não se encaixam em nenhuma das zonas estabelecidas pela NBR 7211, já que ultrapassa a zona utilizável superior, apresentando um módulo de finura maior que 3,50.

Da totalidade de 12 amostras, sete delas se mostraram ser areia média. Dentre as 5 restantes, tem-se o Canteiro 1 – A03 apresentando uma areia muito fina, e o Comércio 5, Canteiro 2, Canteiro 3 e Canteiro 8 areia grossa, uma vez que apresentam um módulo de finura superior das demais.

5.3.1.3 Discussão da classificação dos agregados miúdos

A partir dessas análises, foi possível identificar quais as amostras de agregados miúdos melhor atenderam as especificações da norma, NBR 7211. Observa-se que o Canteiro 1 – A02 e Canteiro 7 apresentaram agregados miúdos bem conformes com o esperado, uma vez que estão dentro da zona utilizável para o concreto, tanto de acordo com sua porcentagem retida acumulada de grãos por peneira quanto pelo seu módulo de finura, ambas classificadas como areia média. O Canteiro 1 – A03 foi o único que

apresentou um agregado miúdo dentro da zona utilizável inferior, uma vez que seu módulo de finura foi o menor, sendo assim classificada como areia muito fina.

Um ponto importante desta análise foi a discrepância dos agregados miúdos coletados no Comércio 5 e Canteiro 2 conforme a norma, pois ambos não atenderam por completo a zona utilizável para o concreto analisada por peneira, e de acordo com seu módulo de finura eles ultrapassam a zona utilizável, ou seja, é necessário um estudo prévio de dosagem desses agregados para seu uso. Com valores do módulo de finura mais expressivos, em relação as demais, ambas são classificadas como areia grossa.

5.3.2 Agregado graúdo

5.3.2.1 De acordo com os limites de distribuição granulométrica, por peneira, estabelecido na NBR 7211/2005

Assim como para os miúdos, a NBR 7211/2005 determina limites para a composição granulométrica dos agregados graúdos, colocando-os em zonas granulométricas de acordo com a porcentagem retida acumulada de grãos por peneira. Dificilmente uma amostra de graúdos apresenta uma mesma dimensão para todos os grãos, por isso o uso de zonas granulométricas, correspondendo a menor (d) e a maior (D) dimensão do agregado graúdo. A seguir, é feita a classificação dos agregados graúdos coletados, em zonas granulométricas conforme a NBR 7211/2005, exposta na Tabela 2 – Limites da distribuição granulométrica do agregado graúdo.

5.3.2.1.1 Agregados graúdos coletados no Comércio 1- A02, Canteiro 5, Canteiro 7 e Canteiro 8.

A partir da Tabela 11, foi possível identificar que todas as amostras se encaixam na zona 9,5 – 25. Na peneira 19 mm, todas apresentaram uma porcentagem retida acumulada entre 2% e 15%, e na peneira 9,50 entre 80% e 100%, porém, os materiais

retidos acumulados na peneira 12,50 mm não se encaixaram em nenhuma zona granulométrica.

5.3.2.1.2 Agregados coletados no Comércio 3, Comércio 4, Canteiro 3 e Canteiro 4.

Visto na Tabela 13, o Comércio 4 foi o único que apresentou um agregado totalmente dentro da zona granulométrica 9,5 – 25, já que todo seu material retido nas peneiras 19 mm, 12,5 mm e 9,5 mm atenderam aos limites da zona em questão. O Comércio 3, Canteiro 3 e Canteiro 4 também tendem a estarem na zona 9,5 – 25, uma vez que apenas o material retido acumulado na peneira 12,5 mm não entrou em nenhuma zona estabelecida.

5.3.2.1.3 Agregados coletados no Comércio 1 – A01, Comércio 2, Canteiro 1 e Canteiro 2.

A Tabela 12 apresenta a porcentagem retida e retida acumulada dos grãos destes agregados, e a partir dela observa-se que o Canteiro 2 tende a zona granulométrica 9,5 – 25, apesar de o material retido acumulado na peneira 12,5 mm não atender nenhuma zona, o Canteiro 1 tende a zona 4,75 – 12,5, pois todos seus limites atenderam a zona em questão com exceção do material retido acumulado na peneira 6,30 mm que não se encaixa em nenhuma zona. Já o Comércio 1 – A01 e Comércio 2 apresentam materiais que ora estão na zona granulométrica 4,75 – 12,5, ora estão na zona 9,5 – 25, dessa forma, pode-se dizer que há uma mistura de material abrangendo essas duas zonas granulométricas.

