

**LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO RIO GRANDE DO NORTE
ENGENHARIA CIVIL**

RENATA BEZERRA DE MEDEIROS DANTAS

**IMPORTÂNCIA DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO AGREGADO MIÚDO PARA
A FABRICAÇÃO DE CONCRETO EM NATAL-RN**

NATAL/RN

2019

RENATA BEZERRA DE MEDEIROS DANTAS

**IMPORTÂNCIA DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO AGREGADO MIÚDO PARA
A FABRICAÇÃO DE CONCRETO EM NATAL-RN**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Werner Farkatt Tabosa

NATAL/RN

2019

Catálogo na Publicação – Biblioteca do UNI-RN
Setor de Processos Técnicos

Dantas, Renata Bezerra de Medeiros.

Importância do controle tecnológico do agregado miúdo para a fabricação de concreto em Natal/RN. / Renata Bezerra de Medeiros Dantas. – Natal, 2019.

54f.

Orientador: Profº. Dr. Werner Farkatt Tabosa.

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário do Rio Grande do Norte.

1. Engenharia civil – Monografia. 2. Agregado – Monografia. 3. Concreto – Monografia. 4. Controle de qualidade – Monografia. 5. Norma – Monografia. I. Tabosa, Werner Farkatt Tabosa. II. Título.

RN/UNI-RN/BC

CDU 624

RENATA BEZERRA DE MEDEIROS DANTAS

**IMPORTÂNCIA DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO AGREGADO MIÚDO PARA
A FABRICAÇÃO DE CONCRETO EM NATAL-RN**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Werner Farkatt Tabosa

Orientador

Prof. Msc. Tomás Barros Vasconcelos

Convidado Interno

Prof. Msc. Raymison Rodrigues Cardoso

Convidado Externo

AGRADECIMENTO

Á Deus por nunca me desamparar, e estar comigo em todos os momentos.

Ao meu pai, por ser tudo que eu tenho de mais precioso em minha vida, por abdicar de tanto pela minha formação e por sempre estar comigo em qualquer momento.

A minha mãe, que mesmo longe se fez presente no meu cotidiano em diversas situações, seja por meio de orações em períodos que eu achava que não seria capaz ou pelas palavras de motivação e companheirismo que sempre teve comigo.

A toda minha família, que me ajudou a chegar até aqui. Em especial Débora Bezerra, José Henrique e Ilana Maria.

Aos meus amigos de infância, (Maria Paula, Rafaela Albuquerque e Samuel Magno) por sempre estarem comigo, mesmo que distantes, me apoiando e incentivando desde os primeiros dias de faculdade até hoje.

Ao professor Dr. Werner Farkatt Tabosa, pela paciência em todas as orientações para a elaboração e conclusão deste trabalho.

Agradeço aos meus colegas de classe por todo companheirismo em grupos de estudo, pela contribuição e aprendizados. Em especial a Mariana Cabral, pela cumplicidade, amizade e paciência que tivemos uma com a outra.

“Sonhos determinam o que você quer.
Ação determina o que você conquista”

(Aldo Novak)

RESUMO

O controle de qualidade dos agregados que compõem a tecnologia do concreto é de suma importância, pois além de interferirem nas propriedades físicas e mecânicas, eles são responsáveis por 70% da composição do material. Assim, os agregados devem receber atenção especial na escolha, seleção e controle de qualidade, para que o produto final apresente as características desejadas. Mesmo assim são poucas as empresas na área da construção civil que atribuem ao agregado e seu controle de qualidade a importância correspondente. Dessa forma, o presente trabalho, tem por finalidade analisar a qualidade dos agregados (fração areia) utilizados na construção civil em Natal. Para a realização deste estudo, foi determinado a composição granulométrica, teor de argila, equivalente de areia e material fino passante de quadro amostras encontradas em duas concreteiras existentes nas regiões administrativas (norte e sul) da Cidade do Natal. Verificou-se que as amostras apresentaram níveis de insatisfação quando comparadas com a norma de especificação e assim, pode apresentar problemas relacionados a resistência do concreto, vida útil da edificação e coesão com tendência à segregação.

Palavras-chave: Agregado. Concreto. Controle de qualidade. Norma.

ABSTRACT

The quality control of the aggregates that compose the concrete technology is of paramount importance, as they not only interfere with the physical and mechanical properties, they are responsible for 70% of the composition of the material. Thus, the aggregates should receive special attention in the selection, selection and quality control, so that the final product presents the desired characteristics. Even so, few companies in the area of civil construction give the aggregate and its quality control the corresponding importance. Thus, the present work has the purpose of analyzing the quality of the aggregates (sand fraction) used in construction in Natal. For the accomplishment of this study, it was determined the granulometric composition, clay content, sand equivalent and fine material passing through the sample samples found in two existing concrete in the administrative regions (north and south) of Natal City. It was verified that the samples presented levels of dissatisfaction when compared with the specification norm and, therefore, can present problems related to resistance concrete, building life, cohesion with tendency to segregation and presence of coating.

Keywords: Aggregate. Concrete. Quality control. Standard

SUMÁRIO

2	INTRODUÇÃO.....	8
3	OBJETIVOS.....	10
3.1	Geral.....	10
3.2	Específicos	10
4	JUSTIFICATIVA.....	11
5	METODOLOGIA	13
6	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
6.1	Classificação e uso dos agregados	14
6.2	Reservas de agregados.....	16
6.3	Agregado miúdo	18
	Segundo Brasil (2012).....	19
6.4	A importância da caracterização de agregados.....	20
7	ESTUDO DE CASO.....	22
7.1	Determinação da composição granulométrica.....	23
7.2	Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. 27	
7.3	Equivalente de areia	30
8	RESULTADOS E DISCURSÕES	34
8.1	Determinação da composição granulométrica.....	34
8.2	Determinação do material fino	43
8.3	Equivalente de areia	45
9	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS.....	50

INTRODUÇÃO

Agregado é um material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos. O termo “agregado” é usado genericamente na tecnologia do concreto. Nos outros ramos da construção civil é conhecido, conforme cada caso, pelo nome específico: fíler, pedra britada, bica-corrida, rachão.

Os agregados classificam-se segundo a origem, as dimensões das partículas e o peso específico aparente (BAUER, 2008, p. 63 - 64). Com relação à origem, podem ser naturais ou industrializados. Considerando as dimensões das partículas, existem os agregados miúdos com diâmetro mínimo superior de 4,8mm até diâmetro máximo de 0,075mm. Define-se ainda agregado graúdo os materiais com diâmetro mínimo de 4,8mm e máximo de 152mm. Quanto ao peso específico aparente, existe agregados leves, normais e pesados (VICTOR MAIA, 2017).

De acordo com Kruger (2016): “A caracterização dos agregados é importante para que se conheçam as propriedades físicas e mecânicas destes, pois muitas destas propriedades serão repassadas aos materiais por eles compostos”.

Isso se deve a sua significativa participação em termos de porcentagem, representando mais de 70% do total dos materiais que o compõem. Assim, os agregados devem receber atenção especial na escolha e seleção, para que o produto final apresente boa qualidade técnica (KRUGER, 2016).

Aplicar uma política de gestão de qualidade por meio de ensaios tecnológicos de caracterização dos agregados passa a ser uma solução que minimizará os problemas (patologias) durante a fase de execução da obra e na vida útil da edificação. Mesmo assim, são poucas as empresas na área da construção civil que atuam no ramo de serviço de controle tecnológico de qualidade dos agregados (KRUGER, 2016).

Normalmente, os ensaios tecnológicos são desenvolvidos sistematicamente nas Instituições de Ensino (superior e técnico) em disciplinas como Geologia para Engenharia, Mecânica dos Solos, Pavimentação e Estradas, dentre outras. A execução dos ensaios geotécnicos para a caracterização dos índices físicos dos agregados, contribuem de forma significativa para o aprendizado profissional do Engenheiro Civil, como também, para a identificação do material mais adequado a

ser utilizado nos diferentes departamentos da construção e assim otimização da produção.

Mediante o exposto, o presente trabalho irá apresentar alguns dos ensaios laboratoriais mais comumente utilizados na caracterização do controle tecnológicos para agregados, conforme as diretrizes apresentadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e, que estão à disposição das empresas e da comunidade em geral.

Os agregados utilizados para os ensaios de controle tecnológico de qualidade foram adquiridos em duas empresas de usinagem de concreto, localizadas na região metropolitana da cidade do Natal.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Analisar a qualidade dos agregados da fração areia utilizados na construção civil em Natal e região metropolitana, visando determinar se o agregado miúdo fornecido se encontra dentro das especificações previstas pelas normas vigentes pela ABNT.

3.2 Específicos

Verificar as empresas que desenvolvem ensaios tecnológicos de qualidade dos agregados na região da metropolitana de Natal.

Analisar a qualidade referente aos seguintes itens:

- Composição granulométrica,
- Teor de argila e equivalente de areia
- Materiais fino passante

Esclarecer o quão é importante ter conhecimento das informações fornecidas por meio destes ensaios laboratoriais de caracterização dos agregados às empresas do ramo de construção civil.

4 JUSTIFICATIVA

O tema escolhido é decorrente da irrelevância que se têm para com o controle de qualidade tecnológicos dos agregados utilizados na construção civil na Cidade do Natal.

Cabe mencionar que um grande número de patologias que ocorrem tanto nas obras de engenharia, quanto na vida útil da construção são oriundas da falta de conhecimento sobre as características composicionais dos agregados que estão sendo empregados nas obras. Entende-se que a carência de informações sobre a qualidade dos agregados utilizados nas obras, além da falta de um conhecimento prévio sobre as propriedades físicas dos materiais e a ausência de um controle tecnológico e de ensaios laboratoriais sobre a resistência mecânica dos agregados empregados nas obras, tem sido apontada como uma das principais causas do surgimento de manifestações patológicas nas edificações.

