

**UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE
DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - UNIJUÍ**

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA

Curso de Engenharia Civil

Eduardo Suliman Bueno

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DOS
AGREGADOS BRITADOS PRODUZIDOS NA REGIÃO DE
IJUÍ - RS**

**Ijuí/RS
2008**

Eduardo Suliman Bueno

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DOS
AGREGADOS BRITADOS PRODUZIDOS NA REGIÃO DE
IJUÍ - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia
Civil apresentado como requisito parcial para
obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Ijuí

2008

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelos membros da banca examinadora.

Prof. Luciano Pivoto Specht, Dr. - Orientador

Banca Examinadora

Prof. José Crippa, Arq.
UNIJUÍ/DeTec

Prof. Marcelo Adriano Duarte, M. Eng.
UNIJUÍ/DeTec

Dedico este trabalho a meus pais, que com carinho e compreensão me incentivaram durante esta jornada. Dedico também a todos os amigos que de uma forma ou outra me apoiaram e estiveram presentes em meu percurso pela graduação.

Agradecimentos

Agradeço inicialmente a Deus pelo dom da vida, pela proteção e pelas graças que me permite alcançar.

Em tantos anos de universidade, talvez meus agradecimentos teriam mais páginas que meu trabalho. Quero aqui agradecer a todas as pessoas que de algum jeito passaram por minha vida no decorrer desta jornada, seja por um simples conversa de rotina até o conforto de uma amizade sincera, mas que marcaram em minha vida sua passagem.

Agradeço ao professor Luciano Pivoto Specht, meu orientador desde meu primeiro projeto, que sempre me incentivou e de certa forma suportou meu jeito distinto de pesquisar e ser aluno.

Agradeço de forma muito especial ao colega, pesquisador e grande amigo Sérgio Copetti Callai, que antes de tudo foi como um irmão nestes anos, em tantas que aprontamos juntos que jamais serão esquecidas.

Ao Carlos “Cayto” Correa e Silva, meu grande amigo e companheiro de pesquisa, que sempre esteve disposto quando solicitado.

Agradeço aos laboratoristas Luiz Donato e Salete pelas orientações não somente no meu trabalho de conclusão de curso, mas também no decorrer de toda minha graduação. Registro aqui meu agradecimento pela paciência, amizade e ensinamentos.

Aos amigos Chepa, Céu, Lisi, Goetz, Dani, Joana, Burga, Bugiu, André, Pederiva, Koff, Lucas, Geo e tantos outros onde sempre encontrei uma grandiosa amizade fora de minha vida acadêmica.

Agradeço aos colegas pesquisadores Jaelson Budny, Diego Hartmann, André Bock, Fernando Boeira, Ricardo Novroth, Ricardo Rupp, Julio Kotlinski e Francieli Diemer pelo apoio e horas dividindo laboratórios sempre com alegria e companheirismo.

Aos amigos e antigos colegas que dividiram comigo tantas histórias, trabalhos e aulas, em especial os amigos Thiago Rozek, Magnos Baroni e Laura Miron.

Aos proprietários e responsáveis pelas pedreiras, que aceitaram fornecer o material da pesquisa e foram cordiais em todas as visitas.

Meu maior agradecimento aos meus pais, sempre presentes, sempre participando e sempre exigindo de mim o esperado por eles. Agradeço o exemplo, a dedicação, a união e a confiança sempre depositada em mim. Saibam que este trabalho também é de vocês.

RESUMO

Agregados minerais são largamente usados pela humanidade desde os primórdios da civilização, tendo seu ápice de consumo iniciado no século XIX na Inglaterra com a invenção do britador mecânico, atingindo recordes de consumo como em 1996 quando os Estados Unidos produziram e consumiram 2,6 bilhões de metros cúbicos de brita. Pode-se considerar o consumo de agregados minerais como um grande indicador do perfil sócio-econômico de um país, ligado diretamente à qualidade de vida das pessoas, sendo ele consumido em obras como silos, armazéns, moradias e obras de sistema de saneamento básico. O agregado, por se tratar de um recurso natural bastante acessível e uma das matérias-primas mais importantes usadas na construção civil, constitui cerca de 80% do concreto, e é, depois da água, o material mais consumido em volume pela humanidade. Tendo este embasamento, esta pesquisa limita-se a estudar e comparar as propriedades dos agregados minerais produzidos nas pedreiras da região de Ijuí – RS, buscando definir as principais características das unidades de britagem e dos agregados minerais da região, busca também saber se os agregados produzidos possuem características semelhantes ou diferem-se e em qual proporção. Esta pesquisa se fundamentou num estudo bibliográfico sobre agregados, de onde foram obtidos os conhecimentos básicos sobre o assunto, como nomenclaturas, normas e usos comuns dos agregados. A etapa que se seguiu foi a de coleta de dados em campo, onde unidades de britagem foram visitadas, durante tais visitas foram coletadas as amostras produzidas, também foram reunidos dados sobre as pedreiras, britadores e volume de produção. Realizada a etapa de coleta de material e informações, teve-se início a fase laboratorial do estudo, onde as amostras coletadas nas pedreiras foram submetidas a diferentes ensaios laboratoriais para análise de suas características físicas e químicas, sendo estes os ensaios: análise granulométrica, índice de lamelaridade, índice de abrasão “Los Angeles”, massa específica aparente em estado solto, absorção e massa específica e massa específica real dos grãos, tais ensaios foram realizados no Laboratório de Engenharia Civil (LEC) da Unijui, e no Laboratório de Pavimentação (LAPAV) da UFRGS e foram orientados por laboratoristas e por normas técnicas vigentes. O estudo caracterizou as britas fornecidas, mostrando que sua adequação granulométrica não está de acordo com o padrão literário e comercial; também foi concluído que alguns materiais deveriam ser novamente ensaiados para um possível uso futuro, devido a sua proximidade de valores limites como de abrasão e lamelaridade; os ensaios de massas específicas diferenciaram as pedreiras por sua relação massa/volume, servindo também para possíveis estudos relacionados aos vazios dos agregados.

Palavras-chaves: agregados minerais, características tecnológicas, ensaios laboratoriais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Redução mecânica por impacto	18
Figura 2 – Redução mecânica combinando impacto e desgaste por atrito	19
Figura 3 – Redução mecânica combinando impacto, cisalhamento e compressão	19
Figura 4 – Redução mecânica combinando por compressão em um britador de mandíbula que brita sem atrito	20
Figura 5 – Classificação dos agregados para pavimentação.....	23
Figura 6 – Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul.....	25
Figura 7 – Mapa geológico da região de estudo.....	26
Figura 8 – Placa de lamelaridade de agregados.....	28
Figura 9 – Máquina “Los Angeles”	30
Figura 10 – Curvas granulométricas – pó de pedra	41
Figura 11 – Curvas granulométricas – brita 0	42
Figura 12 – Curvas granulométricas – brita 1	44
Figura 13 – Curvas granulométricas – brita 2	45
Figura 14 – Massa específica aparente em estado solto – pó de pedra	46
Figura 15 – Massa específica aparente em estado solto – brita 0.....	47
Figura 16 – Massa específica aparente em estado solto – brita 1	48
Figura 17 – Massa específica aparente em estado solto – brita 2.....	48
Figura 18 – Massa específica aparente – brita 0.....	49
Figura 19 – Massa específica aparente – brita 1	50
Figura 20 – Massa específica aparente – brita 2.....	50
Figura 21 – Massa específica real – brita 0	52
Figura 22 – Massa específica real – brita 1	52
Figura 23 – Massa específica real – brita 2	53
Figura 24 – Absorção – brita 0	54
Figura 25 – Absorção – brita 1	55
Figura 26 – Absorção – brita 2	55
Figura 27 – Índice de lamelaridade – brita 1	57
Figura 28 – Índice de lamelaridade – brita 2	57
Figura 29 – Índice de abrasão “Los Angeles” – brita 0.....	59
Figura 30 – Índice de abrasão “Los Angeles” – brita 1	59
Figura 31 – Índice de abrasão “Los Angeles” – brita 2.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Graduação para ensaio de abrasão.....	31
Tabela 2 – Dimensões do recipiente em função do diâmetro máximo do agregado.....	32
Tabela 3 – Quantidade e material	34
Tabela 4 – Análise granulométrica – pó de pedra	40
Tabela 5 – Análise granulométrica – brita 0.....	42
Tabela 7 – Análise granulométrica – brita 1.....	43
Tabela 8 – Análise granulométrica – brita 2.....	45

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

A_n : Índice de Abrasão Los Angeles

ANEPAC: Associação Nacional de Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil

ASTM: American Society of Testing and Materials

DAER/RS: Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul

DNER: Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT: Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes

h: teor de umidade

L: leitura no gargalo (volume da água e amostra no frasco)

LPAV: Laboratório de Pavimentação da UFRGS

LEC: Laboratório de Engenharia da UNIJUÍ

M: peso da amostra

MEA: Massa específica aparente

m_n e m'_n : Massa inicial e massa final após ensaio

Ph: Peso do agregado saturado em superfície seca

Ph: Peso do solo seco

Pi: Peso do agregado imerso em água

PPA: peso picnômetro + água

PPSA: peso picnômetro + solo + água

Ps: Peso do agregado seco

Ps: peso do solo seco em estufa

PSH: peso do solo úmido

PSS: peso do solo seco

γ : massa específica real do agregado miúdo, em g/cm^3 .

δ : massa específica real

δT : massa específica da água, na temperatura T de ensaio

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UNIJUÍ: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Tema da pesquisa	12
1.2 Delimitação do tema.....	12
1.3 Formulação da questão de estudo.....	12
1.4 Definição dos objetivos do estudo.....	12
1.4.1 Objetivo geral	12
1.4.2 Objetivos específicos.....	12
1.5 Justificativa.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Definição	16
2.2 Características tecnológicas.....	17
2.3 Agregados britados	17
2.4 Britadores	18
2.5 Agregado para concreto.....	20
2.6 Agregado para pavimentação	22
3 METODOLOGIA.....	24
3.1 Classificação do estudo	24
3.2 Planejamento da pesquisa.....	24
3.3 Local de estudo.....	25
3.4 Ensaios.....	26
3.4.1 Análise granulométrica.....	26
3.4.2 Índice de lamelaridade.....	27
3.4.3 Índice de abrasão “Los Angeles”	29
3.4.4 Determinação da massa específica aparente em estado solto (agregado graúdo e miúdo).....	31
3.4.5 Determinação da massa específica dos grãos e absorção (agregado graúdo).....	33
3.4.6 Determinação da massa específica real dos grãos (agregado miúdo)	35
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	39
4.1 Análise Granulométrica.....	39
4.1.1 Pó de Pedra	40
4.1.2 Brita 0	41

4.1.3 Brita 1	43
4.1.4 Brita 2	44
4.2 Massa Específica Aparente em Estado Solto	46
4.2.1 Pó de Pedra	46
4.2.2 Brita 0	47
4.2.3 Brita 1	47
4.2.4 Brita 2	48
4.3 Massa Específica Aparente.....	49
4.3.1 Brita 0	49
4.3.2 Brita 1	50
4.3.3 Brita 2	50
4.4 Massa Específica Real do Grão	51
4.4.1 Pó de Pedra	51
4.4.2 Brita 0	51
4.4.3 Brita 1	52
4.4.4 Brita 2	53
4.5 Absorção.....	53
4.5.1 Brita 0	54
4.5.2 Brita 1	54
4.5.3 Brita 2	55
4.6 Índice de Lamelaridade	56
4.6.1 Brita 1	56
4.6.2 Brita 2	57
4.7 Índice de Abrasão “Los Angeles”	58
4.7.1 Brita 0	58
4.7.2 Brita 1	59
4.7.3 Brita 2	60
4.8 Entrevista.....	60
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
5.1 Conclusões.....	63
5.2 Sugestões para trabalhos futuros	66
REFERÊNCIAS	67
ANEXOS	70

1 INTRODUÇÃO

1.1 Tema da pesquisa

O tema da pesquisa é: agregados minerais para a indústria da construção civil.