5.3.2.2 De acordo com o Ministério de Minas e de Energia (MME)

Outra forma de classificar o agregado gráudo é a partir de sua dimensão, analisada em sua distribuição granulométrica. A seguir, os agregados gráudos

coletados são classificados em graduações, brita 0, 1, 2, 3, 4 e 5, de acordo com sua granulometria pelo Ministério de Minas e Energia, MME, presente na Tabela 4.

5.3.2.2.1 Agregados graúdos coletados no Comércio 1- A02, Canteiro 5, Canteiro 7 e Canteiro 8.

Na Tabela 22 apresenta a porcentagem retida dos grãos por peneira do Comércio 1 – A02, Canteiro 5, Canteiro 7 e Canteiro 8.

Tabela 22 - Porcentagens retidas dos agregados graúdos do Comércio 1 – A02, Canteiro 5, Canteiro 7 e Canteiro 8.

	Comércio 1- A02	Canteiro 8	Canteiro 7	Canteiro 5
Peneira (mm)	Retida (%)	Retida (%)	Retida (%)	Retida (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	0,00
37,50	0,00	0,00	0,00	0,00
25,00	0,00	0,00	0,50	0,00
19,00	6,93	8,04	12,61	2,93
12,50	75,19	73,25	77,95	72,13
9,50	16,11	16,41	8,52	22,79
Fundo	1,78	2,31	0,43	2,15
Amostra	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: Autoria própria, 2022.

Observa-se para o Comércio 1 – A02 que apenas 6,93% fica retido na peneira 19 mm, enquanto que 93,07% passa da mesma. Levando em consideração que a escala granulométrica do MME não utiliza da peneira 12,5 mm, pode-se dizer que a quantidade passante da peneira 19 mm, 93,07%, ficou retido na peneira 9,5 mm, passando da mesma apenas 1,78% para o fundo. Dessa forma, a maioria da massa deste agregado passa da peneira 19 mm e fica retida na peneira 9,5 mm, então considera-se este agregado como brita 1. O mesmo acontece para os agregados coletados no Canteiro 5, Canteiro 7 e Canteiro 8, a maior parte da massa dos mesmos ficam retidos entre a peneira 19 mm e 9,5 mm, portanto, todas se classificam como brita 1.

5.3.2.2.2 Agregados graúdos coletados no Comércio 3, Comércio 4, Canteiro 3 e Canteiro 4.

Feita a análise granulométrica destes agregados, a porcentagem retida de grãos dos mesmos se apresentam na Tabela 23 abaixo.

Tabela 23 - Porcentagens retidas dos agregados graúdos do Comércio 4, Comércio 3, Canteiro 4 e Canteiro 3.

	Comércio 3	Comércio 4	Canteiro 3	Canteiro 4
Peneira (mm)	Retida (%)	Retida (%)	Retida (%)	Retida (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	0,00
37,50	0,00	0,00	0,00	0,00
25,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00	9,27	4,41	6,82	7,10
12,50	76,68	65,46	68,55	69,26
9,50	13,15	23,70	22,94	17,31
Fundo	0,91	6,43	1,69	6,33
Amostra	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: Autoria própria, 2022.

Nota-se que para as amostras de agregado graúdo coletados no Comércio 3, Comércio 4, Canteiro 3 e Canteiro 4, em todos, a maior parte de grãos retidos passaram da peneira 19 mm e ficaram retidos na peneira 9,5 mm, portanto, de acordo com a MME apresentam uma graduação igual a 1, ou seja, são consideradas brita 1.

5.3.2.2.3 Agregados graúdos coletados no Comércio 1 – A01, Comércio 2, Canteiro 1 e Canteiro 2.

A Tabela 24 abaixo traz a quantidade de grãos retidos, em porcentagem, por peneira dos agregados graúdos coletados no Comércio 1 – A01, Comércio 2, Canteiro 1 e Canteiro 2.

Tabela 24 - Porcentagens retidas dos agregados graúdos do Comércio 1 – A01, Comércio 2, Canteiro 1 e Canteiro 2.