Por estar presente na composição dos mais diversos materiais utilizados na construção civil, os agregados, quando apresentam baixa qualidade, podem provocar diferentes anomalias – patologias nas obras. Em se tratando dos revestimentos argamassados, se a matéria prima utilizada para a produção das argamassas estiverem incompatíveis aos padrões estabelecidos pela ABNT, o produto final poderá apresentar um resultado questionável, com resistência e aderência abaixo dos índices admitidos nas normas, ou ainda, indicarem à presença de impurezas que causam vesículas e empolamentos na argamassa, prejudicando o processo de assentamento e fixação do material cerâmico. Outro ponto importante está relacionado a um elevado teor (mais do que o necessário) de insumo e agregados ocasionadores de fissuras. Ao se tratar do concreto, o agregado com capacidade de retenção de umidade inadequada pode causar inchamento e posteriormente comprometimento da estrutura da edificação, evidenciando a má qualidade da agregado utilizado.

Neste contexto, os ensaios laboratoriais testemunham a qualidade geral dos agregados empregados na construção civil, pois é por meio das verificações e implantações das conformidades preestabelecidas por normas técnicas que a escolha das matérias primas utilizadas é mais precisa. Uma obra de qualidade exige a escolha de materiais dentro de um controle de qualidade, selecionados por

meio de parâmetros técnicos preestabelecidos por normas da ABNT vigentes no país.

Os laboratórios responsáveis pelos ensaios tecnológicos, para que possam realizar os testes laboratoriais, necessitam de uma gama de pré-requisitos que estão relacionadas à avaliação da capacidade do laboratório de prestar o serviço, além da necessidade de um corpo técnico qualificado, equipamentos apropriados, além de espaço para o recebimento e acondicionamento dos materiais, os formulários de ensaio, climatização, documentação dos procedimentos, análise crítica e interpretativa dos resultados. Tudo isso para garantir que o material que saia do laboratório tenha passado por rigorosa verificação das suas propriedades e não apresente nenhum tipo de risco para a construção.

Por outro lado, atraídos pelo preço, empresas tratam esse assunto com irrelevância e escolhem para suas obras produtos com qualidade duvidosa visando baixar os custos e aumentar os lucros. Porém, materiais sem uma rígida verificação de qualidade podem causar os mais diferentes problemas, dentre eles a pouca durabilidade do produto final. Significando assim, para o cliente, novos custos de manutenção, reforma ou até mesmo recuperação. Com outras palavras, o barato sempre sai mais caro no final das contas.

Dessa forma, o sucesso de uma construção depende das decisões tomadas ao longo de sua implantação, por isso é essencial atentar para os requisitos normativos quanto à caracterização e qualidade dos agregados utilizados. Pois, isto tem um impacto direto na edificação, além de colocar em teste o profissionalismo das pessoas e empresa envolvida na construção.

5 METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, foram adquiridas quatro amostras de sedimentos na fração areia, encontradas em duas usinas de concreto existentes nas regiões administrativas, norte e sul da Cidade do Natal. Visando salvaguardar a integridade das empresas que forneceram as amostras de agregados para os ensaios tecnológicos, o material estudado foi identificado apenas como A, B, C e D. Sendo que duas das amostras selecionadas foram recolhidas na usina de concreto localizada na zona norte da cidade, sendo elas as amostras A e B. Já as outras duas amostras foram coletadas na zona sul da cidade, sendo elas: amostras C e D.

Em seguida, o material recolhido foi levado ao laboratório do Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) visando obter a identificação da qualidade dos agregados adquiridos nas usinas de concreto. Para isso foram realizados ensaios tecnológicos de qualidade regidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) com a finalidade de determinar as conformidades destes agregados.

As principais normas utilizadas para a realização dos ensaios comentados anteriormente serão: ABNT NBR 7211/2005, Agregados para concreto – Especificação; NBR 7217/1987. Agregados - Determinação da composição granulométrica; ABNT NBR NM 46/2003. Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μ m, por lavagem, ABNT NBR NM 27/2001. Agregados – Redução da amostra de campo para ensaio em laboratório; Departamento Nacional de Estradas de Rodagem a norma DNER-ME 054/94 - Equivalente de areia.

6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

6.1 Classificação e uso dos agregados

A classificação dos agregados está diretamente relacionada com a massa específica, origem e dimensões das partículas que o compõem. Tais características devem ser claramente entendidas para que não exista nenhum tipo de problema na definição do mesmo.

O termo agregado graúdo (Figura 1) diz respeito às partículas maiores que 4,8mm, retidas na peneira número 4, até cerca de 150mm. Já agregados miúdos (Figura 2) são aqueles que contêm partículas que variam, em dimensão, de 0,075mm, retidas na peneira de número 200, a 4,8mm (BERNARTI, 2006).

Figura 01 – Exemplo de material rochoso contendo agregado graúdo.



Fonte: Bill Bradley (2018).

Segundo Maia (2017)

Com relação à origem, podem ser chamados de naturais e artificiais. Naturais são os materiais que forem extraídos em sua forma fragmentar, sendo está, a forma que se encontra do material na sua área fonte. Como exemplo de agregados naturais tem: areia e cascalho. Artificiais são os materiais que são extraídos em forma de blocos e precisam passar por processos de fragmentação, como a brita e areia britada. Considerando a densidade, existem agregados leves (pedra-pomes, vermiculita); agregados normais (brita, areia, cascalho); agregados pesados (barita, magnetita). Agregados leves são aqueles com massa unitária inferior a 1120 kg/m³, já o

agregado denso ou pesado agregado de elevada massa específica ($\geq 3\,000\text{ kg/m}^3$).

Figura 02 – Exemplos de Agregados Miúdos: A) Agregado miúdo fração areia fina; B) Agregado miúdo fração areia média; C) Agregado de brita fração areia média; D) Agregado de brita com mistura de frações de areia fina e média.



Fonte: Isis Nóbile Diniz (2013).

De acordo com Bernarti (2006)

A maioria dos agregados naturais, tais como a areia e pedregulho têm massa unitária entre 1520 e 1680kg/m^3 e produzem concretos normais com aproximadamente 2400kg/m^3 de massa específica. Para fins especiais, agregados mais leves ou pesados podem ser usados para produzirem, respectivamente, concretos leves e pesados. Geralmente, os agregados com massa unitária menor do que 1120kg/m^3 são chamados de leves, e aqueles com mais de 2080kg/m^3 são designados pesados.

Os agregados na construção civil são utilizados principalmente para a fabricação de concreto, blocos visando o revestimento de edificações, proteção de taludes de barragens, pedra britada para os leitos de ferrovias, aeroportos e rodovias, blocos para calçamento de ruas, avenidas, em indústria de cerâmica, de vidro dentre outras. Dessa forma, a exploração destes materiais depende

basicamente de três fatores primordiais em sua área fonte: O volume do material útil, qualidade apresentada e o transporte da jazida até o consumidor final, podendo ser extraído de pedreiras ou depósitos sedimentares - aluvionares (MAIA, 2017).

Segundo Laserna e Rezende (2013)

Os usos das areias e britas estão relacionados ao seu tamanho e granulometria. Chegam ao consumidor final misturados ao cimento, ou sem nenhuma mistura aglomerante. Entretanto, é misturado ao concreto que os maiores volumes de agregado chegam ao consumidor final. Uma menor fração da produção é utilizada sem mistura aglomerante, em dreno, em filtros, em ferrovias, na fabricação de gabiões, de muros de contenção, em base e sub-base de pisos e estradas e outras aplicações (Tabela 01).

Tabela 01 — Principais utilizações dos agregados na construção civil.

Areia Artificial e Areia Natural	Assentamento de bloquetes, tubulações em geral, tanques, embolso, podendo entrar na composição de concreto e asfalto.
Pedrisco	Confecção de pavimentação asfáltica, lajotas, bloquetes, intertravados, lajes, jateamento de túneis e acabamentos em geral.
Brita 1	Intensivamente na fabricação de concreto, com inúmeras aplicações, como na construção de pontes, edificações e grandes lajes
Brita 2	Fabricação de concreto que exija maior resistência, principalmente em formas pesadas
Brita 3	Também denominada pedra de lastro utilizada nas ferrovias.
Brita 4	Produto destinado a obras de drenagem, como drenos sépticos e fossas.
Rachão, pedra de mão ou pedra marroada	Fabricação de gabiões, muros de contenção e bases.
Brita graduada	Em base e sub-base, pisos, pátios, galpões e estradas.

Fonte: Laserna e Rezende (2013), compilado.

6.2 Reservas de agregados

A indústria de agregados minerais proporciona insumos para a infraestrutura urbana, industrial e malha viária nacional, de maneira a atender a crescente demanda por espaços urbanos. Dessa forma, a relação entre quantitativo de reserva existente e demanda pelos agregados são fatores exógenos à geologia que influencia diretamente no seu consumo e consequentemente preço (VALVERDE, 2001).

Os agregados são facilmente encontrados e são considerados recursos minerais abundantes na natureza. Entretanto, essa relativa abundância deve ser encarada com o devido cuidado. Por serem produtos de baixo valor unitário e seu custo está basicamente no transporte, interferindo diretamente no preço final do produto. Dessa forma, para que eles sejam economicamente viáveis, fatores como a legislação, inviabilização de reservas, proximidades de jazidas, uso de solos impeditivos à mineração, sistemas de transporte e a demanda por minerais são fundamentais (VALVERDE, 2001).

No entanto, nem sempre as condições geológicas ou geomorfológicas são favoráveis para a extração deste recurso mineral. No Brasil, por exemplo, existem regiões em que as jazidas para extração das rochas estão muito distantes do polo consumidor. Um exemplo disso é a região de Manaus/AM, onde as rochas para brita não são encontradas com facilidades, sendo então comumente utilizados seixos de quartzo e cascalhos diversos existentes ao longo dos rios da região. Na Bacia do Paraná, como é geologicamente conhecida boa parte da região Sul e Sudeste do país, afloramentos de rocha (ígneas e metamórficas) para britagem são difíceis de serem encontrados, criando-se a necessidade de transportar a brita por distâncias superiores a 100 km (VALVERDE, 2001).

De acordo com Valverde (2001)

Muitas vezes, mesmo havendo recurso mineral disponível, este não pode ser extraído devido a restrições à sua exploração. Além das restrições ambientais, leis de zoneamento municipais restritivas também impedem o aproveitamento dos recursos existentes. Muitas cidades brasileiras estão encravadas em bacias sedimentares ou vales de rios, inviabilizando o aproveitamento da areia existente. Outras estão localizadas sobre maciços rochosos. Frequentemente, as autoridades administrativas locais adotam como objetivos formados a promoção do desenvolvimento industrial em detrimento da produção de agregados em seus territórios, aparentemente sem perceberem que estas duas atividades são interdependentes.