1.2 Delimitação do tema

Esta pesquisa limita-se a estudar e comparar as propriedades tecnológicas dos agregados minerais produzidos nas pedreiras da região de Ijuí – RS.

1.3 Formulação da questão de estudo

As questões que norteiam a pesquisa são:

- Quais as características das unidades de britagem e dos agregados minerais da região?
- Os agregados produzidos e comercializados na região possuem as mesmas características?

1.4 Definição dos objetivos do estudo

1.4.1 Objetivo geral

Avaliar e comparar as características dos agregados fornecidos pelas pedreiras da região.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar as instalações de britagem das pedreiras da região;
- Caracterizar por ensaios de laboratório, os agregados comercializados na região;
- Verificar a adequabilidade dos agregados as aplicações de pavimentação e concreto.

1.5 Justificativa

Os materiais naturais são os mais antigos materiais de construção utilizados pelo homem. Muitas civilizações empregaram a pedra de maneira intensa, podendo-se destacar as monumentais pirâmides, a Esfinge e o Parthenon de Atenas, entre outras. Já aquelas civilizações que não empregavam a pedra em suas construções, e sim tijolo de barro seco ao ar (babilônios, sírios e caldeus) deixaram poucos vestígios de sua passagem e adiantamento: suas construções reduziram-se a montes de terra (Petrucci, 1978).

Segundo Kulaif (2001) a indústria moderna de pedras britadas surgiu na Inglaterra por volta de 1815, expandindo-se rapidamente a partir da invenção do britador mecânico em 1858. Nesta época, e durante toda a última metade do século XIX, o principal mercado para pedras britadas era o de lastro para ferrovias. No final do século XIX, iniciou-se timidamente o uso das pedras britadas misturadas ao cimento para a confecção do concreto e, desde então, esse tem-se acelerado continuamente. Na sociedade moderna, o mais novo e promissor mercado consumidor da brita surgiu, a partir de 1920, nos Estados Unidos, com o início da construção de rodovias.

O agregado, por se tratar de um recurso natural bastante acessível e uma das matérias-primas mais importantes utilizadas na construção civil, constitui cerca de 80% do volume do concreto, que é, depois da água, o material mais consumido em volume pela humanidade.

Mesmo sendo muito empregado na indústria da construção civil, os agregados apresentam baixo valor unitário, todavia, seu consumo é um importante indicador do perfil sócio-econômico de desenvolvimento de um país.

No mundo, os Estados Unidos são os maiores produtores de brita, sendo que em 1996, produziu um recorde de 2,6 bilhões de metros cúbicos de brita. No continente europeu, o principal produtor de agregado para construção civil é a França, que chega a produzir 400 milhões de metros cúbicos por ano, donde cerca de 35% é destinada à construção de prédios e moradias, 45% para a construção e manutenção de vias públicas, o restante, 20%, é utilizado em outros tipos de construções.

A importância do setor de agregados para a sociedade destaca-se por estar diretamente ligado à qualidade de vida da população tais como: a construção de moradias, a construção de silos e armazéns para os programas de abastecimento voltados para alimentação, saúde e saneamento básico, onde estão incluídos (os sistemas de captação, adução, tratamento e distribuição de água e esgoto), educação, transporte (pavimentação e construção de rodovias, vias públicas, ferrovias, hidrovias, portos, aeroportos, pontes, viadutos, pátios e estações) entre outros (FERREIRA e SILVA, 2004).

Segundo a ANEPAC (2008) dividindo o consumo anual de agregados pela população do Brasil estima-se que o consumo de agregados esteja um pouco acima de 2t/hab/ano. Esta quantidade é bem inferior ao que consome um cidadão americano que está em torno de 9t/ano, ou de um cidadão do Canadá que consome às 13t/ano. Na Europa Ocidental o consumo *per capita* varia entre 5t/hab/ano e 8 t/hab/ano.

No Brasil, em 2002 produziu-se 156,4 milhões de toneladas de pedra britada, deste total, 30% foram empregados na construção e manutenção de vias públicas, o restante, 70%, utilizados em associação com o cimento, tendo-se: concreto (35%), pré-fabricados (15%), revenda (lojas de construção e depósitos) para o consumidor final (10%) e outros segmentos como cascalhamento, enrocamento, gabiões, lastro de ferrovia, contenção de taludes, etc., respondem pelos restantes 10%.

As rochas brasileiras extraídas em pedreiras por desmonte com explosivos e usadas para brita são granito e gnaisses (85%), calcário e dolomito (10%), basalto e diabásios (5%). Estas necessitam de operações unitárias de decapeamento, cominuição e classificação granulométrica, onde após o processo de cominuição, normalmente feito em três etapas são obtidos vários produtos e subprodutos, tais como: pó de pedra, areia artificial, brita 1, brita 2, brita 3, brita corrida e pedra de mão (FERREIRA; SILVA, 2004).

Segundo Maciel Filho (1997) o estudo das propriedades da rocha é justificado, pois seu conhecimento possibilita a utilização daquelas que se tem à disposição, da melhor maneira possível, diminuindo o custo da obra e não conduzindo a erros que possam comprometê-la.

Tendo conhecimento das diferentes conformações que os agregados podem tomar, dependentes principalmente da geologia local e dos meios de produção, este trabalho busca comparar e classificar os agregados estudados em seu melhor emprego, segundo suas características tecnológicas analisadas laboratorialmente, bem como seu enquadramento de parâmetros para aplicações em engenharia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Definição

De acordo com a norma ABNT NBR 9935/2005, que determina a terminologia dos agregados, o termo agregado é definido como: material sem forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para produção de argamassas e de concreto.

Para Petrucci (1998) agregado é um material granular, sem forma e volumes definidos, geralmente inertes, de dimensões e propriedades adequadas para o uso em obras de engenharia. Sua aplicação é variada. Servem para lastro de vias férreas, bases para calçamento, são adicionadas aos solos que constituem a pista de rolamento das estradas, entram na composição de material para revestimentos betuminosos e são, finalmente, utilizados como material granuloso e inerte na produção de argamassas e concreto. O mesmo autor também define agregado como o material particulado, não coesivo, de atividade química praticamente nula, constituindo de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos. Os agregados classificam-se segundo a sua origem, as dimensões das partículas e o peso específico aparente.

Woods (1960) define agregado como sendo uma mistura de pedregulho, areia, pedra britada, escória ou outros materiais minerais usada em combinação com um ligante para formar um concreto, uma argamassa etc.

Segundo Senço (1997) agregados são materiais inertes, granulares, sem forma e dimensões definidas, com propriedades adequadas a compor camadas ou misturas para utilização nos mais diversos tipos de obra. Seu emprego no ponto de vista da engenharia, em especial, os serviços de pavimentação, o uso dos agregados são destinados a misturas betuminosas, concreto de cimento, bases de calçamento, lastros de obras e outros.

Segundo Bauer (1995) “agregado é um material particulado incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos”.

2.2 Características tecnológicas

As propriedades dos materiais rochosos que interessam para o seu emprego numa obra são chamadas de propriedades de engenharia ou de construção ou tecnológicas. É usual, entretanto, adotar a designação tecnológicas para as propriedades da rocha de interesse à construção civil, embora o termo seja muitas vezes utilizado para aquelas originadas por processamentos industriais efetuados sobre um material para torná-lo adequado ao uso. A rocha se enquadra nesse caso quando passa por britagem ou por outro tipo de beneficiamento para tornar-se adequada ao uso, por exemplo, como agregados ou como peças de revestimento (FRAZÃO, 2002).

2.3 Agregados britados

As características físicas dos agregados como resistência, abrasão e dureza são determinadas pela rocha de origem. Entretanto, o processo de produção nas pedreiras pode afetar significativamente a qualidade dos agregados, pela eliminação das camadas mais fracas da rocha e pelo efeito da britagem na forma da partícula e na graduação do agregado (Marques, 2001).

O propósito básico da exploração de uma pedreira e uma unidade de britagem é o desmonte da rocha sã por meio de explosivos e, utilizando uma série de britadores e outras unidades, reduzir o material de modo a produzir os agregados utilizáveis na construção civil.

Durante a operação de britagem é essencial que as propriedades do produto final sejam homogêneas. Quando a rocha é removida de várias localizações na pedreira, as propriedades físicas dos agregados podem variar substancialmente. O controle de qualidade durante as operações de britagem deve assegurar que as propriedades físicas dos agregados não variem excessivamente. O ideal é que a quantidade de material que alimenta as operações de britagem seja aproximadamente constante. O aumento da vazão de fluxo de material nos britadores, normalmente resulta em mais transbordamento de agregado mais fino sobre as peneiras. Esse excesso resulta em um estoque de material mais fino.

2.4 Britadores

Além do tipo de rocha de origem, a forma do agregado depende também do seu processo de britagem e do tipo de britador utilizado. Os britadores mais comuns são os de mandíbula para britagens primárias de granulometrias maiores, e de cone, para britagens adicionais que geram britas de menor graduação.

Segundo Bernucci *et al.* (2006), os britadores são definidos de acordo com o mecanismo de redução empregados, podendo estes ser de impacto, desgaste por atrito, cisalhamento e compressão. O mesmo autor qualifica cada tipo de britador:

O impacto se refere à colisão instantânea de um objeto contra outro. A maioria dos britadores usa o impacto como um dos mecanismos para redução de tamanho, conforme a Figura 1. O impacto pode ser por gravidade ou dinâmico.

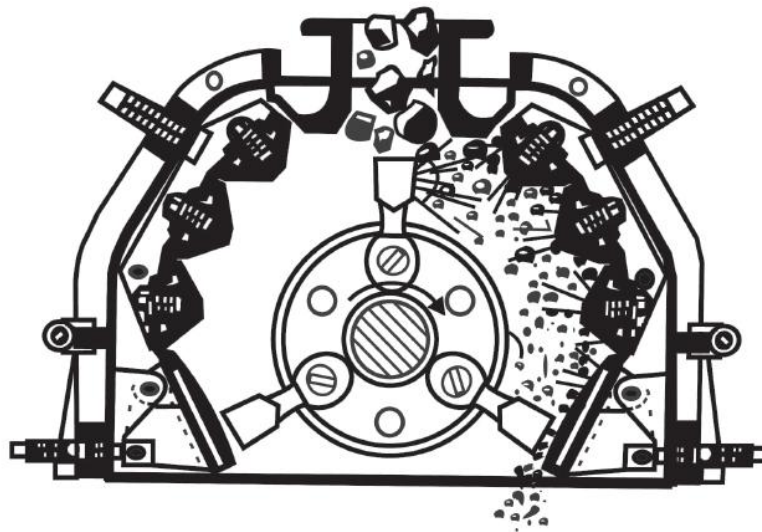


Figura 1 – Redução mecânica por impacto

Fonte: Bernucci *et al.*, 2006.