	Comércio 1- A01	Comércio 2	Canteiro 1	Canteiro 2
Peneira (mm)	Retida (%)	Retida (%)	Retida (%)	Retida (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	0,00
37,50	0,00	0,00	0,00	0,00
25,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00	0,00	0,00	0,00	7,00
12,50	0,34	0,35	0,37	75,84
9,50	23,74	27,05	17,78	15,76
6,30	72,23	70,40	71,98	1,40
4,75	0,51	0,46	0,40	0,00
2,36	3,10	1,73	9,19	0,00
1,18	0,09	0,01	0,28	0,00
Fundo	100,00	100,00	100,00	100,00
Amostra	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: Autoria própria, 2022.

Da Tabela 24 podemos visualizar que o Comércio 1 – A01, Comércio 2 e Canteiro 1 apresentam a maior parte de seus grãos passantes da peneira 9,50 mm e retidos na peneira 4,75 mm, uma vez que o MME não introduz a peneira 6,30 mm em sua escala granulométrica, portanto considera-se que o material presente nestas amostras são classificadas como brita 0. Entretanto, observa-se também em sua distribuição granulométrica uma quantidade de grãos considerável retida na peneira 9,5 mm, além da mesma se estender até as peneiras de granulometria miúda, dessa forma, pode-se dizer que estes materiais são provenientes de uma mistura.

Quanto ao agregado graúdo coletado no Canteiro 2, tem-se a maioria de seus grãos passantes na peneira 19 mm e retidas na peneira 9,5 mm, sendo assim classificada como brita 1.

5.3.2.3 De acordo com a NBR 7211/1983

A NBR 7211 traz ainda em sua versão antiga, de 1983, uma forma de classificar o agregado graúdo também por graduação, brita 0,1,2,3,4,5, assim como o Ministério de Minas e Energia, porém, a mesma é feita a partir da porcentagem retida acumulada por peneira. Esta classificação pode ser visualizada na Tabela 5.

Voltando na Tabela 11 – Resultados da análise granulométrica dos agregados graúdos do Comércio 1- A02, Canteiro 8, Canteiro 7 e Canteiro 5, observa-se que o Comércio 1 – A02, Canteiro 8 e Canteiro 5 apresentam uma porcentagem retida de grãos entre 0 e 10% na peneira 19 mm e entre 80% e 100% na peneira 9,5 mm, caracterizando assim uma brita de graduação 1. Enquanto que o Canteiro 7 tende a ser classificada como brita 2, uma vez que seus grãos retidos quando acumulados se encaixam nos limites da graduação 2.

Seguindo para a Tabela 12 – Resultados da análise granulométrica dos agregados graúdos do Comércio 1 – A01, Comércio 2, Canteiro 1 e Canteiro 2, pode-se visualizar que o Comércio 1 – A01 e Comércio 2 apresentam um agregado graúdo caracterizado como brita 1, pois as porcentagens retidas acumuladas nas peneiras 6,30 mm e 4,75 mm atendem aos limites previstos pela norma para caracterização de brita com graduação 1. O Canteiro 1 tende aos limites da graduação 0, nas peneiras 6,75 mm e 2,36 mm, portanto é caracterizada como brita 0, e o Canteiro 2, caracterizada como brita 1.

Por fim, a partir da Tabela 13 – Resultados da análise granulométrica dos agregados graúdos do Comércio 3, Comércio 4, Canteiro 3 e Canteiro 4, nota-se que todos os agregados coletados e analisado nesta tabela caracterizam-se como brita 1, uma vez que sua distribuição granulométrica atende aos limites previstos na norma para a peneira 19 mm e 9,5 mm.

5.3.2.4 Discussão da classificação dos agregados graúdos

Como resultado dessas três classificações a que foram submetidas as amostras de agregados graúdos coletados, os graúdos do Comércio 1 – A02, Canteiro 5 e Canteiro 8 se mostraram bem congruentes, uma vez que pela classificação da norma em zonas granulométricas, se encontram na zona 9,5 – 25, e pela classificação por graduação todos foram classificados como brita 1, pois suas granulometrias apresentaram como dimensão máxima 19 mm. No caso do graúdo coletado no Canteiro 7, também localizado na zona granulométrica 9,5 – 25, o mesmo apresentou uma pequena divergência quanto a sua graduação que de início identificou-se como brita 1 e depois como brita 2, entretanto, apesar dessa divergência continuou coincidindo com a zona na qual foi classificada.