Como exposto nesta consideração, se faz necessário a realização de estudos sobre as reservas de agregados existentes, pois se deve considerar todos os aspectos de planejamento para a extração do material das jazidas levando em consideração de que nada vale a existência de reservas de ótima qualidade, quantidade e localização, se sua exploração está limitada seja por restrições

ambientais ou sociais. Dessa forma, o Anuário Mineral Brasileiro está em constante atualização pela necessidade de análises numéricas e de planejamento das novas reservas de agregados (VALVERDE, 2001).

6.3 Agregado miúdo

O traço do concreto está diretamente ligado ao agregado miúdo participar da segundo parcela da composição. Formado por cimento, agregado miúdo e brita, sempre seguindo essa sequência. A água é outro componente, porém a sua quantidade irá depender da finalidade do concreto

A NBR 7211 (ABNT, 2005) define o agregado miúdo (Areias) como agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 0,15 mm. Ainda segundo a NBR supracitada o agregado deve ser composto por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, e não devem conter substâncias deletérias.

A distribuição granulométrica dos agregados miúdos para a fabricação do concreto deve atender a tabela 02 exposta a seguir:

Tabela 02 — 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 (ABNT, 2005)

Para a determinação correta do agregado miúdo deve-se utilizar o conjunto de peneiras sucessivas estabelecido pela própria norma representada na tabela 03.

Tabela 03 — 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 μ m	—
300 μ m	—
150 μ m	—

Fonte: NBR 7211 (ABNT, 2005)

Segundo Brasil (2012)

Areias são sedimentos clásticos inconsolidados formados por fragmentos de rochas preexistentes, com grãos com dimensões que variam entre 0,06 e 2,00mm (ABNT). Os grãos frequentemente são de quartzo, mas também podem conter outros minerais. Os processos de fragmentação e transporte do sedimento podem estar relacionados a meio aquoso ou eólico, sendo as características físicas dos grãos, como tamanho, arredondamento e esfericidade relacionados ao meio no qual as partículas foram transportadas e a distância percorrida.

Segundo a NBR 6502 as areias são classificadas de acordo com o diâmetro em: areia fina (0,06 a 0,2 mm), areia média (0,2 a 0,6 mm) e areia grossa (0,6 a 2,0 mm). Na escala granulométrica da ASTM, as areais apresentam dimensões variando de 0,075 a 4,75 mm, sendo classificadas pelo diâmetro em: areia fina (0,075 a 0,42 mm), areia média (0,42 a 2,0 mm) e areia grossa (2,0 a 4,75mm) (Soares et al, 2006).

Os sedimentos na fração areia, são essencial a qualquer obra na construção civil. Sua utilização é comum a várias etapas do processo construtivo. Abrangendo desde as fundações, estruturas, vedações, coberturas e finalmente os acabamentos. Tendo em vista seu vasto emprego, é recomendado para cada finalidade escolher um tipo específico de areia (Tabela 04).

Tabela 04 – Aplicação da areia na construção civil

TIPOS	GRANULOMETRIAS	APLICAÇÕES
Grossa	1,2 a 2,4 mm	Concreto
Média grossa	0,6 a 1,2 mm	Argamassa de assentamento
Média	0,3 a 0,6 mm	Argamassa de revestimento externo
Fina	0,15 a 0,3 mm	Argamassa de revestimento interno; reboco

Fonte: Isis Nóbile Diniz (2013).

Os sedimentos na fração areia Correspondem a a parte miúda da degradação da rocha, causada por processos naturais ou mecanizados de britagem, a areia se subdivide, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, em fina, média e grossa (Figura 03).

Figura 03 – Padrões granulométricos dos sedimentos da fração areia.



Fonte: HF TIJOLOS LTDA (2015).

6.4 A importância da caracterização de agregados

A caracterização tecnológicas dos agregados é importante para que se conheça as propriedades mecânicas e físicas presentes nos materiais utilizados durante a obra. Praticamente, todas as propriedades presentes nos materiais são repassadas (transferidas) aos compostos, tais como argamassas e concretos. Isso ocorre, tendo em vista que os materiais posteriormente formados pelos agregados podem apresentar cerca de 70% das características originais presentes na matéria prima (o próprio agregado). Em outras palavras, a importância da escolha e

caracterização tecnológica dos agregados, estará diretamente relacionada a qualidade da produção final que será ofertado ao mercado consumidor. Desse modo, os agregados devem apresentar parâmetros específicos regidos por normas tecnológicas atualizadas (KRUGER, 2016).

Os agregados desempenham importante papel, quer do ponto de vista econômico, quer do ponto de vista técnico, exercendo influência benéfica sobre algumas propriedades importantes dos materiais, tais como: retração, resistência e vida útil. Não prejudicam a resistência aos esforços mecânicos, pois os agregados de boa qualidade têm resistência mecânica superior à da pasta de aglomerante (KRUGER, 2016).

Os ensaios de caracterização de agregados realizados em laboratório de materiais de construção civil permitem qualificar os materiais produzidos e comercializados, oferecendo subsídios para que as empresas classifiquem e escolham quais materiais atendem melhor suas necessidades (KRUGER, 2016).

Existe uma extensa gama de ensaios laboratoriais de controle de qualidade que se enquadram como ferramentas para caracterização dos agregados, sendo os executados por este estudo a composição granulométrica, teor de argila e equivalente de areia e materiais finos passante pela peneira de 75 μ M por lavagem. Tais ensaios são regidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) com o número de repetições necessários para confiabilidade dos resultados, minimizando assim a ocorrência de erros.

7 ESTUDO DE CASO

A realização de estudos mais aprofundados a respeito da composição e qualidade dos agregados utilizados na fabricação do concreto, confere melhores propriedades relacionadas a vida útil e resistência do material a ser empregado na construção civil. Dessa forma, os agregados além de terem parcela de contribuição econômica, estão relacionados com as propriedades presente no concreto.

As características mais importantes presentes nos agregados que foram utilizados neste estudo, e por consequência, nos ensaios laboratoriais, foram contempladas, tanto pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), dentre elas, destacam-se: determinação da composição granulométrica, determinação de material fino passante através da peneira da peneira 75 μm , por lavagem e determinação do equivalente de areia de solos ou de agregados miúdos.

As quatro amostras foram remetidas ao laboratório depois de selecionadas nas usinas de concreto, quarteadas e depositadas na estufa durante 24h para a realização de todos os ensaios subsequentes (Figuras 04 e 05).

Figura 03 - Quarteamento das amostras para ensaio.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Figura 05 – Granulometria das quatro amostras coletadas.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

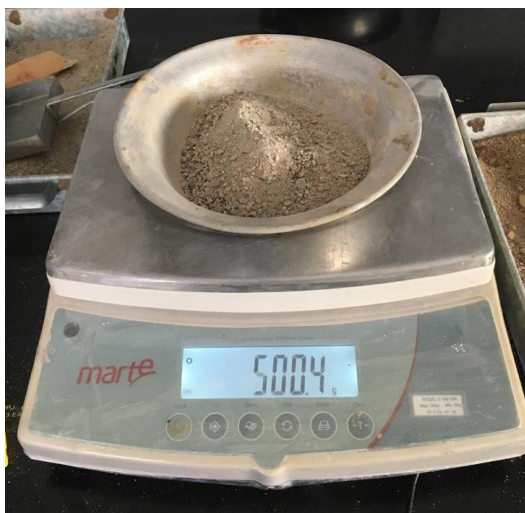
Cada amostra (A, B, C e D) foi submetida aos três ensaios laboratoriais duas vezes para que a porcentagem de erros nos resultados fosse reduzida. Desse modo, cada repetição recebeu um nome específico de M1 e M2.

7.1 Determinação da composição granulométrica.

Regido pela norma ABNT (1987) o ensaio tem como objetivo a determinação da composição granulométrica de agregados miúdos e graúdos para concreto. Para a realização do mesmo se fez necessário a utilização dos seguintes materiais: balança com resolução de 0,1% da massa da amostra de ensaio, estufa para secagem, peneiras das séries normal e intermediária, tampa e fundo, agitador mecânico de peneiras, bandejas e espátula.

Depois que as amostras passaram pela estufa à 110°C, esperou-se esfriar à temperatura ambiente e foi determinada suas massas (M1 e M2) de 500g (Figura 6).

Figura 04 – Pesagem das amostras coletadas.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Em seguida, encaixou-se as peneiras uma sobre as outras, de modo a formar um único conjunto de peneiras, com abertura de malha em ordem crescente da base para o topo com tampa e fundo. Utilizou-se uma massa (M1 e M2), das quatro amostras existentes, por vez para a realização do ensaio. Colocou-se cada massa (M1 e posteriormente M2) sobre a peneira superior do conjunto de modo a evitar acúmulo de camada do material. Posteriormente as peneiras foram agitadas pelo agitador mecânico de peneiras por 15 minutos cada (Figura 07).

Figura 05– peneiras em serie no agitador mecânico.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

O material retido em cada peneira foi transferido para um recipiente limpo e devidamente identificado, neste processo, escovou-se a tela em ambos os lados da peneira para não haver perda de material analisado (Figura 08).

Figura 05 - Material retido na peneira sendo transferido para recipiente.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

O material removido pelo lado interno da peneira é considerado como retido e o desprendido na parte inferior como passante. Em seguida, todo o material armazenado nas peneiras, foi pesado, e efetivamente catalogado.

Cada amostra analisada, teve seu processo de caracterização repetido duas vezes para se obter uma precisão mais adequada dos resultados como é mostrado nas figuras 09, 10, 11 e 12 de material coletado e pesado.