No desgaste por atrito ocorre a trituração do material por uma ação de desgaste entre duas superfícies duras, como pode ser visto na Figura 2. Os martelos de triturar, os britadores giratórios e os de cone usam esse tipo de método de redução.

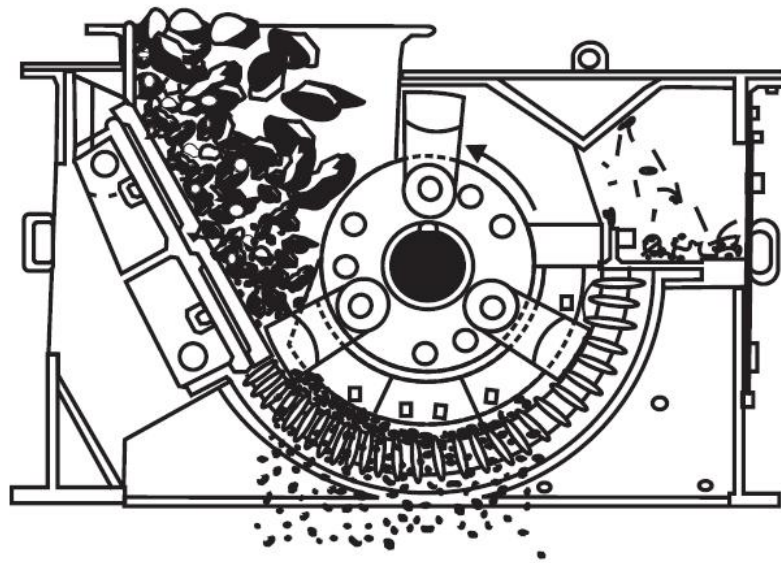


Figura 2 – Redução mecânica combinando impacto e desgaste por atrito

Fonte: Bernucci et.al., 2006.

O cisalhamento ocorre pela ação de um aparador ou talhador tal como aquele produzido por um simples rolo triturador, de acordo com a Figura 3. É normalmente usado em combinação com impacto e compressão.

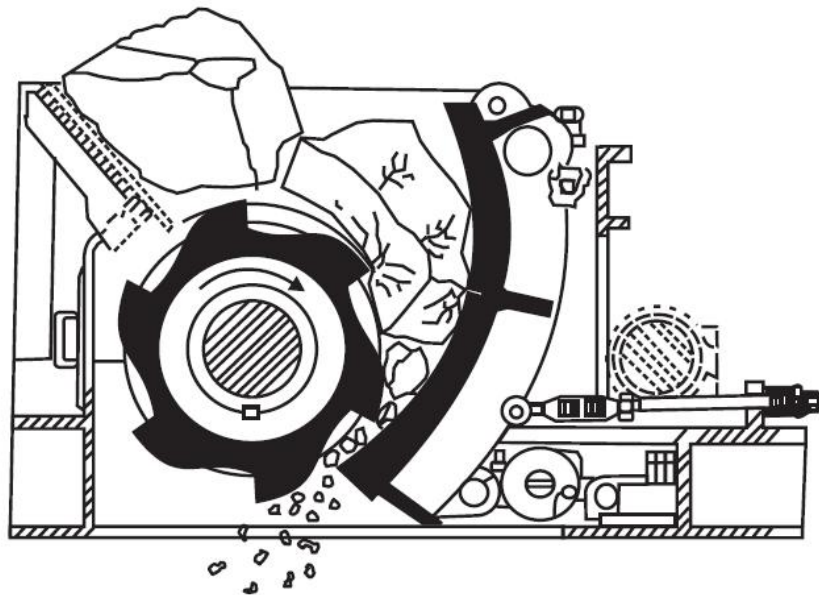


Figura 3 – Redução mecânica combinando impacto, cisalhamento e compressão

Fonte: Bernucci et.al., 2006.

A compressão refere-se à redução mecânica por forças compressivas entre duas superfícies. Britadores de mandíbula usando compressão são os mais efetivos sistemas para

reduzir o tamanho de partículas maiores de rochas muito duras e abrasivas (Figura 4). O tipo de rocha a ser processada tem uma influência significativa na escolha do equipamento de britagem a ser usado.

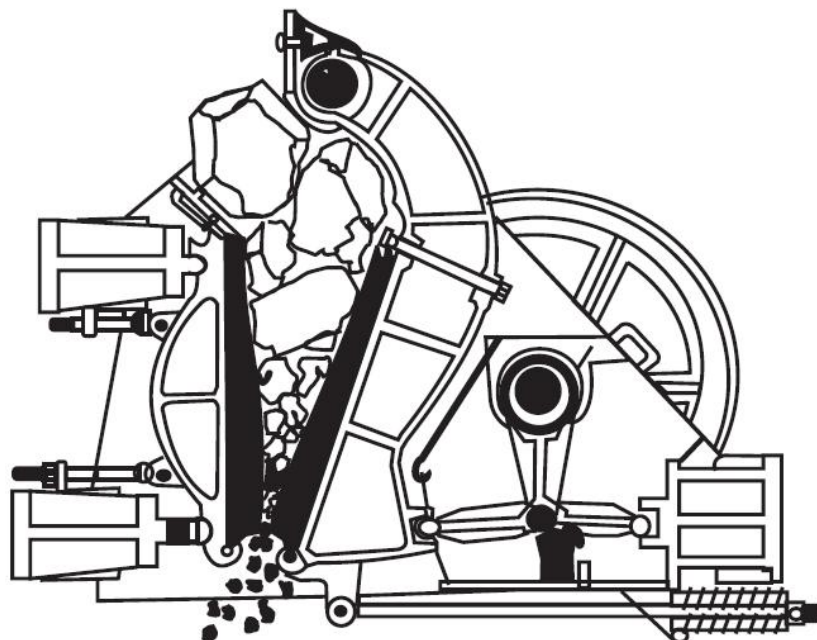


Figura 4 – Redução mecânica combinando por compressão em um britador de mandíbula que brita sem atrito

Fonte: Bernucci et.al., 2006.

2.5 Agregado para concreto

Segundo o Portal do Concreto (2008) agregados são materiais que, no início do desenvolvimento do concreto, eram adicionados à massa de cimento e água, para dar-lhe “corpo”, tornando-a mais econômica. Hoje eles representam cerca de oitenta por cento da massa do concreto e sabemos que além de sua influência benéfica quanto à retração e à resistência, o tamanho, a densidade e a forma dos seus grãos podem definir várias das características desejadas em um concreto.

Os agregados, dentro desta filosofia de custo-benefício, devem ter uma curva granulométrica variada e devem ser provenientes de jazidas próximas ao local da dosagem. Isto implica em uma regionalização nos tipos de pedras britadas, areias e seixos que podem fazer parte da composição do traço (PORTAL DO CONCRETO, 2008).

Segundo Isaia (1988) os agregados possuem três finalidades básicas para serem utilizados na composição dos concretos: Transmitir as tensões aplicadas ao concreto através de seus grãos, que possuem uma resistência à compressão oscilando de 100 a 250MPa, geralmente maiores que o do concreto; diminuir os efeitos da variação volumétrica, devido a retração de pasta (argamassa), pela formação de um esqueleto rígido, dentro do concreto; diminuir o custo do concreto, por esse ser geralmente componente mais barato da mistura.

Os agregados ocupam pelo menos três quartos do volume do concreto (NEVILLE, 1997).

Para exercer adequadamente suas funções no concreto, os agregados devem apresentar (FRAZÃO; PARAGUASSU, 1998):

- a) distribuição granulométrica tal que permita uma boa compacidade do concreto, pela obtenção de uma massa com o menor índice de vazios possível, propiciando economia de cimento e água, sem prejudicar uma eficiente ligação entre as partículas;
- b) forma das partículas a mais equidimensional possível, para permitir boa trabalhabilidade, boa compacidade e alta resistência do concreto a esforços solicitantes;
- c) adequada resistência mecânica, para suportar as solicitações físicas durante a preparação do concreto e aos esforços solicitantes sobre o concreto endurecido quando aplicado em obra;
- d) adequada composição mineralógica, para satisfazer as condições químicas durante a cura do concreto e suportar as ações químicas externas;
- e) ausência de impurezas que possam empobrecer a qualidade do concreto e interferir no seu desempenho posterior; e
- f) propriedades térmicas dentro de limites que não afetem o concreto durante seu endurecimento e não lhe causem anisotropias físicas nefastas.

Bauer (1995) diz que os agregados classificam-se de três formas:

- Segundo a origem: Naturais: os que já se encontram em forma particulada na natureza como a areia e o cascalho; Industrializados: os que têm sua composição particulada obtida por processos industriais.

- Segundo as dimensões das partículas: Miúdos, como a areia; Graúdos, cascalhos e britas.
- Segundo o peso específico aparente: Leves, médios e pesados.

Para os agregados graúdos, Isaia (1988) cita que os aspectos importantes são relacionados à forma dos agregados. Quanto menos lamelares forem os grãos dos agregados, menor será o índice de forma e menor será o teor de vazios, logo a quantidade de argamassa para preenchê-los será menor, assim como também a quantidade total de água será menor, tornando o concreto mais barato por consumir menos cimento com a mesma consistência e resistência.

Além disso Isaia (1988) menciona outros fatores importantes, como o teor de material pulverulento que deve ser o mínimo possível, pois sua presença aumenta a superfície específica e assim o consumo de água e cimento e por consequência o custo do concreto. A dimensão máxima característica do agregado definida pela porcentagem retida acumulada nas peneiras, deve seguir uma proporção que leve em conta a distância entre as faces das formas, espessura da laje e a menor distância e armaduras.

2.6 Agregado para pavimentação

Podemos definir pavimento como uma estrutura formada por múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, capazes de suportar a ação danosa do tráfego e do meio ambiente, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, como conforto, economia e segurança. O desempenho de um pavimento é condicionado por um complexo conjunto de fatores, dentre eles as propriedades físicas e mecânicas das camadas que o constituem (SPECHT, 2004).

Os agregados representam a maior parcela constituinte de um pavimento; nos revestimentos asfálticos chegam a valores superiores a 90% em peso do conjunto asfalto agregado. Logo, as propriedades dos agregados utilizados nas misturas asfálticas preparadas a quente são muito importantes para o desempenho dos pavimentos (WESSELING, 2002).

Defeitos no pavimento, como desagregação e deformação permanente, podem estar diretamente relacionados à escolha inadequada dos agregados. Deste modo, é fundamental

que os agregados possuam propriedades geométricas físico-químicas e mecânicas adequadas e que garantam o bom desempenho do pavimento (WESSELING, 2002).

Como características desejáveis para uso em misturas betuminosas, os agregados devem apresentar (FRAZÃO; PARAGUASSU, 1998):

- a) boa tenacidade e boa resistência à abrasão, para superar as solicitações de desgaste promovidas pelo avanço das rodas dos veículos;
- b) boa resistência à compressão, para suportar o peso dos veículos e distribuir os esforços para as camadas inferiores do pavimento;
- c) baixa alterabilidade, para a qual concorrem baixo coeficiente de expansão por eventual presença de argilominerais expansivos ou por ação de calor, para resistir às ações intempéricas;
- d) boa adesividade a ligantes betuminosos, isto é, serem constituídos de minerais com características físico-químicas tais que garantam boa adesão ao betume; e
- e) forma dos fragmentos a mais equidimensional possível, para diminuir o consumo do ligante e resistir melhor às solicitações mecânicas de impacto ou compressão.