Para o Comércio 3, Comércio 4, Canteiro 3 e Canteiro 4, seus agregados graúdos apresentam uma convergência por completo dentre suas classificações, tanto quanto a zona em que foi classificada, quanto em suas respectivas graduações. Os mesmos se localizam na zona granulométrica 9,5 – 25, e em ambas classificações por graduações, foram identificadas como brita 1.

Já nos agregados graúdos coletados no Comércio 1 – A01, Comércio 2, Canteiro 1 e Canteiro 2, tem-se uma assimetria quanto as suas classificações. O Comércio 1 – A01 e Comércio 2 apresentaram agregados abrangendo as zonas granulométricas 4,75 – 12,5 e 9,5 – 25, e ambas foram classificadas como brita 0, de acordo com o MME, e como brita 1, de acordo com a NBR 7211/1983. Dessa forma, pode-se dizer que esses agregados apresentam uma mistura de material.

O agregado graúdo coletado no Canteiro 1 convergiu quanto a suas classificações, uma vez que está localizada na zona 4,75 – 12,5 e apresentou uma graduação igual a 0, em ambas classificações, ou seja, apresenta uma dimensão máxima de 9,5 mm. Por fim, o Canteiro 2 também apresentou uniformidade quanto aos seus agregados, pois está localizado na zona 9,5 – 25 e apresenta uma brita com graduação igual a 1.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os materiais identificados como agregado miúdo, em sua maioria não apresentaram seu local de origem, com exceção do Comércio 4 e Comércio 5 que identificaram seus agregados sendo provenientes do Rio Umari e Comunidade Marrecas respectivamente. Enquanto que os agregados graúdos foram todos originados da Pedreira Potiguar, localizada na cidade Caraúbas – RN. Dentre os agregados comercializados e utilizados no município, foram identificados a areia, arisco, areia lavada, brita 19, brita 2, brita 3 e brita cascalho.

Como resultado, no geral, os agregados miúdos apresentaram conformidade com a norma, uma vez que estão dentro da zona utilizável para o concreto, com exceção dos agregados miúdos coletados no Comércio 5 e Canteiro 2, pois não atenderam aos limites estabelecidos pela norma, sendo necessário realizar um estudo prévio de dosagem antes de seu uso para o concreto, como é indicado na NBR em questão. Os agregados graúdos analisados não apresentaram conformidade quanto a sua identificação quando comercializada e/ou utilizada e classificação, de acordo com a NBR 7211/2005 e NBR 7211/1983, pois agregados que foram identificados como brita cascalho quando analisadas apresentaram uma mistura de britas 1 e 0 ou só brita 0, outros que foram identificados como brita 19, 2 ou 3 após estudadas foram classificadas em brita 1. Portanto, estes agregados miúdos e graúdos, em partes, apresentam divergência quanto aos requisitos previstos pela norma e desconformidade com a mesma, na sua identificação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. ABNT NBR 7211: **Agregados para concreto – especificação**. [S.l.], 2009.
- 2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - BR NM 248/2003 - **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2005.
- 3 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7181 – **Análise Granulométrica de Solos**. Rio Janeiro, 1984.
- 4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rochas e solos**: NBR 6502. Rio de Janeiro, 1995.
- 5 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 27: Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório**. 1 ed. Rio de Janeiro: [S.l.], 2001. 7 p.
- 6 BAUER, Falcão. **Materiais de construção. Volume 1**. 5.ed. Uberlândia - MG: LTC. 2000. 447p.
- 7 BAUER, L. A. F. **Materiais de construção: Novos Materiais para Construção Civil**. v.1. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009, p. 409.
- 8 CAVALCANTI, V. M. M.; PARAHYBA, R. E. R. **A Indústria De Agregados Para Construção Civil Na Região Metropolitana De Fortaleza**. Brasília, 2012. Disponível em: . Acesso em: 23 jun. 2016.
- 9 De LARRARD, F. **Concrete mixture proportioning –a scientific approach**. E & FN Spon. New York, 1999.421p.
- 10 DE LA SERNA, Humberto Almeida; REZENDE, Márcio Marques. **Agregados para a Construção Civil**. DNPM, 2013;
- 11 DE MEDEIROS, Rafaela Lorrane Magno, et al. **Análise da condutividade elétrica e potencial hidrogeniônico dos agregados miúdos disponíveis nos comércios da Chapada do Apodi – RN**. I CoBICET, 2020;
- 12 HELENE, P. R. L.; TERSIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: PINI; Brasília: SENAI, 1992. 349p.
- 13 LARA, Luiz Alcides Mesquita. **Materiais de Construção**. Ouro Preto: Rede E-Tec Brasil, 2013. 212 p.
- 14 LOCAÇÃO, Armac. **Agregados na construção civil: entenda o que são e a importância desses materiais**. Armac, 2020.