Figura 06 - Material coletado e pesado referente ao M1 e M2 da amostra A.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Figura 7 - Material coletado e pesado referente ao M1 e M2 da amostra B.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Figura 8 - Material coletado e pesado referente ao M1 e M2 da amostra C.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Figura 9 - Material coletado e pesado referente ao M1 e M2 da amostra D.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

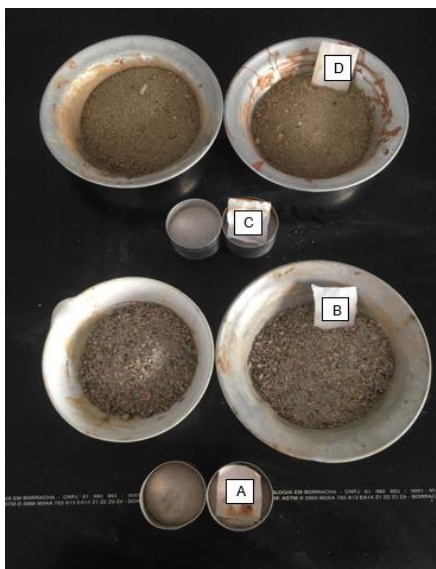
7.2 Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μm , por lavagem.

Regido pela norma ABNT NM (2003) o ensaio tem como objetivo a determinação da quantidade de material que passa na abertura da peneira com malha igual a 75 μm por meio de lavagem com água. Dessa forma, todas as partículas de argila e outros materiais solúveis em água foram removidos das amostras durante o procedimento. Para a realização do ensaio foi utilizado os seguintes materiais: Uma balança com resolução de 0,1 g ou 0,1% da carga de ensaio, um jogo de peneiras, onde a inferior tem abertura de malha de 75 μm e a superior corresponde à peneira de 1,18 mm, um recipiente de tamanho suficiente para conter a amostra coberta com água, estufa com temperatura uniforme de 110°C.

Para evitar o máximo de erros no ensaio foi efetuado dois procedimentos (M1 e M2) das quatro amostras existentes (A, B, C e D). Como as amostras A e C apresentaram tamanhos do grão até 1,18mm, a quantidade de agregados a ser ensaiada e reduziu-se a 100g. Já as amostras B e D apresentaram uma maior

graduação no tamanho dos grãos, correspondente a 4,75mm. Dessa forma, separou-se uma quantidade indicada para o ensaio de 500g de acordo com a ABNT NM (2001) (Figura 13).

Figura 10 - Material coletado e pesado referente as amostras A, B, C e D.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Segundo a ABNT NM (2003), após a secagem na estufa e a determinação da massa inicial (Mi) adequada, as amostradas foram depositadas na peneira com abertura de 75 μ m e adicionou-se água até cobri-la (Figura 14).

Figura 14 – Amostra na peneira de 75 μ m com adição de água.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Agitou-se as amostras vigorosamente e obteve a completa separação de todas as partículas mais finas que $75\mu\text{m}$ das maiores que permaneceram em suspensão na peneira. O procedimento foi repetido até que a água passante pela peneira em questão ficasse com coloração clara. De maneira a não haver diferenciação visual da limpidez entre a água antes da lavagem e depois (Figura 15).

Figura 15 – Agitação da amostra com água na peneira de $75\mu\text{m}$.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Posteriormente, retornou-se todo o material retido na peneira para o recipiente utilizado anteriormente na pesagem, porém dessa vez, a amostra foi coberta com água (Figura 16). Em seguida, o agregado foi direcionado para secagem na estufa a 110°C por 24h. Ao final, as amostras foram pesadas e obtido o valor da massa final (M_f).

Figura 16 – Amostra com água pós lavagem depositada em recipientes.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

7.3 Equivalente de areia.

Regido pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, a norma DNER (1997) trata-se de um ensaio para a obtenção do valor do equivalente de areia presente no agregado miúdo. Para o procedimento se fez necessário a utilização dos seguintes equipamentos:

a) peneira de 4,8mm, de acordo com a DNER 035/95, designada peneiras de malhas quadradas para análise granulométrica solos;

b) proveta cilíndrica, transparente, de vidro ou matéria plástica, de 32mm de diâmetro interno e cerca de 43cm de altura, graduada de 2 em 2mm, até pelo menos 38cm, a partir da base, ou apresentando dois círculos de referência a 10cm e 38cm, respectivamente, da base;

c) tubo lavador de cobre ou latão, de 6,4mm de diâmetro externo e 50cm de comprimento. A extremidade inferior é fechada em forma de cunha, tendo dois orifícios de 1mm de diâmetro perfurados nas faces da cunha e junto à ponta;

d) garrafão com capacidade de 5 litros, dotado de sifão constituído de rolha de borracha com dois furos e de um tubo de cobre dobrado. O garrafão é colocado 90cm acima da mesa de trabalho;

e) tubo de borracha de 5mm de diâmetro interno, com uma pinça de Mohr ou dispositivo similar para interromper o escoamento. Este tubo é usado para ligar o tubo lavador ao sifão;

f) pistão constituído por uma haste metálica de 46cm de comprimento, tendo na extremidade inferior uma sapata cônica de 25,4mm de diâmetro. A sapata possui três pequenos parafusos de ajustagem que permitem centrá-la com folga na proveta. Um disco perfurado, que se adapta ao topo da proveta, serve de guia para a haste. Um lastro cilíndrico é preso à extremidade da haste para completar ao pistão a massa de 1 kg;

g) recipiente de medida, com capacidade de (85 ± 5) mL;

h) funil para colocar o solo na proveta.

Além da solução de:

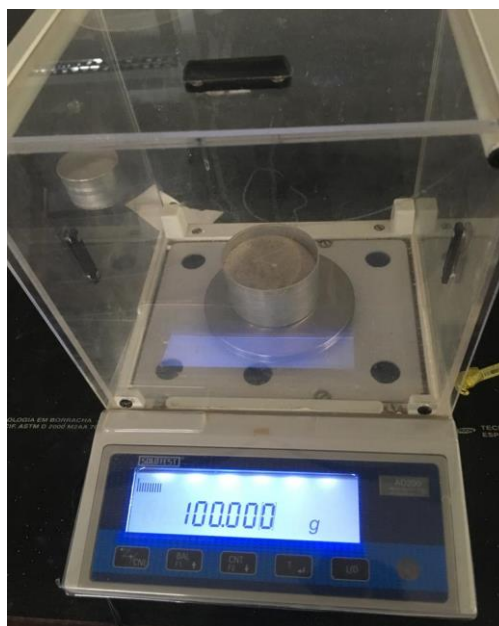
a) cloreto de cálcio anidro, grau técnico;

b) glicerina;

c) solução de formaldeído a 40%, em volume.

Segundo o DNER (1997) para a realização do ensaio, faz-se separar uma quantidade de aproximadamente 100g de cada amostra (A, B, C e D) em um recipiente que logo em seguida foi transferido para a proveta com o auxílio do funil (Figura 17).

Figura 17 – Pesagem amostral para realização do ensaio.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Feito isso, adicionou-se a solução de trabalho e foi dado batidas ao fundo da proveta afim de deslocar as bolhas de ar e haver uma melhor associação entre a solução e a amostra. Após dez minutos houve o fechamento da proveta com uma rolha de borracha e executado 90 ciclos de agitação em aproximadamente 30 segundos. Em seguida retirou-se a tampa e lavou-se as paredes da proveta para que todo o material se concentrasse ao fundo do equipamento.

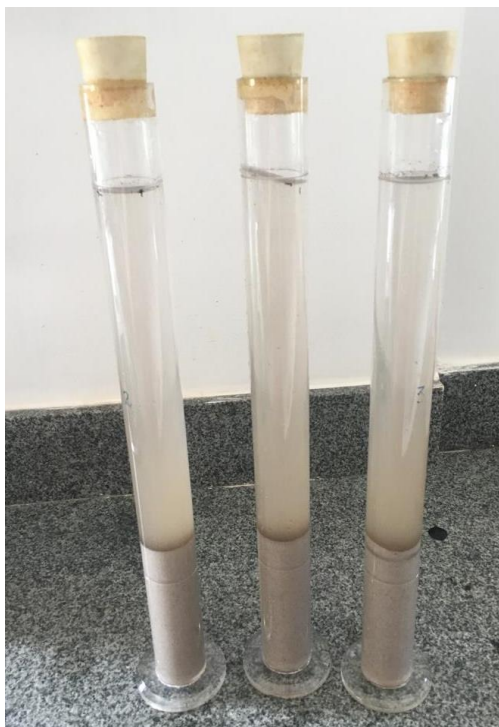
O próximo passo, de acordo com a DNER (1997), consistiu no repouso do material por 20 minutos, e em seguida, realiza-se a leitura do nível superior da suspensão argilosa (Mi). Em seguida, se determina o ponto da areia (Mf), para isso o pistão foi introduzido cuidadosamente até a visibilidade dos parafusos de calibração, e só então, se realiza a leitura do nível. (Figura 18, 19, 20).

Figura 18 – Amostra D com solução de trabalho em repouso.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Figura 19 – Amostra C com solução de trabalho em repouso.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Figura 20 – Amostra D com introdução do pistão para leitura.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

8 RESULTADOS E DISCURSÕES

8.1 Determinação da composição granulométrica

Após a realização dos ensaios, foi pesado o material retido no conjunto de peneiras sucessivas como mostrado na tabela 06.

Tabela 05 – Composição granulométrica das amostras.

NBR 7217 Agregados - Determinação da composição granulométrica									
PENEIRA		AMOSTRA A		AMOSTRA B		AMOSTRA C		AMOSTRA D	
Abertura	Malha								
		M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
75,00 mm	3"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
37,5mm	1.1/2"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00mm	3/4"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9,5mm	3/8"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,75mm	4"	0,00	0,00	3,114	2,475	0,00	0,00	7,96	15,906
2.36mm	8"	0,00	0,00	70	79,146	0,604	0,289	21,985	21,534
1,18mm	16"	0,041	0,035	94,774	97,094	0,43	0,211	48,304	51,545
600µm	30"	12,139	10,115	82,892	96,83	34,194	37,16	173,988	203,671
300µm	50"	264,699	239,63	67,665	66,894	292,03	334,576	176,729	150,675
150µm	100"	196,72	221,242	66,706	52,159	160,045	119,27	52,582	41,973
Fundo		26,366	28,976	114,849	105,401	12,698	10,378	16,834	14,694

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

De posse do agregado coletado, foi realizado o ensaio de laboratório conforme recomendado pela NBR (1987) de determinação granulométrica e definido a porcentagem média retida em cada peneira, a porcentagem média retida acumulada em cada peneira, a dimensão máxima característica, módulo de finura (que é a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado nas peneiras, dividido por 100) e a classificação do agregado, conforme a ABNT (2005).