Segundo o DNER (1996) os agregados usados em pavimentação podem ser classificados segundo a natureza, tamanho e distribuição dos grãos (Figura 5).

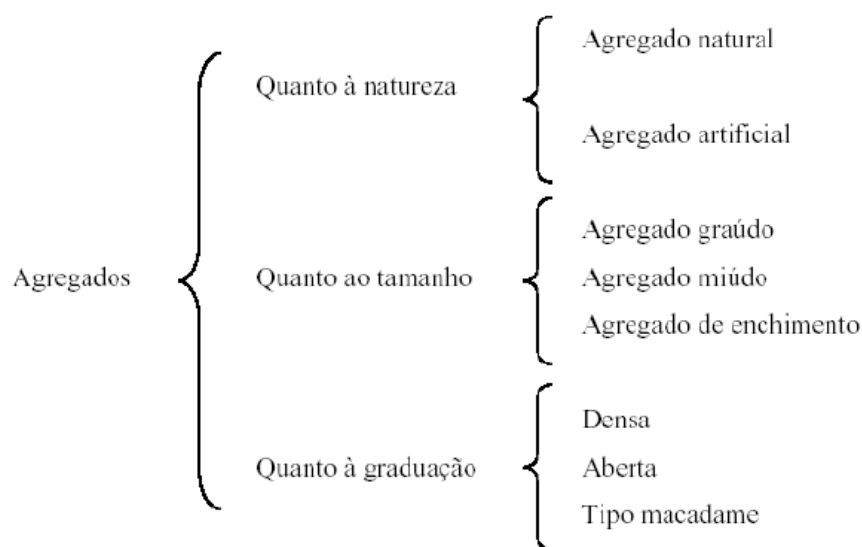


Figura 5 - Classificação dos agregados para pavimentação

Fonte: DNER (1996).

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação do estudo

Este é um estudo laboratorial de ordem quantitativa, uma vez que serão feitos ensaios comparando seus resultados entre as diversas fontes de material e descritiva, no sentido que irá caracterizar as unidades de britagem em estudo.

3.2 Planejamento da pesquisa

A presente pesquisa teve seu início a partir do estudo teórico dos usos e conceitos de agregados, especialmente nas áreas de concreto e de pavimentação.

Paralelo ao estudo bibliográfico foi criado um plano de visita e coleta de material das pedreiras que foram estudadas, neste planejamento foi feito um questionário, que foi entregue para ser preenchido pelos responsáveis técnicos e/ou proprietários das pedreiras. O questionário respondeu questões como:

- intervalo entre detonações;
- tipo e período de uso do(s) britador(es);
- intervalo entre manutenções do(s) britador(es);
- granulometrias produzidos e volume médio diário produzido;
- principais consumidores;
- granulometria mais consumida.

Concluída a etapa de coleta de material e informação sobre as pedreiras, foi iniciada a parte de estudo laboratorial da pesquisa, onde foram realizados os ensaios, tais ensaios foram feitos no LEC – Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUÍ, e no LAPAV – Laboratório de Pavimentação da UFRGS. Estes ensaios foram normatizados e realizados sob a supervisão de laboratoristas dos respectivos laboratórios mencionados. Segue abaixo a lista de ensaios que foram realizados para a execução deste trabalho:

- análise granulométrica (DNER – ME083/98);
- índice de lamelalidade (ASTM D 4791 e DAER/RS-EL 108/01);

- índice de abrasão “Los Angeles” (DNER ME 035/98);
- determinação da massa específica aparente em estado solto (DAER/RS-EL 107/01);
- determinação da absorção e da massa específica (DNER – ME 195/97);
- determinação da massa específica real dos grãos (DAER/RS EL 010/01);

Tendo em mãos os dados das entrevistas e dos ensaios laboratoriais, fez-se a comparação dos dados como produção e consumidores, bem como dados obtidos nos ensaios, como granulometrias e índices de abrasão e lamelaridade. Também nesta etapa foram comparados os resultados dos ensaios laboratoriais com os dados obtidos em normas ABNT, dos departamentos de transporte como DNIT e DAER e literárias como a de Bauer (1995), enquadrando ou não o material de acordo com cada classificação literária ou normativa.

3.3 Local de estudo

A região de estudo compreende a região noroeste do Rio Grande do Sul. A formação geológica é basicamente composta de rochas vulcânicas do período mesozóico, de composição básica, e que compõem a Formação Serra Geral. A Figura 6 traz a localização geográfica e geológica da região que será estudada:

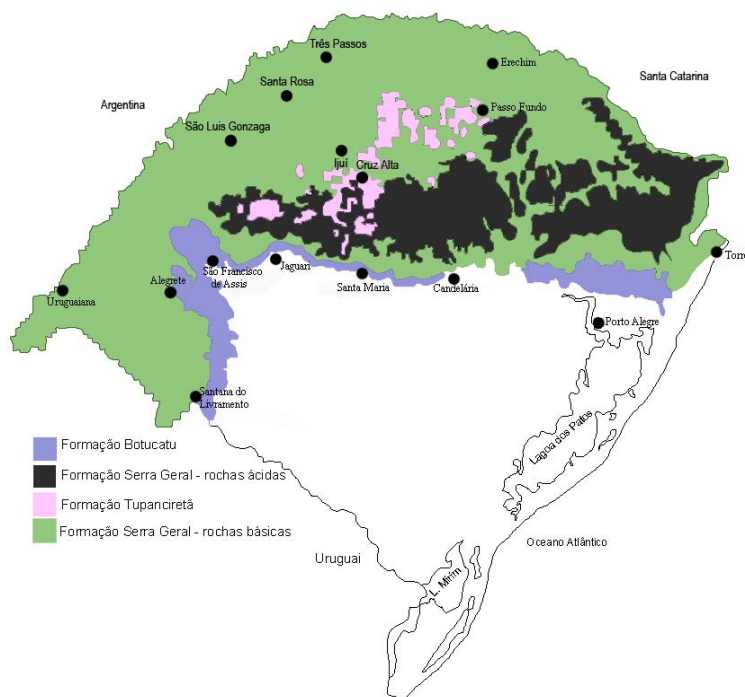


Figura 6 – Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul

Fonte: IBGE (2008)

Partindo do conhecimento geológico da região, foram estudados agregados fornecidos por 5 pedreiras, de diferentes cidades da região, sendo elas Ijuí, Santo Ângelo, Santa Rosa e Cerro Largo, localizadas na Figura 7.

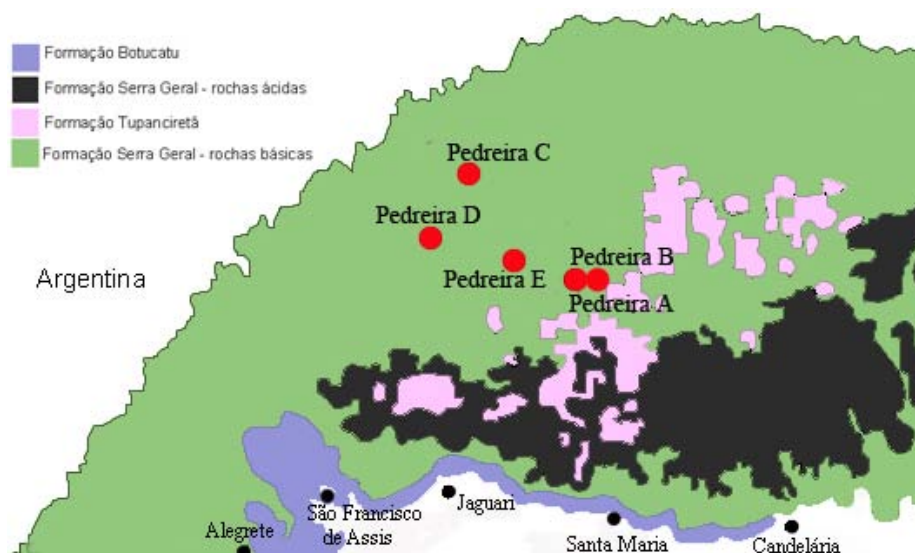


Figura 7 – Mapa geológico da região de estudo
Fonte: IBGE (2008)

3.4 Ensaios

3.4.1 Análise granulométrica

Define-se granulometria como a distribuição das partículas de um dado agregado segundo as dimensões destas partículas. A granulometria será obtida por peneiramento, que consiste em separar uma mistura de partículas de diversos tamanhos em duas ou mais porções, cada uma delas mais uniformes em tamanho que a mistura original.

Este ensaio seguirá regulamentação da norma do DNER – ME083 de 1998. E dos resultados finais, serão obtidos os dados:

- Dimensão máxima característica do agregado – abertura da peneira em que ficar retida, acumulada, uma porcentagem do agregado igual ou imediatamente inferior a 5% em massa;

- Módulo de finura do agregado – soma das porcentagens acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal divididas por 100;
- Materiais pulverulentos – partículas minerais com dimensão inferior a 0,075mm, incluindo os materiais solúveis em água presentes nos agregados.

Os resultados são obtidos através das seguintes análises:

- somam-se as massas retidas em cada peneira e compara-se este total com a massa inicial da amostra seca; havendo diferença superior a 0,5%, repetir o ensaio;
- porcentagem da amostra total seca retida em cada peneira - com a massa retida em cada uma das peneiras, calcular a porcentagem em relação à massa da amostra total seca;
- porcentagem acumulada de material seco em cada peneira – obtém-se tal dado somando-se a porcentagem retida na peneira com as porcentagens retidas nas peneira de aberturas maiores;
- porcentagem de material seco passando em cada peneira – obtido subtraindo-se de 100% a porcentagem acumulada em cada peneira.

3.4.2 Índice de lamelaridade

Lamelaridade pode ser definida como um parâmetro de forma, que visa determinar se as partículas são alongadas (lamelares) ou não. Admitindo que o agregado seja uma partícula tridimensional, com medidas de tamanho nos três eixos, tendo largura, altura e comprimento, sendo a razão entre comprimento e largura ou largura por espessura, o valor do índice de lamelaridade.