- 15 MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: PINI, 1994. 573p.
- 16 MENDES, K.S. & BLASQUES JUNIOR, M. 2002. **Areias: o uso de normas técnicas como parâmetro de qualificação do produto**. Areia & Brita, ANEPAC, janeiro/fevereiro/março, São Paulo, 17:34-37.
- 17 MME. A indústria de agregados para construção civil na região metropolitana de Fortaleza. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-sustentabilidade/a-industria-de-agregados-na-rmf>> Acesso em: 15 de outubro de 2022
- 18 NEVILLE, A. M., Propriedades do Concreto. São Paulo: PINI, 1997. 828p.
- 19 NOGUEIRA, Renata Samyla Matias, et al. GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS GRAÚDOS COMERCIALIZADOS NOS MUNICÍPIOS DA CHAPADA DO APODI/RN – ANÁLISE COMPARATIVA COM A NORMA NBR 7211/2009. **Coleção Desafios das Engenharias**, 2021. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/post-ebook/4539>;
- 20 OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. Geologia de Engenharia. 1ªed, 3ªreimpressão, São Paulo, 2002.
- 21 PETRUCCI, E. Concreto de cimento Portland. Porto Alegre: Ed. Globo, 1982. 307p.
- 22 QUARESMA, Luiz Felipe. **Relatório Técnico 30 - Perfil de brita para construção civil**. [S.L.]: [S.I.], 2009. 30 p.
- 23 SBRIGHI NETO, C. Agregados para concreto. In: ISAIA, G.C. (Ed.). Ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2000. v.1. p. 323-343.
- 24 SOUZA, Marcelo Leandro Batista de. **ANÁLISE MORFOLÓGICA E GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS MIÚDOS EXTRAÍDOS DE DISTINTOS RIOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**. 2019. 96 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia, Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2019.
- 25 VALVERDE, Fernando Mendes. **Agregados para a Construção Civil**. Balanço Mineral Brasileiro, 2001;
- 26 WEIDMANN, Denis Fernandes. **Contribuição ao estudo da influência da forma e da composição granulométrica de agregados miúdos de britagem nas propriedades dos concreto de cimento PORTLAND**. Florianópolis, 2008;

8. APÊNCIDE A – FORMULÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DE AMOSTRAS

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	AMOSTRA
NOME DO COMÉRCIO:	
BAIRRO:	
AGREGADO (MIÚDO OU GRAÚDO):	
PRODUTO:	
ORIGEM:	

9. APÊNDICE B – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS MIÚDOS

- Comércio 2

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
6,30	34,00	3,31	3,31	96,69
4,75	29,40	2,86	6,18	93,82
2,36	139,20	13,56	19,74	80,26
1,18	277,00	26,99	46,73	53,27
0,6	291,80	28,43	75,16	24,84
0,3	160,40	15,63	90,78	9,22
0,15	83,80	8,16	98,95	1,05
Fundo	10,80	1,05	100,00	0,00
Amostra	1026,40	100,00		

- Comércio 4

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
6,30	1,20	0,12	0,12	99,88
4,75	8,30	0,82	0,94	99,06
2,36	135,20	13,40	14,34	85,66
1,18	226,10	22,40	36,74	63,26
0,6	331,80	32,88	69,62	30,38

0,3	217,60	21,56	91,18	8,82
0,15	81,00	8,03	99,21	0,79
Fundo	8,00	0,79	100,00	0,00
Amostra	1009,20	100,00		

- **Comércio 5**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
6,30	57,40	5,93	5,93	94,07
4,75	36,70	3,79	9,72	90,28
2,36	166,50	17,20	26,92	73,08
1,18	290,80	30,04	56,97	43,03
0,6	249,70	25,80	82,77	17,23
0,3	108,00	11,16	93,92	6,08
0,15	53,80	5,56	99,48	0,52
Fundo	5,00	0,52	100,00	0,00
Amostra	967,90	100,00		