A amostra "A" refere-se a um agregado de granulometria miúda, com porcentagem de material retido e módulo de finura variando entre as peneiras de abertura 1,18mm e 150 µm, sendo sua maior porcentagem entre as peneiras de 300µm e 1,18mm, caracterizando-se como areia média. Com relação a dimensão máxima característica da amostra, ela apresentou porcentagem retida acumulada

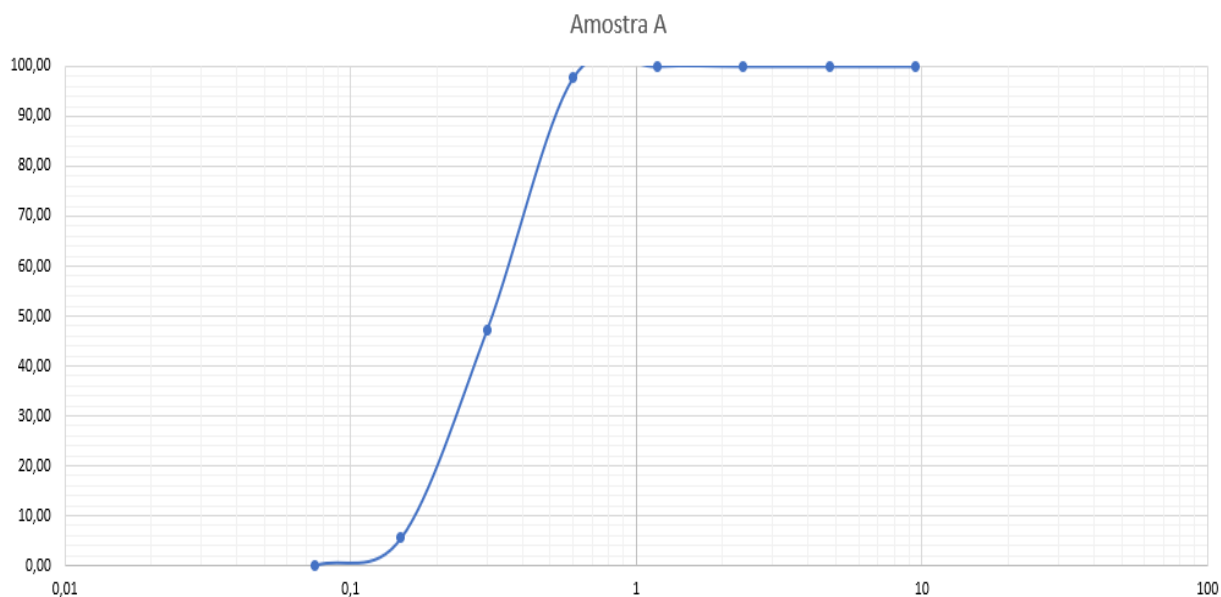
igual ou imediatamente inferior a 5% em massa na peneira de abertura nominal 600 μ m, correspondendo a 2,23% como mostra na tabela 06.

Tabela 06 – Determinação da granulometria da amostra A.

PENEIRA		AMOSTRA A					
Abertura	Malha						
		M1	M2	Média (g)	Módulo de finura (g)	Porcentagem em (%)	Porcentagem acumulada (%)
75,00 mm	3"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
37,5mm	1.1/2"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00mm	3/4"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9,5mm	3/8"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,75mm	4"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.36mm	8"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,18mm	16"	0,041	0,035	0,038	0,038	0,01	0,01
600 μ m	30"	12,139	10,115	11,127	11,165	2,23	2,23
300 μ m	50"	264,699	239,63	252,1645	263,3295	50,43	52,67
150 μ m	100"	196,72	221,242	208,981	472,3105	41,80	94,47
Fundo		26,366	28,976	27,671	499,9815	5,53	100,00
Total				499,9815			

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

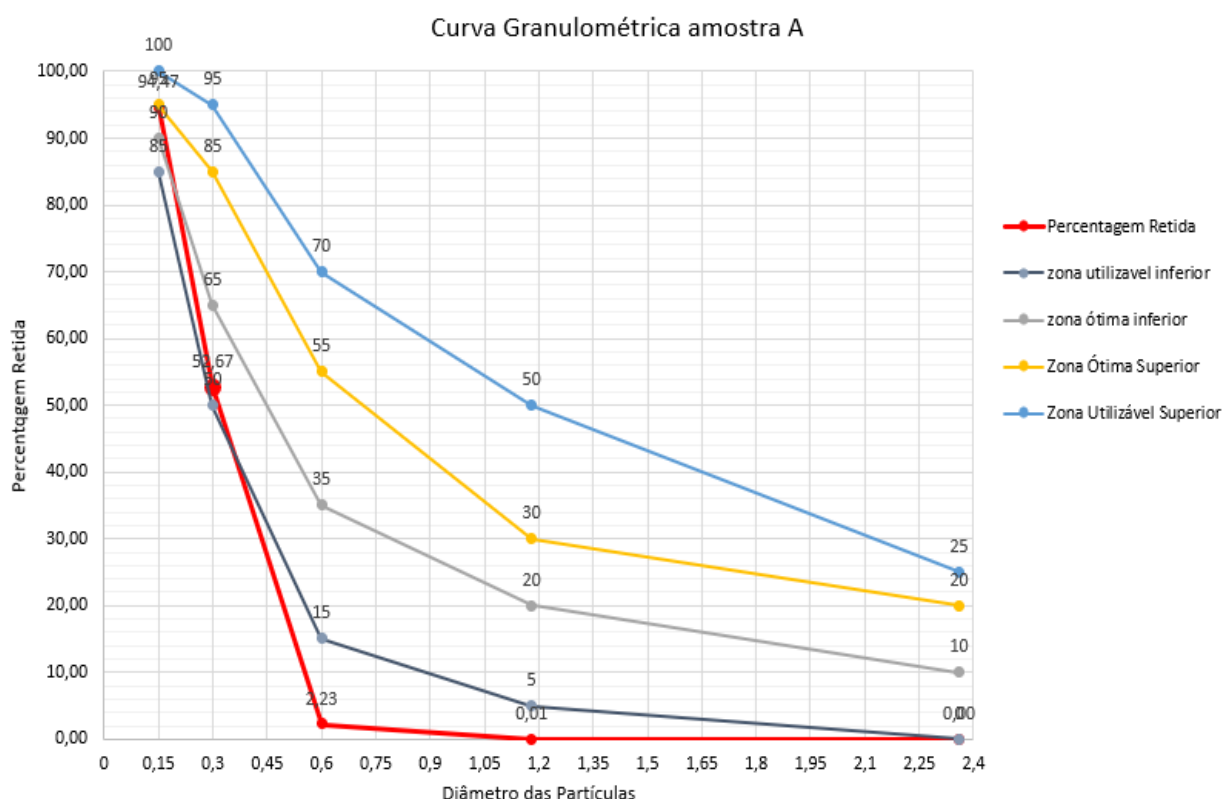
A curvatura da distribuição granulométrica da amostra "A" refere-se ao material passante pelas peneiras de forma acumulativa e por isso é sempre crescente. O eixo x representa diâmetro das partículas, enquanto o eixo y refere-se ao material passante por cada peneira, como mostra na figura 21. A curva apresentou-se quase como uma linha vertical, apresentando uma alta declividade. Isso ocorre devido ao agregado da amostra se referir a um solo uniforme, no qual a dimensão dos grãos é, aproximadamente, a mesma.

Figura 21 – Curva de distribuição granulométrica da amostra A.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

O gráfico mostra as zonas utilizáveis e ótimas estabelecidas pela norma ABNT (2005). Tais zonas servem como parâmetros para a porcentagem retida da amostra, que deve estar o mais próximo possível ou entre o traçado do padrão. A curva de porcentagem retida da amostra “A” apresentou-se, em sua maior parte, fora dos parâmetros estabelecido pela norma ABNT (2005), caracterizando inviabilidade do agregado para a sua utilização na fabricação do concreto (Figura 22).

Figura 22 – Curva granulométrico com zonas ótimas e utilizáveis da amostra A.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

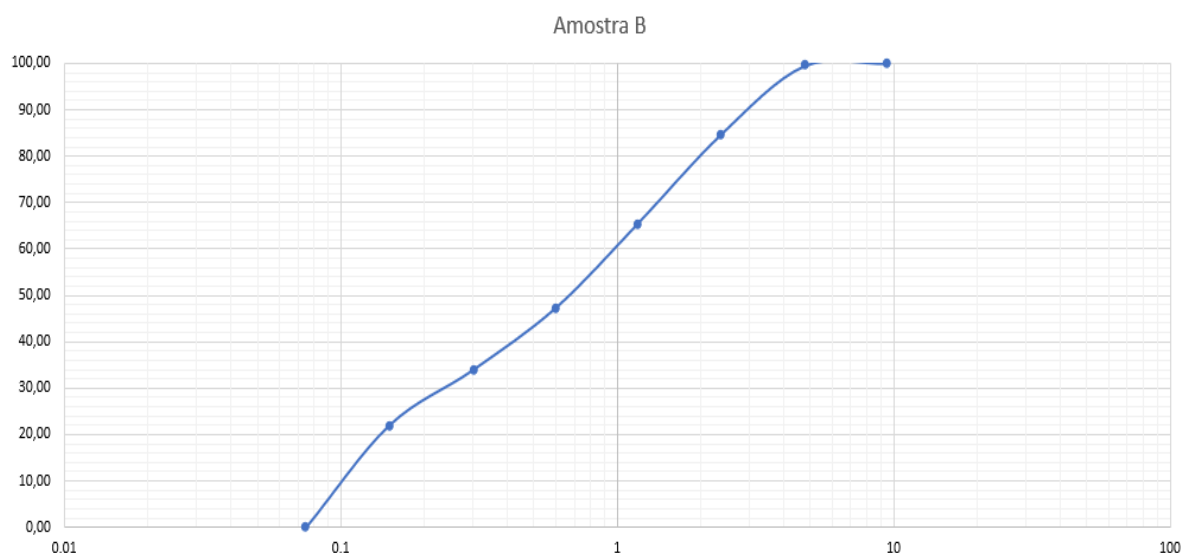
A amostra “B” apresentou-se como sendo um material de granulometria miúda, com porcentagem de material retido e módulo de finura variando entre as peneiras de abertura 4,75mm e 150 μ m. Apresentou ainda uma distribuição de porcentagem bem uniforme entre as peneiras com material retido, porém caracterizando-se como areia média. Com relação a dimensão máxima característica da amostra, ela apresentou porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa na peneira de abertura nominal 4,75mm, correspondendo a 0,56% como mostra no quadro acima (Tabela 07).