O ensaio que visa determinar o índice de lamelaridade e que será empregado neste estudo é normatizado pela norma do DAER/RS-EL 108 de 2001, e faz uso dos seguintes materiais:

- a) conjunto de peneiras, 2 1/2” (63,5mm), 2” (50,8mm), 1 1/2” (38,1mm) ,1” (25,4mm), 3/4” (19,1mm), 1/2” (12,7mm), 3/8” (9,52mm), 1/4” (6,35mm);
- b) balança com capacidade de 5kg, sensível a 0,1g;
- c) placa de lamelaridade de agregados, similar a da Figura 8:

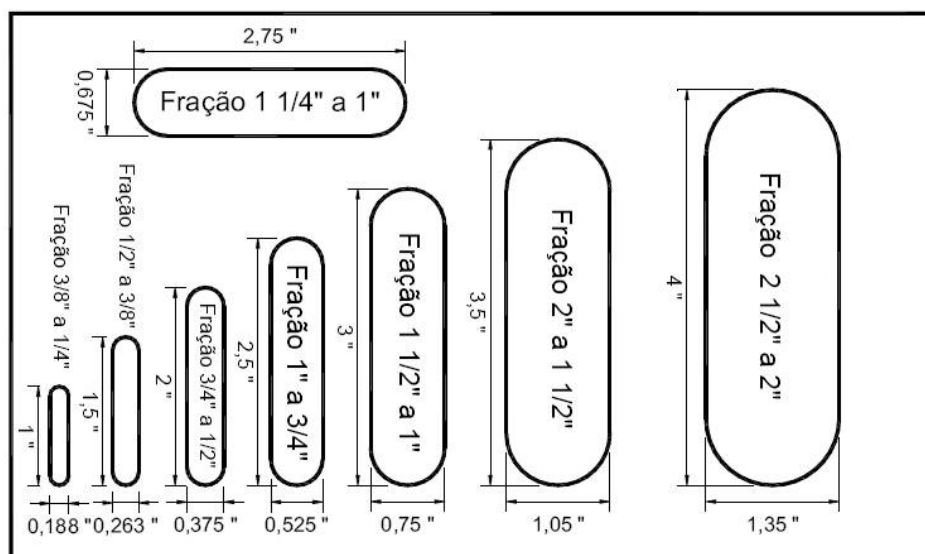


Figura 8 - Placa de lamelaridade de agregados
Fonte: DAER/RS (2001a).

Segundo estabelecido pelo DAER/RS, a amostra deve ser retirada da granulometria até a peneira 1/4" (6,35mm), a partir das frações retidas, separadamente guardadas.

Cada fração deve ter um mínimo de 200 partículas. Quando as frações tiverem mais de 200 partículas, devem ser quarteadas até atingirem esta quantidade. Para quando tiverem menos de 200 partículas, obter o restante por quarteamento a partir da amostra original.

Os resultados serão obtidos pelas seguintes análises:

- obtêm-se a “% das frações” calculando a diferença entre a “% que passa” da fração anterior e da presente fração;
- obtêm-se o “índice de lamelaridade de cada fração” dividindo o “peso do material que passa de cada fração” pelo “peso da fração”. Expressar o valor em porcentagem, multiplicando por 100;
- obtêm-se o “índice de lamelaridade ponderado de cada fração” multiplicando a porcentagem de cada fração pelo seu índice de lamelaridade;
- obtêm-se o “índice de lamelaridade do agregado” dividindo o somatório dos “índices de lamelaridade ponderados das frações” pelo somatório das “% das frações”.

3.4.3 Índice de abrasão “Los Angeles”

Segundo a norma do DNER ME 035 de 1998, define-se a abrasão “Los Angeles” de agregado como: o desgaste sofrido pelo agregado, quando colocado na máquina “Los Angeles” juntamente com uma carga abrasiva, submetido a um determinado número de revoluções desta máquina à velocidade de 30 rpm a 33 rpm.

O ensaio e os resultados aqui descritos foram realizados no LAPAV – Laboratório de Pavimentação da UFRGS, sob orientação e supervisão dos laboratoristas do mesmo.

O desgaste é convencionalmente expresso pela porcentagem, em peso, do material que passa, após o ensaio, pela peneira de malhas quadradas de 1,7mm (ABNT n° 12).

O ensaio realizado para determinação do índice de resistência à abrasão foi o ensaio de abrasão “Los Angeles”. Nesse ensaio uma amostra de agregado de cerca de 5.000g é submetida a 500 ou 1.000 revoluções no interior do cilindro de um equipamento padronizado (Figura 9). Um número variado de esferas de aço, conforme a granulometria da amostra, é adicionado no cilindro (Tabela 1), induzindo impactos nas partículas durante as suas revoluções. O resultado é avaliado pela redução de massa dos agregados retidos na peneira e n° 12 (1,7mm) em relação à massa inicial da amostra especificada, conforme a expressão:

$$A_n = \frac{m_n - m'_n}{m_n} \times 100$$

Onde:

A_n = abrasão “Los Angeles” da graduação n, com aproximação de 1%;

n = graduação escolhida para o ensaio;

m_n = massa total da amostra seca, colocada na máquina;

m'_n = massa da amostra lavada e seca, após o ensaio (retida na peneira de 1,7mm).

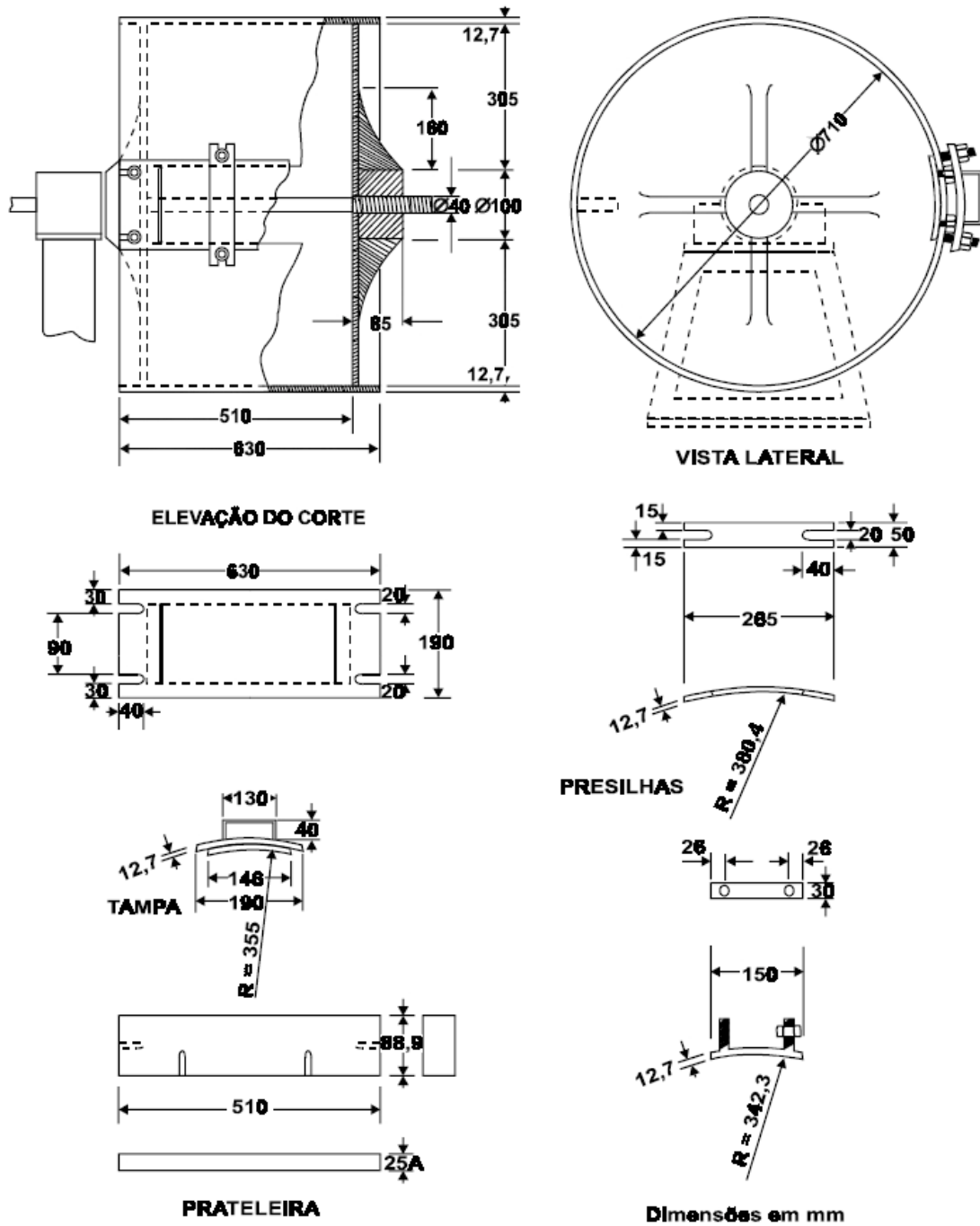


Figura 9 - Máquina "Los Angeles"

Fonte: DNER (1998).

Tabela 1 - Graduação para ensaio de abrasão

Fonte: DNER (1998).

Peneiras Abertura em mm		Amostra - massa parcial em gramas						
Passando em	Retido em	Grad. A	Grad. B	Grad. C	Grad. D	Grad. E	Grad. F	Grad. G
76	63	—	—	—	—	2500 ± 50	—	—
63	50	—	—	—	—	2500 ± 50	—	—
50	38	—	—	—	—	5000 ± 50	5000 ± 50	—
38	25	1250 ± 25	—	—	—	—	5000 ± 25	5000 ± 25
25	19	1250 ± 25	—	—	—	—	—	5000 ± 25
19	12,5	1250 ± 10	2500 ± 10	—	—	—	—	—
12,5	9,5	1250 ± 10	2500 ± 10	—	—	—	—	—
9,5	6,3	—	—	2500 ± 10	—	—	—	—
6,3	4,8	—	—	2500 ± 10	—	—	—	—
4,8	2,4	—	—	—	5000 ± 10	—	—	—
Massas totais em gramas		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	10000 ± 100	10000 ± 75	10000 ± 50
Nº de rotações do tambor		500	500	500	500	1000	1000	1000

3.4.4 Determinação da massa específica aparente em estado solto (agregado graúdo e miúdo)

A NBR 7251 da ABNT propõe a determinação da massa específica aparente em estado solto ou massa unitária do agregado em um recipiente em forma de paralelepípedo de material metálico, sendo a amostra ali colocada sem qualquer adensamento (estado solto). Procurou-se assim reproduzir a situação da obra, onde o agregado é depositado em seu meio de transporte sem nenhum adensamento. O conhecimento da massa específica aparente em estado solto é de grande importância, pois é por meio dela que se fazem os cálculos de consumo e volume de agregado.

A norma do DAER/RS EL 107 de 2001 determina o modo pelo qual se determina a massa específica aparente do agregado em estado solto, também conhecida como massa unitária.

Os equipamentos necessários para o ensaio são descritos abaixo:

- a) recipiente metálico em forma de paralelepípedo, com espessura adequada de modo a torná-lo indeformável. As dimensões estão indicadas na Tabela 2;
- b) balança com capacidade de 50 kg, sensível a 10 g;
- c) balança com capacidade de 20 kg, sensível a 1 g;
- d) estufa elétrica capaz de manter a temperatura entre 105 °C e 110 °C;
- e) placa de vidro com dimensões superiores as do recipiente;
- f) régua metálica para rasar o material fino no recipiente;
- g) concha metálica;
- h) pá côncava.

Tabela 2 - Dimensões do recipiente em função do diâmetro máximo do agregado

Diâmetro Máximo	Dim. Mínimas (mm)		Volume Mínimo (dm ³)	Quantidade
	Base	Altura		
≤ n° 4 (4,76 mm)	316 x 316	150	15	O dobro do volume do recipiente
> n° 4 (4,76 mm) ≤ 2" (50,8 mm)	316 x 316	200	20	
> 2" (50,8 mm)	447 x 447	300	60	

O ensaio consiste em colocar o recipiente sobre uma superfície plana e lisa. Encher o recipiente utilizando concha ou pá, lançando o agregado a uma altura de 10 cm do topo do recipiente. Regulariza-se a superfície. No caso de agregado miúdo, utilizar uma régua. Para agregado graúdo regularizar a superfície de modo a compensar as saliências e reentrâncias, colocando ou retirando manualmente partículas de agregado. Pesa-se o recipiente com o agregado, com aproximação de 1 g e anotar na folha de ensaio como “peso do recipiente + agregado”. Esvazia-se o recipiente e utilizando a mesma amostra, repete-se o procedimento, as duas repetições não devem apresentar diferença superior a 1% do valor do “peso do agregado solto”, caso seja superior, repetem-se as determinações até atingir tal tolerância.