- **Canteiro 1 – A02**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
6,30	17,30	1,72	1,72	98,28
4,75	17,40	1,72	3,44	96,56
2,36	124,10	12,30	15,74	84,26
1,18	269,40	26,71	42,45	57,55
0,6	234,30	23,23	65,68	34,32
0,3	135,50	13,43	79,11	20,89
0,15	152,30	15,10	94,21	5,79
Fundo	58,40	5,79	100,00	0,00
Amostra	1008,70	100,00		

- **Canteiro 1 – A03**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
6,30	0,50	0,18	0,18	99,82
4,75	0,00	0,00	0,18	99,82
2,36	0,50	0,18	0,37	99,63
1,18	23,90	8,76	9,13	90,87
0,6	87,90	32,22	41,35	58,65
0,3	64,30	23,57	64,92	35,08
0,15	62,50	22,91	87,83	12,17

Fundo	33,20	12,17	100,00	0,00
Amostra	272,80	100,00		

- **Canteiro 2**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
6,30	12,20	1,20	1,20	98,80
4,75	15,20	1,50	2,70	97,30
2,36	164,70	16,25	18,95	81,05
1,18	400,20	39,48	58,44	41,56
0,6	270,90	26,73	85,16	14,84
0,3	105,10	10,37	95,53	4,47
0,15	38,70	3,82	99,35	0,65
Fundo	6,60	0,65	100,00	0,00
Amostra	1013,60	100,00		

- **Canteiro 3**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
6,30	22,70	2,22	2,22	97,78
4,75	19,80	1,94	4,16	95,84
2,36	91,20	8,93	13,09	86,91
1,18	353,90	34,66	47,75	52,25
0,6	342,60	33,55	81,30	18,70
0,3	133,70	13,09	94,39	5,61
0,15	51,30	5,02	99,41	0,59
Fundo	6,00	0,59	100,00	0,00
Amostra	1021,20	100,00		

- **Canteiro 4**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
6,30	27,50	2,71	2,71	97,29
4,75	35,70	3,52	6,24	93,76
2,36	129,30	12,76	19,00	81,00
1,18	217,30	21,45	40,45	59,55
0,6	326,60	32,23	72,68	27,32
0,3	195,90	19,33	92,02	7,98
0,15	74,80	7,38	99,40	0,60
Fundo	6,10	0,60	100,00	0,00
Amostra	1013,20	100,00		

- **Canteiro 5**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
6,30	26,20	2,60	2,60	97,40
4,75	17,40	1,73	4,33	95,67
2,36	117,30	11,64	15,97	84,03
1,18	305,40	30,30	46,27	53,73
0,6	284,30	28,21	74,48	25,52
0,3	151,00	14,98	89,46	10,54
0,15	90,20	8,95	98,41	1,59
Fundo	16,00	1,59	100,00	0,00
Amostra	1007,80	100,00		

- **Canteiro 6**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
6,30	39,10	3,84	3,84	96,16
4,75	40,10	3,94	7,78	92,22
2,36	135,00	13,27	21,05	78,95
1,18	270,90	26,63	47,68	52,32
0,6	297,40	29,23	76,91	23,09
0,3	155,00	15,23	92,15	7,85
0,15	71,70	7,05	99,19	0,81
Fundo	8,20	0,81	100,00	0,00
Amostra	1017,40	100,00		

- **Canteiro 7**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
6,30	2,30	0,23	0,23	99,77
4,75	32,00	3,17	3,40	96,60
2,36	143,60	14,22	17,62	82,38
1,18	239,10	23,68	41,30	58,70
0,6	250,90	24,85	66,15	33,85
0,3	168,70	16,71	82,86	17,14
0,15	145,00	14,36	97,23	2,77
Fundo	28,00	2,77	100,00	0,00
Amostra	1009,60	100,00		

- **Canteiro 8**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
6,30	0,00	0,00	0,00	100,00
4,75	0,30	0,03	0,03	99,97
2,36	18,80	1,85	1,88	98,12
1,18	433,00	42,67	44,56	55,44
0,6	357,40	35,22	79,78	20,22
0,3	139,20	13,72	93,50	6,50
0,15	59,30	5,84	99,34	0,66
Fundo	6,70	0,66	100,00	0,00
Amostra	1014,70	100,00		