Tabela 07 – Determinação da granulometria da amostra B.

PENEIRA		AMOSTRA B					
Abertura	Malha						
		M1	M2	Média (g)	Módulo de finura (g)	porcentagem (%)	Porcentagem acumulada (%)
75,00 mm	3"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
37,5mm	1.1/2"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00mm	3/4"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9,5mm	3/8"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,75mm	4"	3,114	2,475	2,7945	2,7945	0,56	0,56
2.36mm	8"	70	79,146	74,573	77,3675	14,91	15,47
1,18mm	16"	94,774	97,094	95,934	173,3015	19,19	34,66
600µm	30"	82,892	96,83	89,861	263,1625	17,97	52,63
300µm	50"	67,665	66,894	67,2795	330,442	13,46	66,09
150µm	100"	66,706	52,159	59,4325	389,8745	11,89	77,97
Fundo		114,849	105,401	110,125	499,9995	22,03	100,00
Total				499,9995			

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

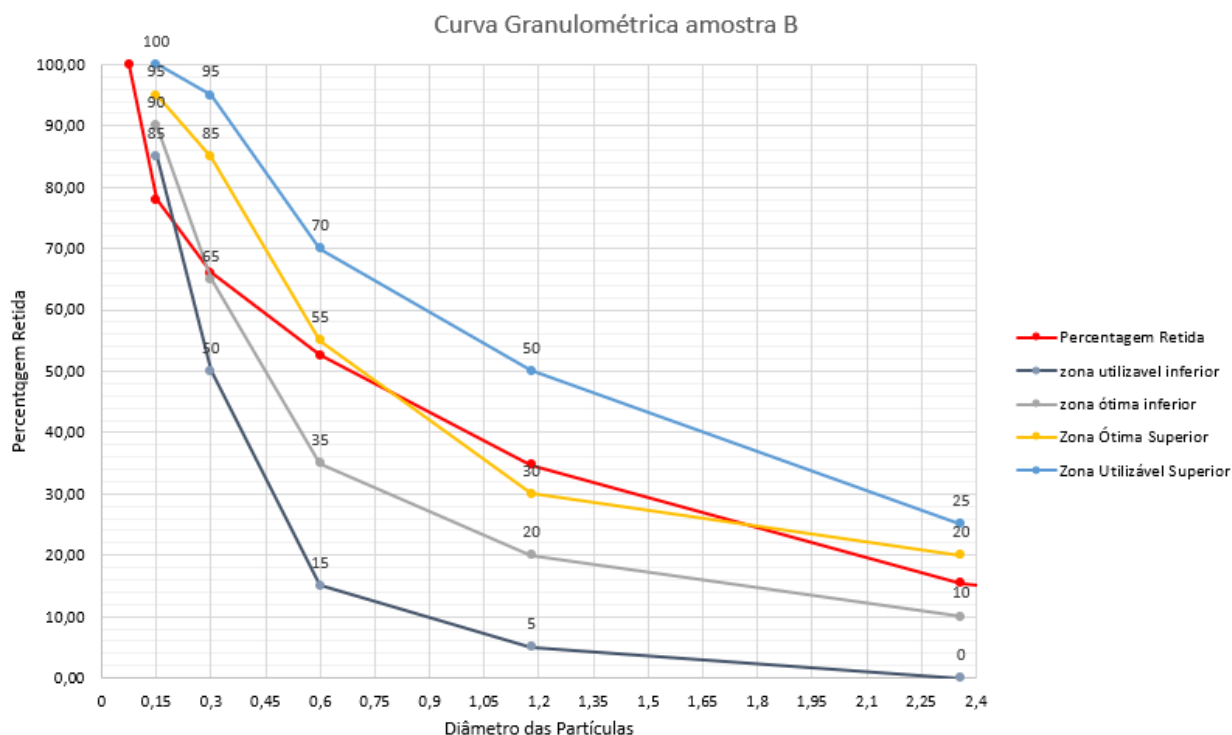
A curvatura da distribuição granulométrica da amostra “B” apresentou-se uma concavidade típica de materiais bastante graduados. As partículas dos agregados abrangem uma larga faixa de tamanhos.

Figura 23 – Curva de distribuição granulométrica da amostra B.

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

A curva de porcentagem retida da amostra “B” apresentou-se, em sua maior parte, dentro dos parâmetros estabelecido pela norma ABNT (2005), caracterizando viabilidade do agregado para a sua utilização na fabricação do concreto (Figura 24).

Figura 24 – Curva granulométrico com zonas ótimas e utilizáveis da amostra B.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

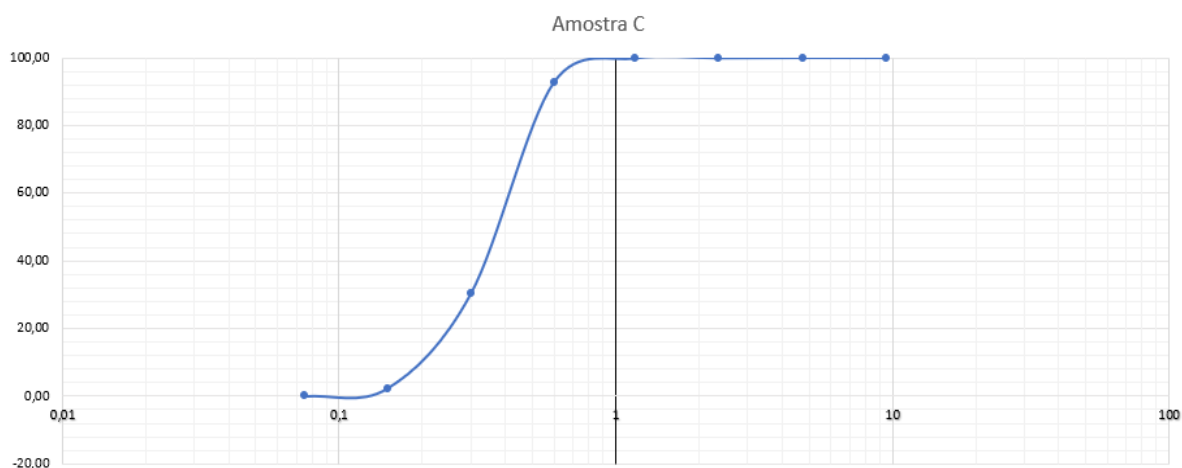
A partir do ensaio realizado em laboratório, e de acordo com o quadro 10, a amostra “C” refere-se a um agregado de granulometria miúda, com porcentagem de material retido e módulo de finura variando entre as peneiras de abertura 2,36mm e 150 μ m, sendo sua maior porcentagem na peneira de 300 μ m, caracterizando-se como areia média. Com relação a dimensão máxima característica da amostra, ela apresentou porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa na peneira de abertura nominal 1,18 μ m, correspondendo a 0,15% como mostra na tabela 08.

Tabela 08 – Determinação da granulometria da amostra C.

PENEIRA		AMOSTRA C					
Abertura	Malha						
		M1	M2	Média (g)	Módulo de finura (g)	Porcentagem (%)	Porcentagem acumulada (%)
75,00 mm	3"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
37,5mm	1.1/2"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00mm	3/4"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9,5mm	3/8"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,75mm	4"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.36mm	8"	0,604	0,289	0,4465	0,4465	0,09	0,09
1,18mm	16"	0,43	0,211	0,3205	0,767	0,06	0,15
600µm	30"	34,194	37,16	35,677	36,444	7,12	7,28
300µm	50"	292,03	334,576	313,303	349,747	62,54	69,82
150µm	100"	160,045	119,27	139,6575	489,4045	27,88	97,70
Fundo		12,698	10,378	11,538	500,9425	2,30	100,00
Total				500,9425			

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

A curva referente a granulometria da amostra “C” apresentou-se quase como uma linha vertical, apresentando uma alta declividade. Isso ocorre devido ao agregado da amostra se referir a um solo uniforme, no qual a dimensão dos grãos é, aproximadamente, a mesma (Figura 25).

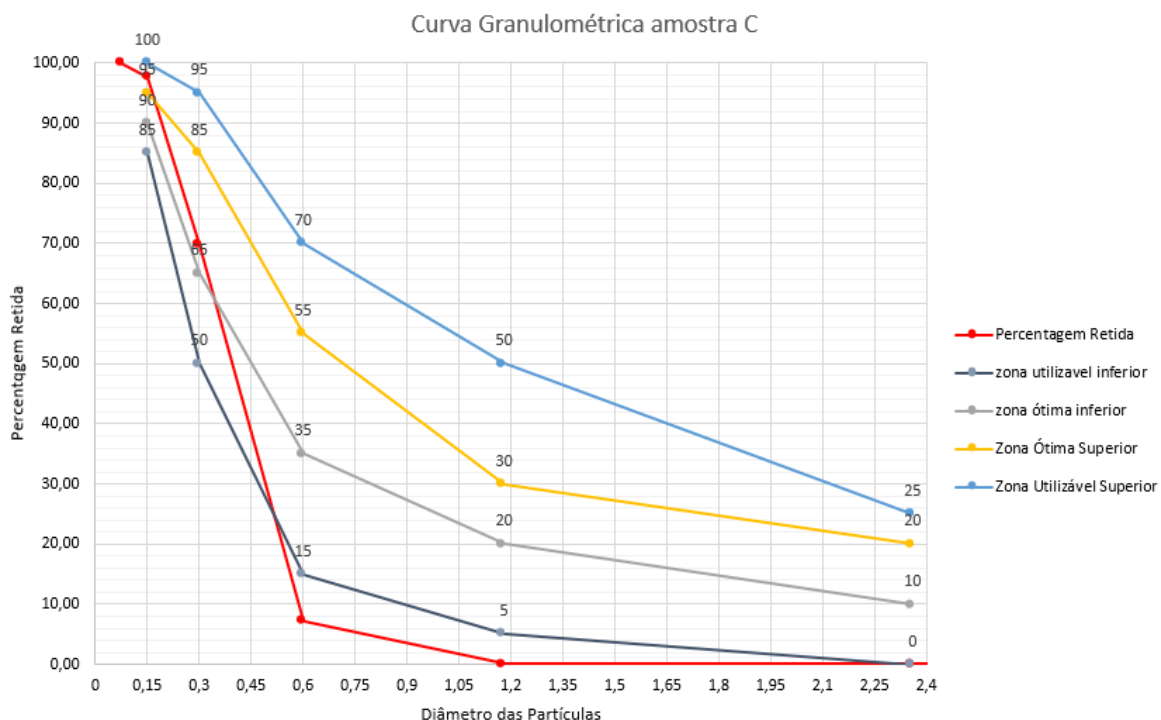
Figura 25 – Curva de distribuição granulométrica da amostra C.