Obtêm-se o “peso do agregado solto” pela diferença entre o “peso do recipiente + agregado” e o “peso do recipiente”. Obtêm-se o “peso médio do agregado solto” calculando a média das duas determinações. Determina-se a “massa específica aparente solta” dividindo o “peso médio do agregado solto” pelo “volume do recipiente”, este valor é dado em kg/dm³, com aproximação de 0,001 kg/dm³.

3.4.5 Determinação da massa específica dos grãos e absorção (agregado graúdo)

Segundo o site da Pattral Pavimentos (2008), massa específica corresponde à relação entre a massa e o volume do corpo; o peso específico, à relação entre o peso e o volume. Eles têm o mesmo valor numérico e são medidos em g/cm^3 e kN/m^3 .

Para Pinto (2002), relações entre quantidade de matéria (massa) e volume são denominadas massas específicas, e expressas geralmente em ton/m^3 , kg/dm^3 ou g/cm^3 .

De acordo com o Manual de Asfalto (1989), a massa específica aparente considera o volume total das partículas de agregado, inclusive os poros preenchidos pela água após embebição de 24 horas.

A massa específica aparente, em g/cm^3 , é determinada quando se considera o material como um todo (forma aparente), sem descontar os vazios. É determinada dividindo-se a massa seca pelo volume aparente do agregado, que inclui o volume de agregado sólido mais o volume dos poros superficiais contendo água. É medida quando o agregado está na condição superfície saturada seca (SSS). Esta condição em laboratório é obtida por remoção cuidados manual da água da superfície dos agregados com o uso de um tecido absorvente.

A norma do DNER – ME 195 de 1997 traz as seguintes definições:

- **Absorção:** aumento da massa do agregado, devido ao preenchimento dos seus poros por água, expresso como porcentagem de sua massa seca.
- **Massa específica na condição seca:** relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluídos os vazios permeáveis.
- **Massa específica na condição saturada superfície seca (SSS):** relação entre a massa do agregado na condição saturada superfície seca e o seu volume, excluídos os vazios permeáveis.
- **Vazios permeáveis:** descontinuidades ligadas diretamente à superfície externa do agregado que, na condição saturada superfície seca, são passíveis de reter água.

A norma do DAER/RS EL 105 de 2001, especifica o modo pelo qual se determina a massa específica aparente de agregado graúdo, retido na peneira nº 4 (4,76mm).

Os passos para realização são descritos abaixo:

- Lava-se na peneira nº 4 (4,76mm) e secar em estufa a uma temperatura entre 105°C e 110°C uma porção suficiente de amostra tomada por quarteamento que permita obter as quantidades especificadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Quantidade e material

Fonte: DAER (2001b)

Diâmetro máximo	Quantidade de material (kg)	Número de amostras
2" (50,80 mm)	8,0	2
1 1/2" (38,10 mm)	5,0	2
1" (25,4 mm)	4,0	2
3/4" (19,10 mm)	3,0	2
1/2" (12,70 mm) ou menor	2,0	2

- Lava-se novamente a amostra na peneira nº 4 (4,76mm) a fim de retirar o material fino ainda aderente e em seguida colocá-la em imersão numa tigela com água à temperatura ambiente durante 24 horas.

- Após o período de imersão retira-se a amostra da água e enxuga-se com uma toalha de forma a remover somente a água superficial. Os grãos de maiores dimensões podem ser enxutos separadamente. Deve-se evitar, durante o enxugamento, que se evapore a água absorvida.

- Imediatamente após o enxugamento pesa-se a amostra saturada e superficialmente seca, com aproximação de 0,1g. Anota-se na folha de ensaio como “peso úmido”.

- Coloca-se o cesto vazio imerso no tanque com água, pesá-lo e anotar como “tara do recipiente”.

- Coloca-se a amostra saturada no cesto imerso no tanque com água, pesa-se e anota-se como “peso do recipiente cheio”.

- Retira-se a amostra do cesto, deve-se secá-la na estufa a uma temperatura entre 105°C e 110°C, até a constância de peso, pesa-se a amostra e anota-se como “peso seco”.

Determina-se o “peso imerso” calculando a diferença entre o “peso do recipiente cheio” e a “tara do recipiente”.

Determina-se a “massa específica aparente (MEA)” através da fórmula:

$$MEA = \frac{Ps}{Ph - Pi}$$

Onde:

Ps = peso do agregado seco, em g;

Ph = peso do agregado saturado com superfície seca, em g;

Pi = peso do agregado imerso na água após 24 h, em g;

MEA = massa específica aparente, em g/cm³.

O valor da absorção é dado pela expressão:

$$a = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Onde:

a = absorção do agregado, em porcentagem;

A = massa do agregado seco, em kg ou g;

B = massa do agregado na condição saturada superfície seca, em kg ou em g;

C = leitura correspondente ao agregado imerso em água, em kg ou g.

3.4.6 Determinação da massa específica real dos grãos (agregado miúdo)

Para determinação da massa específica real dos grãos foi utilizada o método do picnômetro.

Segundo a Wikipédia (2008), o picnômetro é um pequeno frasco de vidro construído cuidadosamente de forma que o seu volume seja invariável. Ele possui uma abertura suficientemente larga e tampa muito bem esmerilhada, provida de um orifício capilar longitudinal. Muito utilizado para determinar a densidade de uma substância.

Este ensaio visa determinar a massa específica real dos grãos que passam na peneira n° 4 (7,6mm), por meio de picnômetro (DAER/RS EL 010/01).

O procedimento de ensaio segue a mesma rotina do normatizado para solos, por tratar-se da parte fina do agregado, tal rotina segue a seguir:

a) obtêm-se a umidade higroscópica do material a partir da separação de 100g da amostra inicial;

b) obtêm-se, por quarteamento, aproximadamente 50g de amostra, se utilizado picnômetro de 500cm³. Caso seja utilizado picnômetro de 1.000cm³, tomar aproximadamente o dobro de material;

c) anota-se na folha de ensaio a quantidade de amostra tomada como “peso da amostra úmida”, com resolução de 0,01g;

d) coloca-se a amostra na cápsula de porcelana e adicionar a quantidade mínima de água destilada que garanta a total imersão do material. Deixar em imersão por um período mínimo de 12 horas;

e) após a imersão despejar o material com a água no copo de dispersão, remover todo o material que ainda permanecer na tigela com o auxílio da bisnaga ou bulbo;

f) adiciona-se água destilada até cerca de metade do volume do copo e dispersar durante 15 minutos;

g) transfere-se a amostra para o picnômetro, com auxílio de funil de vidro. Lava-se o copo de dispersão e o funil com água destilada para completa remoção do material, tomando-se a precaução, de evitar a perda do mesmo ou a aderência nas paredes do picnômetro;

h) anota-se na folha de ensaio o número do picnômetro;

i) completa-se com água destilada até atingir aproximadamente metade do volume do picnômetro;

j) aplica-se vácuo de, no mínimo, 88kPa (66cm de Hg a 0°C) durante pelo menos 15 minutos;

k) completa-se o conteúdo do picnômetro com água destilada até 1cm abaixo da base do gargalo e aplicar novamente o vácuo durante 15 minutos;

l) deixa-se o picnômetro em repouso até que se equilibre com a temperatura do ambiente;

m) completa-se o picnômetro com água destilada até que a base do menisco coincida com a marca de referência. Utilizar o conta-gotas para maior precisão e enxugar a parte externa do picnômetro e a parte interna do gargalo acima do menisco;

n) pesa-se o picnômetro com a água e o material (com precisão de 0,01g) e anota-se este valor na folha de ensaio como “peso pic. + material + água”;

o) determina-se a temperatura do conteúdo do picnômetro com precisão de 0,5°C;

p) repete-se o procedimento com o picnômetro preenchido apenas com água, determinando assim o “peso do picnômetro + água”.

Determina-se a umidade higroscópica pela fórmula:

$$h = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Onde:

h = teor de umidade, em porcentagem;

P_h = peso do material seco;

P_s = peso do material seco em estufa a 105°C -110°C até constância de peso.

Fazer as pesagens com a aproximação de 0,01 g.

Determinar o peso seco do material pela fórmula:

$$P_s = P_H \times \frac{100}{100 + h}$$

Onde:

PS = peso do material seco;

PSH = peso do material úmido;

h = teor de umidade, em porcentagem;

Determinar a massa específica real através da fórmula:

$$\delta = \frac{P_{SS}}{P_{PA} + P_{SS} - P_{PSA}} \times \delta_T$$

Onde:

δ= massa específica real, em g/cm³.

PSS = peso do material seco, em g;

PPA = “peso picnômetro+água”, em g;

PPSA = “peso pic.+material+água”, em g;

δ_T = massa específica da água, na temperatura T de ensaio, obtida em tabela presente na norma.

De acordo com o DAER, consideram-se os ensaios satisfatórios quando os seus resultados não diferirem de mais que $0,02\text{g/cm}^3$, e o resultado final, média obtida de pelo menos dois ensaios considerados satisfatórios, deve ser expresso com três algarismos significativos, em g/cm^3 .

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos nos ensaios realizados para caracterizar as propriedades tecnológicas dos agregados estudados e da entrevista realizada nas pedreiras afim de caracterizar as unidades de britagem.

Os resultados serão organizados de acordo com a propriedade medida em cada ensaio; os resultados completos de todos os ensaios de todas as pedreiras estão apresentados nos Anexos A até E para as respectivas pedreiras.

4.1 Análise Granulométrica

A distribuição granulométrica assegura a estabilidade da camada de revestimento asfáltico e também do concreto, por estar relacionada ao entrosamento entre as partículas e o conseqüente atrito entre elas. O tamanho máximo do agregado e sua graduação são controlados por especificações que prescrevem a distribuição granulométrica a ser usada em uma determinada aplicação, como a espessura mínima de uma camada de pavimento ou o espaçamento das barras de armadura do concreto.

Para este estudo adotou-se a nomenclatura usual de comércio, usada nas pedreiras visitadas, nos estabelecimentos que comercializam o material e nas obras. Tal nomenclatura baseia-se em denominar as britas com pó de pedra, brita 0, brita 1, brita 2 e brita 3. O material passante na peneira 4 recebe o nome de pó de pedra, as britas 0, 1, 2 e 3 são os materiais retido respectivamente nas peneiras 4, 3/8", 3/4" e 1 1/2".

A principal deficiência que pode ser diagnosticada com este ensaio é a presença de granulometrias maiores em um dado material, ou a presença de muito material fino em uma amostra onde este deveria ser de menor quantidade. Tais deficiências podem ser ocasionadas principalmente pela proximidade de montes de graduações diferentes, que assim podem se misturar, contaminando o material; pode também ser causadas por falhas no sistema de peneiramento empregado, como peneiras com malhas gastas ou mal reguladas, ou ainda pela característica da brita extraída, que pode partir-se de forma mais lamelar e acabar

escorregando pelas aberturas das peneiras por onde deveria passar e assim acabando em montes de granulometrias maiores que a sua.