10. ÂPENDICE C – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS GRAÚDOS

- Comércio 1 – A01

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	100,00
37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
12,50	17,50	0,34	0,34	99,66
9,50	1224,80	23,74	24,08	75,92
6,30	3726,90	72,23	96,30	3,70
4,75	26,50	0,51	96,81	3,19
2,36	160,00	3,10	99,91	0,09
1,18	4,40	0,09	100,00	0,00
Fundo	0,00	0,00	100,00	0,00
Amostra	5160,10			

- Comércio 1 – A02

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	100,00
37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
19,00	347,20	6,93	6,93	93,07
12,50	3769,30	75,19	82,11	17,89

9,50	807,80	16,11	98,22	1,78
Fundo	89,00	1,78	100,00	0,00
Amostra	5013,30			

- **Comércio 2**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	100,00
37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
12,50	17,90	0,35	0,35	99,65
9,50	1388,50	27,05	27,40	72,60
6,30	3613,10	70,40	97,80	2,20
4,75	23,70	0,46	98,26	1,74
2,36	88,70	1,73	99,99	0,01
1,18	0,50	0,01	100,00	0,00
Fundo	0,00	0,00	100,00	0,00
Amostra	5132,40			

- **Comércio 3**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	100,00
37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
19,00	465,40	9,27	9,27	90,73
12,50	3851,50	76,68	85,94	14,06
9,50	660,30	13,15	99,09	0,91
Fundo	45,70	0,91	100,00	0,00
Amostra	5022,90			

- **Comércio 4**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	100,00
37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
19,00	221,30	4,41	4,41	95,59
12,50	3285,90	65,46	69,87	30,13
9,50	1189,70	23,70	93,57	6,43

Fundo	322,70	6,43	100,00	0,00
Amostra	5019,60			

- **Canteiro 1**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	100,00
37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
12,50	19,10	0,37	0,37	99,63
9,50	913,20	17,78	18,15	81,85
6,30	3697,90	71,98	90,13	9,87
4,75	20,70	0,40	90,53	9,47
2,36	471,90	9,19	99,72	0,28
1,18	14,50	0,28	100,00	0,00
Fundo	0,00	0,00	100,00	0,00
Amostra	5137,30			

- **Canteiro 2**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	100,00
37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
19,00	350,50	7,00	7,00	93,00
12,50	3798,70	75,84	82,84	17,16
9,50	789,50	15,76	98,60	1,40
Fundo	70,00	1,40	100,00	0,00
Amostra	5008,70			

- **Canteiro 3**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	100,00
37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
19,00	342,30	6,82	6,82	93,18
12,50	3441,70	68,55	75,37	24,63
9,50	1151,60	22,94	98,31	1,69
Fundo	84,90	1,69	100,00	0,00

Amostra	5020,50			
----------------	----------------	--	--	--

- **Canteiro 4**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	100,00
37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
19,00	356,30	7,10	7,10	92,90
12,50	3475,40	69,26	76,36	23,64
9,50	868,40	17,31	93,67	6,33
Fundo	317,70	6,33	100,00	0,00
Amostra	5017,80			

- **Canteiro 5**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	100,00
37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
19,00	147,20	2,93	2,93	97,07
12,50	3621,10	72,13	75,07	24,93
9,50	1143,80	22,79	97,85	2,15
Fundo	107,80	2,15	100,00	0,00
Amostra	5019,90			

- **Canteiro 7**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	100,00
37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
25,00	24,90	0,50	0,50	99,50
19,00	631,70	12,61	13,11	86,89
12,50	3904,40	77,95	91,05	8,95
9,50	426,80	8,52	99,57	0,43
Fundo	21,30	0,43	100,00	0,00
Amostra	5009,10			

- **Canteiro 8**

Peneira (mm)	Retida (g)	Retida (%)	Acumulada (%)	Passante (%)
50,00	0,00	0,00	0,00	100,00
37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
19,00	403,30	8,04	8,04	91,96
12,50	3674,50	73,25	81,29	18,71
9,50	823,10	16,41	97,69	2,31
Fundo	115,70	2,31	100,00	0,00
Amostra	5016,60			