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

A curva de porcentagem retida da amostra “C” apresentou-se, com quantitativos referentes a parte mais fina do agregado dentro dos parâmetros

estabelecido pela norma ABNT (2005). Porém há uma divergência com os diâmetros superiores, pois estão fora dos limites de uso. Caracterizando inviabilidade do agregado para a sua utilização na fabricação do concreto (Figura 26).

Figura 26 – Curva granulométrica com zonas ótimas e utilizáveis da amostra C.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

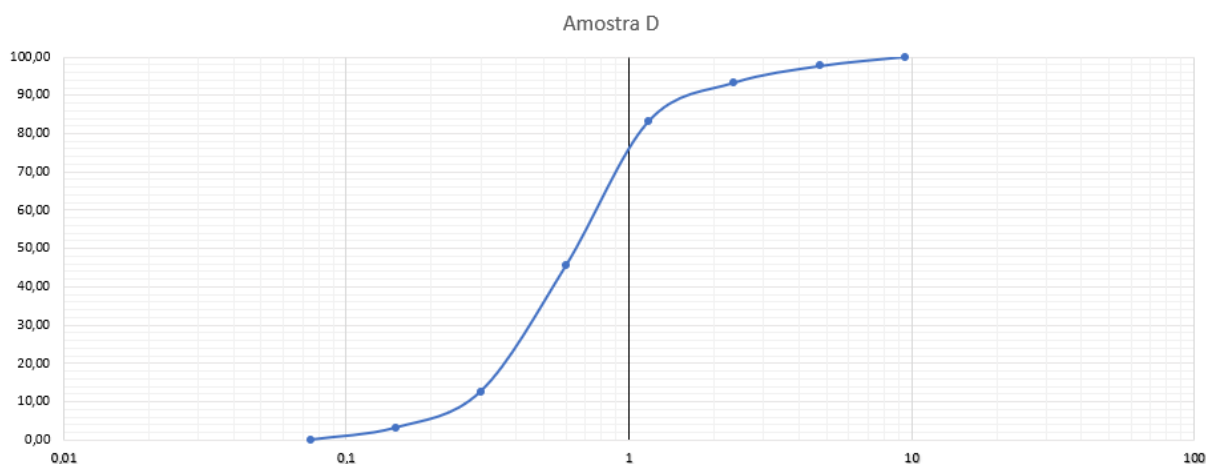
A tabela 09 contém informações adquiridas a partir do ensaio de granulometria realizado com a amostra “D”. Sendo um material de granulometria miúda, com porcentagem de material retido e módulo de finura variando entre as peneiras de abertura 4,75mm e 150 μ m. Apresentou ainda uma distribuição de porcentagem bem irregular entre as peneiras com material retido, porém com maior concentração de material entre a 300 μ m e 600 μ m caracterizando-se como areia média. Com relação a dimensão máxima característica da amostra, ela apresentou porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa na peneira de abertura nominal 4,75mm, correspondendo a 2,39%.

Quadro 09 – Determinação da granulometria da amostra D.

PENEIRA		AMOSTRA D					
Abertura	Malha						
		M1	M2	média (g)	módulo de finura (g)	Porcentagem (%)	Porcentagem acumulada (%)
75,00 mm	3"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
37,5mm	1.1/2"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00mm	3/4"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9,5mm	3/8"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,75mm	4"	7,96	15,906	11,9335	11,9335	2,39	2,39
2.36mm	8"	21,985	21,534	21,7595	33,693	4,36	6,75
1,18mm	16"	48,304	51,545	49,9245	83,6175	10,00	16,75
600µm	30"	173,988	203,671	188,8295	272,447	37,83	54,58
300µm	50"	176,729	150,675	163,702	436,149	32,79	87,37
150µm	100"	52,582	41,973	47,2775	483,4265	9,47	96,84
Fundo		16,834	14,694	15,764	499,1905	3,16	100,00
Total				499,1905			

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

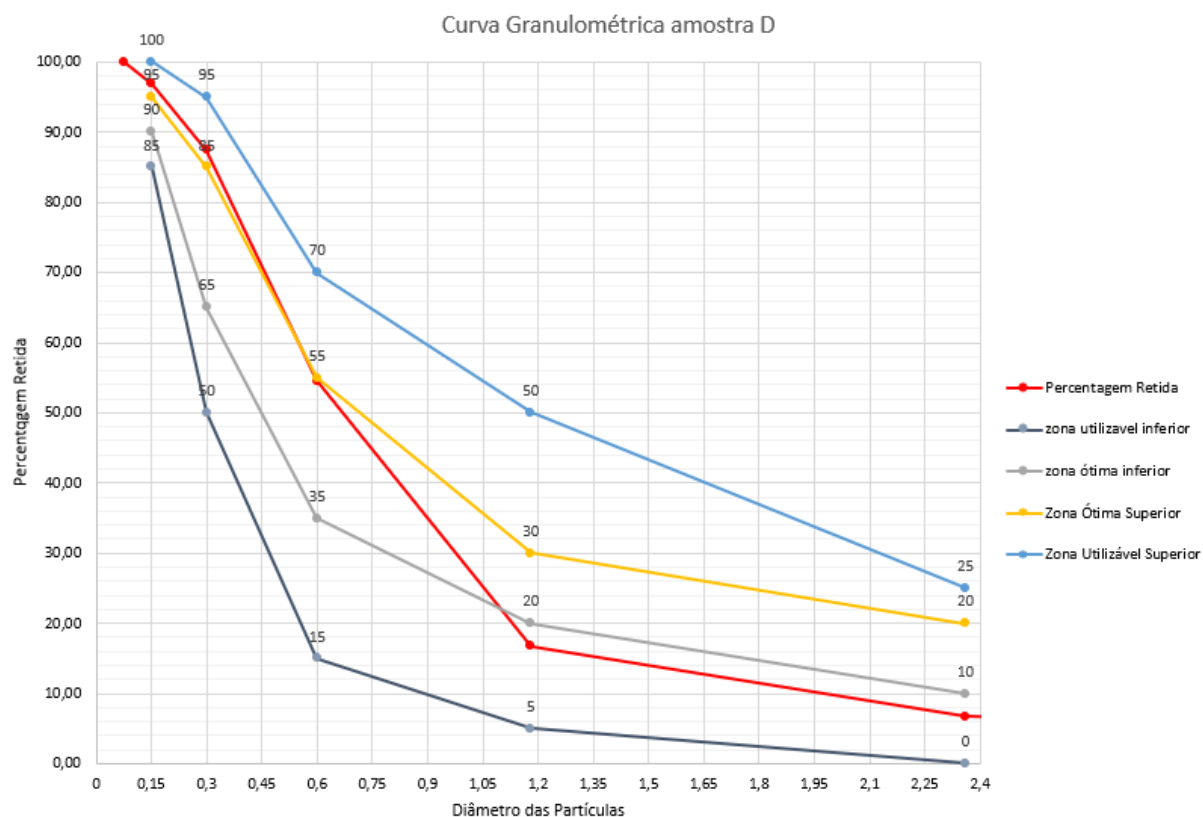
A curva referente a granulometria da amostra “D” apresentou uma declividade considerável. Isso ocorre devido ao agregado da amostra se referir a um solo uniforme, no qual a dimensão dos grãos é, aproximadamente, a mesma (Figura 27).

Figura 27 – Curva de distribuição granulométrica da amostra D.

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

A curva de porcentagem retida da amostra “D” apresentou-se, com quantitativos dentro dos parâmetros estabelecido pela norma ABNT (2005). Caracterizando viabilidade do agregado para a sua utilização na fabricação do concreto (Figura 28).

Figura 28 – Curva granulométrico com zonas ótimas e utilizáveis da amostra D.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

8.2 Determinação do material fino

Com os valores encontrados a partir da realização do ensaio de determinação do material fino que passa através da peneira 75 μm por lavagem (item 7.2) e regido pela ABNT NM (2003), é possível calcular a porcentagem de material mais fino que a peneira através da equação 1:

Equação 1 – Porcentagem do material fino.

$$M = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100$$

Onde:

M: é a porcentagem de material mais fino que a peneira de 75 μm por lavagem;

Mi: é a massa original da amostra seca; em gramas;

Mf: é a massa da amostra seca após a lavagem, em gramas.

Dessa forma, com os valores encontrados elaborou-se a tabela 10:

Tabela 10 – Determinação da porcentagem de material fino passante.

AMOSTRA	Mi (g)	Mf (g)	M (%)
A	100	99,79	0,21
	100	99,98	0,02
B	500	422,1	15,58
	500	424,7	15,06
C	100	99,59	0,41
	100	99,32	0,68
D	500	491,9	1,62
	500	493,5	1,3

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

De acordo com a ABNT (2005) a quantidade de substâncias nocivas não deve exceder os limites máximos em porcentagem relativa à massa do agregado miúdo. Sendo, 3,0% para concreto submetido a desgaste superficial e 5,0% para concretos protegidos do desgaste superficial. Tendo em vista os resultados encontrados em laboratório (explanado no quadro anterior) e fazendo uma média aritmética entre os dois ensaios realizados com a mesma amostra, tem-se que (tabela 11):

Tabela 11 – Determinação da média percentual do material fino passante.