O ensaio de análise granulométrica foi realizado no LEC – Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUI, e os resultados das curvas granulométricas dos materiais estudados serão apresentados a seguir.

4.1.1 Pó de Pedra

A nomenclatura adotada define como pó de pedra, a brita que tem diâmetro máximo de 4,8 mm – passante na peneira 4.

O material “pó de pedra” foi fornecido pelas 5 pedreiras estudadas, e os resultados obtidos das determinações realizadas estão na Tabela 4, em porcentagens passantes, considerando a média das duas determinações.

Tabela 4 – Análise granulométrica – pó de pedra

PENEIRA	mm	Pedreira A (%)	Pedreira B (%)	Pedreira C (%)	Pedreira D (%)	Pedreira E (%)
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,7	100,00	100,00	99,95	100,00	100,00
3/8"	9,5	100,00	100,00	99,51	100,00	99,77
1/4"	6,35	99,91	99,90	98,61	100,00	97,18
n 4	4,76	96,04	97,37	87,24	94,22	90,56
n 8	2,38	48,36	73,68	70,55	72,27	56,98
n 16	1,2	24,92	52,74	58,70	54,97	36,95
n 30	0,59	16,71	38,44	47,75	44,49	24,14
n 50	0,297	12,07	26,33	37,39	35,46	16,67
n 100	0,149	9,03	16,53	17,64	26,86	11,13
n 200	0,074	5,65	8,28	8,82	13,07	5,67

A partir da tabela de porcentagens, podem-se traçar as curvas granulométricas do material, a Figura 10 demonstra tais curvas.

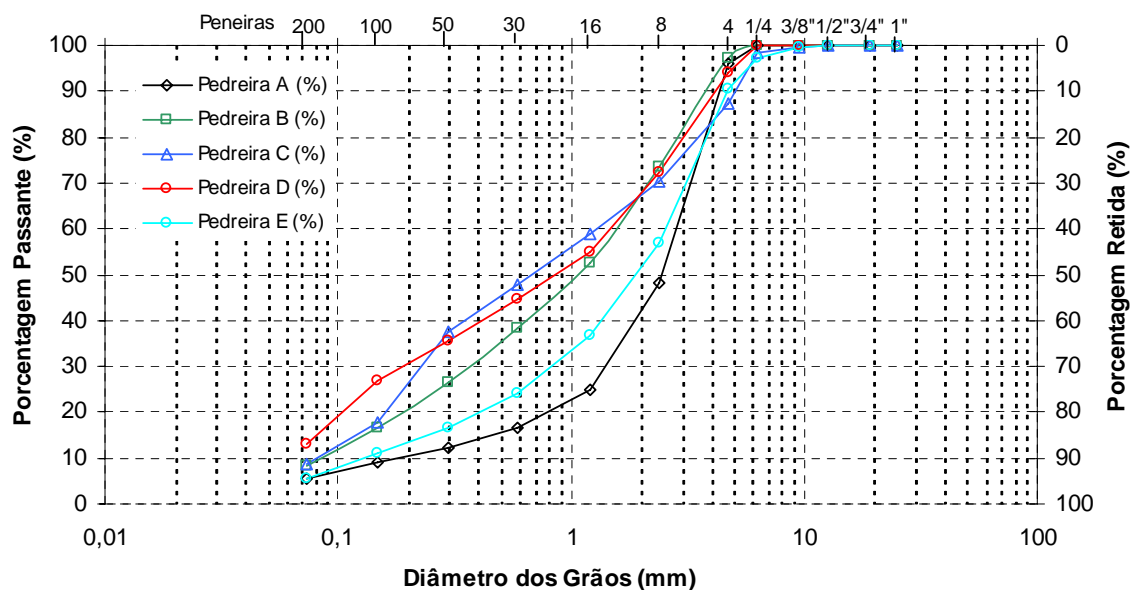


Figura 10 – Curvas granulométricas – pó de pedra

A metodologia estudada define como pó de pedra, a brita que tem diâmetro máximo de 4,8 mm – passante na peneira 4.

Os resultados mostram que as britas estudadas estão de acordo com a literatura, apresentando aproximadamente 4%, 3%, 13%, 6% e 10% de material de diâmetro maior que a peneira de referência, respectivamente para as pedreiras A, B, C, D e E.

A ocorrência de diâmetros maiores pode ser explicada por contaminações de montes próximos ou peneiras já gastas, que permitem a passagem de material de maior tamanho.

As pedreiras B, C e D apresentam curvas bastante semelhantes, mostrando um decréscimo constante conforme se diminui a abertura das peneiras, o que significa uma boa distribuição granulométrica. Já as pedreiras A e E têm uma grande disparidade em relação às outras, apresentam maioria de material retido entre as peneiras 8 e 16, criando uma deficiência de finos no produto final comercializado.

4.1.2 Brita 0

A brita 0 é definida pelo padrão adotado como a quantia passante na peneira 1/4" de abertura 6,35 mm, e retida na peneira 4" de abertura 4,76 mm.

Esta brita foi fornecida por todas as 5 pedreiras estudadas, e as determinações do ensaio de análise granulométrica originaram a Tabela 5, em porcentagens passantes, considerando a média das duas determinações.

Tabela 5 – Análise granulométrica – brita 0

PENEIRA	mm	Pedreira A (%)	Pedreira B (%)	Pedreira C (%)	Pedreira D (%)	Pedreira E (%)
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,7	100,00	100,00	99,88	98,88	99,50
3/8"	9,5	100,00	100,00	99,76	68,73	98,38
1/4"	6,35	27,18	51,63	71,28	25,72	62,51
n 4	4,76	4,57	4,18	39,55	6,62	11,17
n 8	2,38	0,66	0,34	6,57	1,68	1,05
n 16	1,2	0,60	0,28	2,13	1,34	0,91
n 30	0,59	0,57	0,26	1,55	1,21	0,85
n 50	0,297	0,55	0,24	1,36	1,12	0,81
n 100	0,149	0,53	0,21	1,18	0,94	0,76
n 200	0,074	0,49	0,18	0,77	0,76	0,59

A partir da Tabela 5, foram traçadas as curvas granulométricas da brita 1 fornecida pelas pedreiras. A Figura 11 apresenta tais curvas:

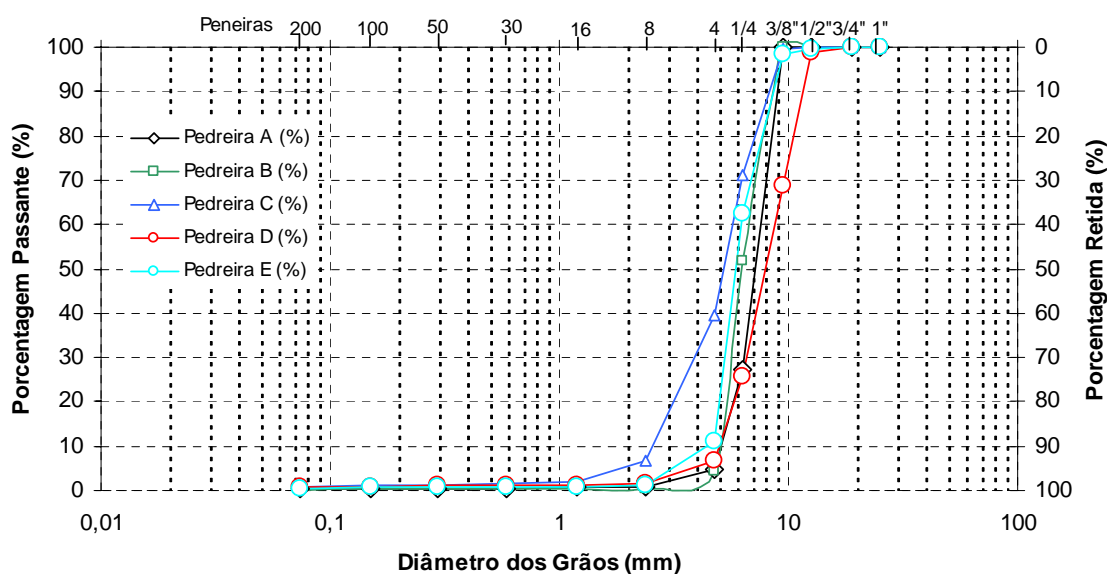


Figura 11 – Curvas granulométricas – brita 0

Todas as pedreiras apresentaram curvas muito parecidas, com exceção da pedreira C, que teve mais material retido nas peneiras 8 e 16.

Quando observado o enquadramento da análise ao padrão adotado – retido na peneira 4, apenas a pedreira C se destaca, pois tem aproximadamente 40% de material passante na peneira de referência. As outras pedreiras apresentam cerca de 4%, 4%, 6% e 11% de material passante, respectivamente para as pedreiras A, B, D e E.

A pedreira D apresenta cerca de 30% de material retido na peneira 3/8", que é material especificado como brita 1; isso mostra uma deficiência no sistema de peneiramento da empresa ou uma excessiva contaminação de brita 1 vinda de montes próximos.

4.1.3 Brita 1

O padrão usado neste estudo nomeia a brita 1 como o material diâmetro maior que 9,5 mm, ou seja, retido na peneira 3/8".

A brita 1 foi fornecida por todas as pedreiras, e as determinações do ensaio de análise granulométrica originaram Tabela 6, em porcentagens passantes, considerando a média das duas determinações.

Tabela 7 – Análise granulométrica – brita 1

PENEIRA	mm	Pedreira A (%)	Pedreira B (%)	Pedreira C (%)	Pedreira D (%)	Pedreira E (%)
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3/4"	19	99,46	100,00	99,68	99,48	100,00
1/2"	12,7	25,82	48,03	43,12	35,74	55,14
3/8"	9,5	4,68	14,78	14,27	8,76	23,76
1/4"	6,35	0,65	0,97	0,93	0,56	2,12
n 4	4,76	0,60	0,67	0,60	0,33	0,71
n 8	2,38	0,54	0,63	0,54	0,27	0,54
n 16	1,2	0,52	0,61	0,51	0,26	0,52
n 30	0,59	0,49	0,59	0,50	0,24	0,50
n 50	0,297	0,47	0,57	0,49	0,23	0,48
n 100	0,149	0,44	0,55	0,46	0,21	0,46
n 200	0,074	0,36	0,53	0,39	0,18	0,39

A Figura 12 apresenta as curvas granulométricas obtidas para a brita 1 de todas as pedreiras.