AMOSTRA	Mi (g)	Mf (g)	M (%)	Média
A	100	99,79	0,21	0,115
	100	99,98	0,02	
B	500	422,1	15,58	15,32
	500	424,7	15,06	
C	100	99,59	0,41	0,545
	100	99,32	0,68	
D	500	491,9	1,62	1,46
	500	493,5	1,3	

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

As amostras A, B e D apresentaram quantidade de substância nocivas no agregado aceitáveis, pois não excedem os limites máximos relativa a massa do agregado de 3% para a fabricação de para concreto submetido a desgaste superficial e 5% para concretos protegidos do desgaste superficial, de acordo com a ABNT (2005). Sendo a porcentagem obtida igual a 0,115%, 0,545% e 1,46% respectivamente. Já a amostra B apresentou um percentual muito além do permitido por norma (15,32%) de substância nociva. Dessa forma, se caracteriza como um agregado inadequado para a fabricação do concreto neste requisito.

8.3 Equivalente de areia

Com os valores encontrados a partir da realização do ensaio do equivalente de areia (item 7.3) e regido pela norma DNER (1997), é possível calcular a porcentagem o equivalente de areia a partir da equação 2:

Equação 2 – Equivalente de areia:

$$EA = \frac{\text{Leitura no topo da areia}}{\text{Leitura no topo da argila}} \times 100$$

Onde:

EA: é o equivalente de areia (dado em porcentagem)

Leitura no topo da areia: dada em centímetros

Leitura no topo da argila: dada em centímetros

Dessa forma, com os valores encontrados elaborou-se a tabela 12:

Tabela 12 – Leitura do topo de areia e do topo de argila.

AMOSTRA	Hareia (cm)	Hargila (cm)
A	12,3	12
	13	12,5
	12,7	12,5
B	13	10,5
	13,8	10,9
	13,3	9,3
C	13	12,5
	12,7	12,2
	13	12,3
D	13,3	12,3
	12,8	12,3
	12,8	11,9

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

De acordo com a ABNT (2005) a quantidade de argila não deve exceder os limites máximos em porcentagem relativa à massa do agregado miúdo, sendo, 3,0% o limite máximo para torrões de argila e materiais friáveis. Tendo em vista os resultados encontrados em laboratório (explanado no quadro anterior) e segundo a DNER (1997) o resultado do ensaio, obtido de uma média aritmética de três determinações, é expresso em porcentagem, arredondando-se para o número inteiro (tabela 13).

Tabela 13 – Determinação da média percentual de argila existente no agregado.

AMOSTRA	Hareia (cm)	Hargila (cm)	EA (%)	Média EA (%)
A	12,3	12	2,44	3
	13	12,5	3,85	
	12,7	12,5	1,57	
B	13	10,5	19,23	23
	13,8	10,9	21,01	
	13,3	9,3	30,08	
C	13	12,5	3,85	4
	12,7	12,2	3,94	
	13	12,3	5,38	
D	13,3	12,3	7,52	6
	12,8	12,3	3,91	
	12,8	11,9	7,03	

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Apenas amostras A apresentou quantidade de argila aceitável para a utilização na fabricação do concreto, de acordo com a NBR (2005). Sendo a porcentagem de exatamente 3% (correspondendo ao limite permitido por norma). Já a amostra B apresentou um percentual muito além do permitido, equivalente a 23% de argila na composição do agregado, havendo um aumento de 20% além do permitido. As amostras C e D apresentaram uma porcentagem de 4% e 6% respectivamente. O percentual se encontra acima do aceitável por norma, porém não caracteriza uma diferença tão significativa quando a amostra B. Dessa forma, apenas o agregado da amostra A caracteriza como um agregado adequado para a fabricação do concreto neste requisito.

9 CONCLUSÃO

Desta maneira, a realização dos ensaios laboratoriais de controle de qualidade dos agregados obteve como conclusão que para se obter um concreto de qualidade, os agregados utilizados na fabricação deste devem atender, não apenas um, como a todos os requisitos estabelecidos por norma.

A variação da granulometria interfere diretamente nos valores da resistência do concreto e conseqüentemente na quantidade de pasta de cimento a ser utilizada, além do traço e fator A/C. Para que a resistência do concreto final seja a mais correta possível é necessário que o agregado se encontre dentro dos parâmetros no que diz respeito a sua curva granulométrica. Dessa forma, as amostras “B” e “D” apresentaram viabilidade para a utilização na fabricação do concreto por estarem dentro das zonas utilizáveis. O mesmo não ocorreu com as amostras “A” e “C”, tornando-as inviáveis para sua utilização de acordo com esse critério.

Com relação ao teor de fino no agregado espera-se supera o atrito interno com o elevado teor de fração fina (incluindo o material pulverulento), para que, conjugado com dosagem adequada de água, se consiga a superação do atrito interno. Assim, se houver falta de finos no agregado miúdo, o concreto se apresentará pouco coesivo, com tendência à segregação. Por outro lado, com a dosagem de elevadas quantidades de fração fina no agregado miúdo a exigência de água será majorada, aumentando a retração e o consumo de cimento para uma mesma relação água/cimento. Portanto, a quantidade de substâncias nocivas no agregado não pode exceder 3% para a fabricação de para concreto submetido a desgaste superficial e 5% para concretos protegidos do desgaste superficial. Considerando os resultados obtidos com o ensaio de teor de fino passante concluímos que apenas as amostras “A”, “B” e “D” apresentaram percentual aceitável e assim se caracterizaram como um agregado dentro da restrição estabelecido pela ABNT (2005) para a fabricação de concreto. Já a amostra “B”, apresentou um percentual acima do permitido, o que faz da mesma inadequada para a sua utilização neste requisito.

A presença de argilas tem um efeito muito negativo sobre o concreto, uma vez que são capazes de impedir a ligação do agregado com o cimento. Também podem causar problemas devido a sua dilatação ser diferente à do agregado,

reduzindo em muito o tempo de vida do concreto. Dessa forma, a quantidade de argila aceitável para a fabricação do concreto não pode ultrapassar 3%. Considerando os resultados obtidos, apenas a amostra “A” encontra-se dentro do parâmetro da norma ABNT (2005), caracterizando-se como um agregado viável para a utilização na fabricação do concreto. As outras amostras (B, C e D) apresentaram presença de argila acima do estabelecido pela norma ABNT (2005), tornando-se inviável a sua utilização na fabricação do concreto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 1987. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **27**: Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2001. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **46**: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μm , por lavagem. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2005. 11 p.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de Construção**: Concreto, Madeira, Cerâmica, Metais, Plásticos, Asfalto. Novos materiais para a construção Civil. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc - Livros Técnicos e Científico Editora S.a., 2008. 1 v.

BERNARTI, Thiago (Org.). **Laboratório de Materiais de Construção Agregados: Ensaios Tecnológicos**. 2006. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/portal/departamentos/dec/labmcc/materiais/mcc_ii_prof_tiago/Apostila%20MCC-II.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.

BILL BRADLEY (Brasil). Ecivil (Org.). **Agregado Graúdo**. 2018. Disponível em: <<https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-agregado-graudo.html>>. Acesso em: 24 nov. 2018

BRASIL. Vanessa Maria Mamede Cavalcanti. Ministério de Minas e Energia (Org.). **A INDÚSTRIA DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA**. Fortaleza: Dnrm, 2012. 110 p. Disponível em:

<<http://www.dnmp.gov.br/dnmp/publicacoes-economia-mineral/arquivos/a-industria-de-agregados-para-construcao-civil-na-regiao-metropolitana-de-fortaleza>>. Acesso em: 06 maio 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 054/97**: Equivalente de Areia. Rio de Janeiro: DNER, 1997. 10 p. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/DNER-ME054-97.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2019.

HF TIJOLOS LTDA (Goiânia) (Org.). **HF TIJOLOS LTDA**. 2015. Disponível em: <<https://hf-tijolos-ltda.webnode.com/>>. Acesso em: 25 out. 2018.

ISIS NÓBILE DINIZ (Brasil). Equipe de Obra. **Planejamento**: Areia. 2013. Disponível em: <<http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/60/areia-presenca-de-impurezas-e-ate-o-formato-dos-289945-1.aspx>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

KRUGER, Patrícia. A Importância da Caracterização de Agregados para o Controle Tecnológico do Concreto. In: 14º Conex - Encontro Conversando Sobre Extensão Na UEPG, 14., 2016, Ponta Grossa - Paraná. **Anais....** Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016. v. 1, p. 1 - 6. Disponível em: <http://sites.uepg.br/conex/anais/anais_2016/anais2016/1073-4318-1-PB-mod.pdf>. Acesso em: 04 set. 2018.

LASERNA, Humberto Almeida de; REZENDE, Márcio Marques. **Agregados para a Construção Civil**. 2013. Disponível em: <<http://www.dnmp.gov.br/dnmp/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/8-1-2013-agregados-minerais>>. Acesso em: 27 nov. 2018.

MAIA, Victor. **Os agregados para indústria da construção civil são os insumos mais consumidos no mundo**. 2017. Disponível em: <<https://engcivil.maquinadeaprovacao.com/posts/maquina-de-aprovacao/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-ensaio-de-agregados/36>>. Acesso em: 08 ago. 2018.

SOARES, J.M.D.; PINHEIRO, R.J.B & TAVARES, I.S. 2006. Mecânica dos Solos - Notas de Aula. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria/Centro de Tecnologia/ Departamento de Transporte, 230p.

VALVERDE, Fernando Mendes. **AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2001. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes-economia-mineral/arquivos/agregados-para-contrucao-civil.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

VICTOR MAIA (Brasil). Máquina de Aprovação. **Tudo o que você precisa saber sobre Ensaio de Agregados**: Os agregados para indústria da construção civil são os insumos mais consumidos no mundo. 2017. Disponível em: <<https://engcivil.maquinadeaprovacao.com/posts/maquina-de-aprovacao/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-ensaio-de-agregados/36>>. Acesso em: 21 set. 2018.