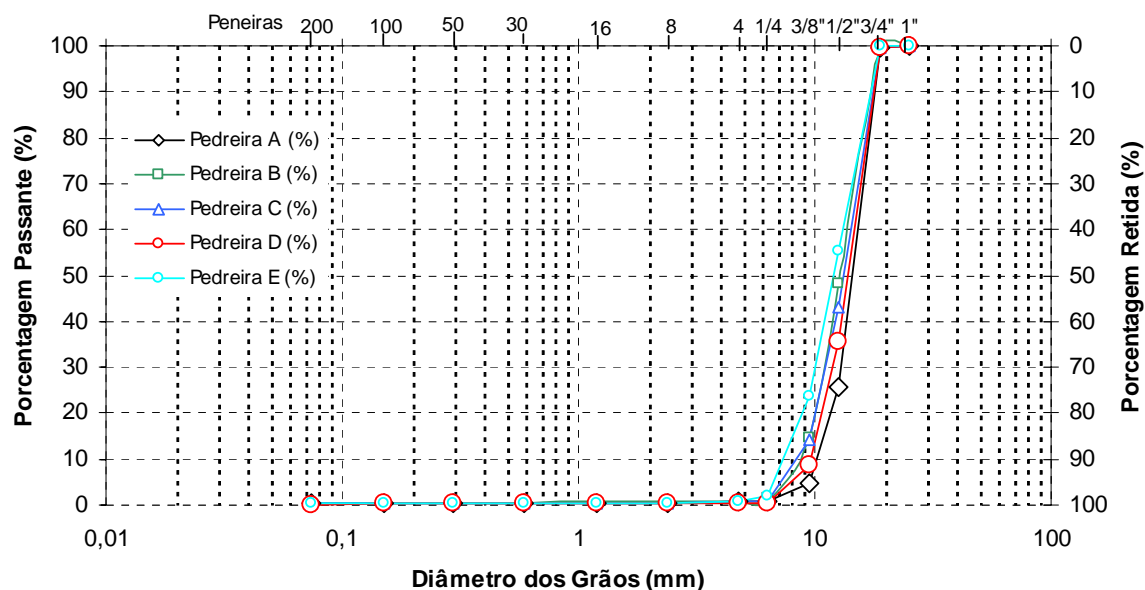


Figura 12 – Curvas granulométricas – brita 1

As curvas granulométricas apresentam-se similares, não havendo diferenças significativas entre as pedreiras.

O percentual retido na peneira de referência foi de 95%, 85%, 85%, 93% e 76% para as pedreiras A, B, C, D e E respectivamente. Estes valores apontam apenas a pedreira E se diferenciando do padrão apresentado pelo grupo estudado.

É possível notar quantidades significativas de material retido na peneira 1/2" em todas as pedreiras, variando de 25 a 55% do total.

4.1.4 Brita 2

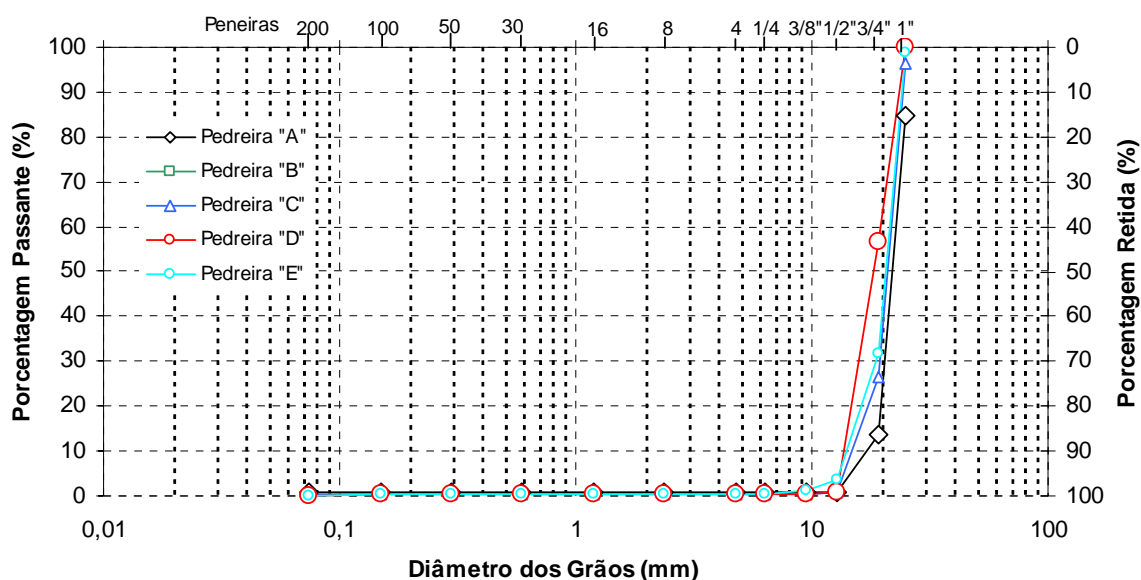
Recebe o nome de brita 2, pelo critério estudado, o material retido na peneira de abertura 19 mm, ou 3/4" .

A brita 2 não foi fornecida apenas pela pedreira B, que informou que não estava produzindo tal material por falta de demanda comercial. As determinações do ensaio de análise granulométrica originaram a Tabela 8, em porcentagens passantes, considerando a média das duas determinações.

Tabela 8 – Análise granulométrica – brita 2

PENEIRA	mm	Pedreira A (%)	Pedreira B (%)	Pedreira C (%)	Pedreira D (%)	Pedreira E (%)
1"	25	84,73	--	96,26	99,82	98,69
3/4"	19	13,53	--	26,57	56,78	31,67
1/2"	12,7	0,99	--	0,73	0,78	3,70
3/8"	9,5	0,95	--	0,54	0,47	1,40
1/4"	6,35	0,93	--	0,46	0,35	0,31
n 4	4,76	0,86	--	0,44	0,34	0,28
n 8	2,38	0,85	--	0,42	0,31	0,27
n 16	1,2	0,84	--	0,40	0,28	0,26
n 30	0,59	0,83	--	0,39	0,27	0,25
n 50	0,297	0,82	--	0,38	0,26	0,24
n 100	0,149	0,81	--	0,35	0,24	0,21
n 200	0,074	0,77	--	0,26	0,17	0,06

A interpretação gráfica da tabela anterior gerou a Figura 13.

**Figura 13 – Curvas granulométricas – brita 2**

O comportamento da curva das pedreiras é bastante semelhante, mesmo assim todas tiveram quantidades representativas de material passante na peneira de referência, tais valores são da ordem de 13%, 26%, 57% e 32% para as pedreiras A, C, D e E consecutivamente, mostrando a inadequação do material comercializado em relação à definição de brita 2, em especial a pedreira D.

4.2 Massa Específica Aparente em Estado Solto

Deve ser lembrado que a massa específica se refere ao volume das partículas isoladamente e, naturalmente, não é possível arrumar essas partículas de modo que não exista vazios entre elas, isto justifica o cuidado que deve ser tomado na realização deste ensaio, que despreza o potencial de adensamento e visa determinar a relação massa/volume de um material.

Para este ensaio, quanto maiores os valores obtidos, menor o índice de vazios a ser preenchido por concreto ou concreto asfáltico, sugerindo diretamente a uma boa distribuição granulométrica do agregado, uma vez que os vazios são preenchidos por materiais de granulometrias menores.

O ensaio de massa específica aparente em estado solto foi realizado no LEC – Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUI, e os resultados dos ensaios dos materiais estudados serão apresentados a seguir. As unidades de valor dos resultados são dadas em kg/dm^3 .

4.2.1 Pó de Pedra

O material “pó de pedra” foi fornecido pelas 5 pedreiras estudadas, e os resultados obtidos das determinações realizadas estão na Figura 14, em kg/dm^3 , considerando a média das duas determinações.

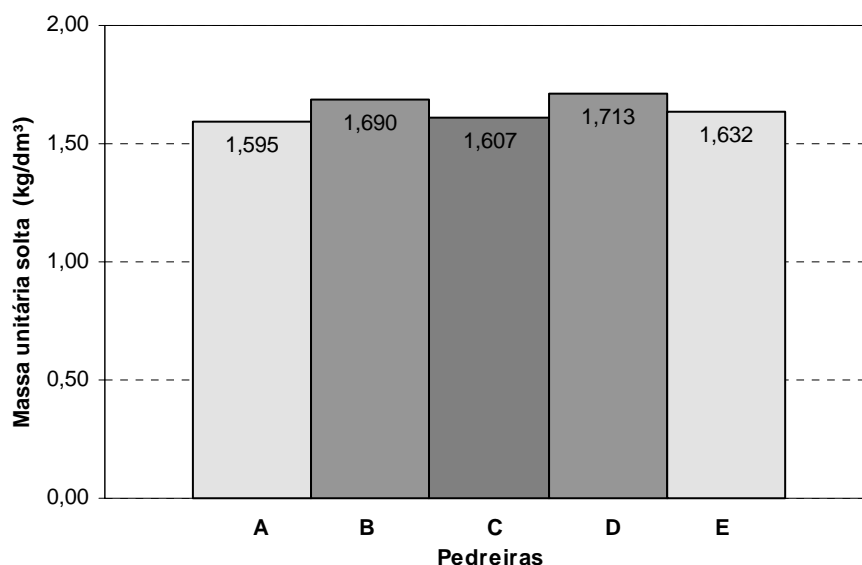


Figura 14 – Massa específica aparente em estado solto – pó de pedra

Apesar de muito próximos, os resultados obtidos para as pedreiras B e D são maiores, representando uma maior quantidade de material por unidade de volume e um menor número de vazios entre as partículas.

4.2.2 Brita 0

Esta brita foi fornecida por todas as 5 pedreiras estudadas, e as determinações do ensaio de massa específica em estado solto originaram a Figura 15, em kg/dm^3 , considerando a média das duas determinações.

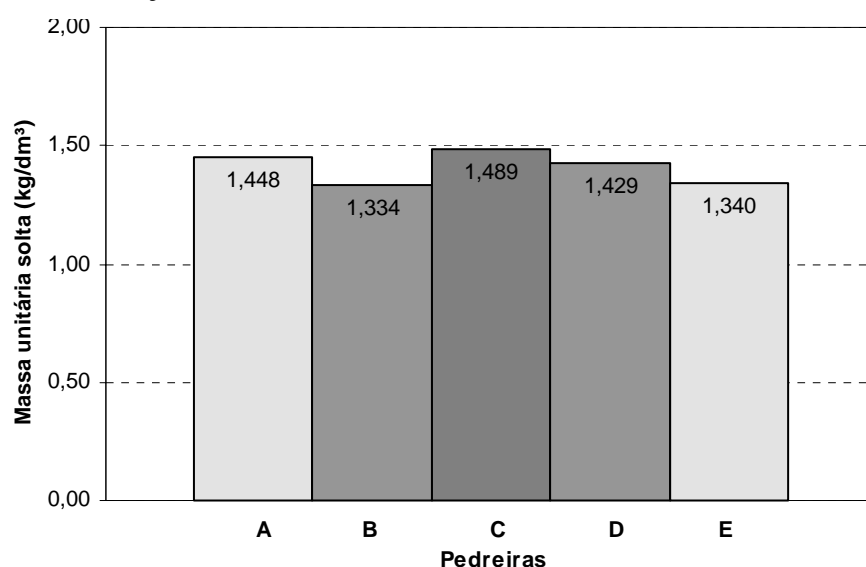


Figura 15 – Massa específica aparente em estado solto – brita 0

As pedreiras B e E apresentaram os menores valores, apontando para uma menor quantidade de material para cada unidade de volume. A pedreira C apresenta o maior valor, indicando um menor número de vazios entre as partículas de agregado e uma maior massa para um mesmo volume comum.

4.2.3 Brita 1

A brita 1 foi fornecida por todas as pedreiras, e as determinações do ensaio de massa específica aparente em estado solto geraram o Quadro 11, em kg/dm^3 , considerando a média das duas determinações.

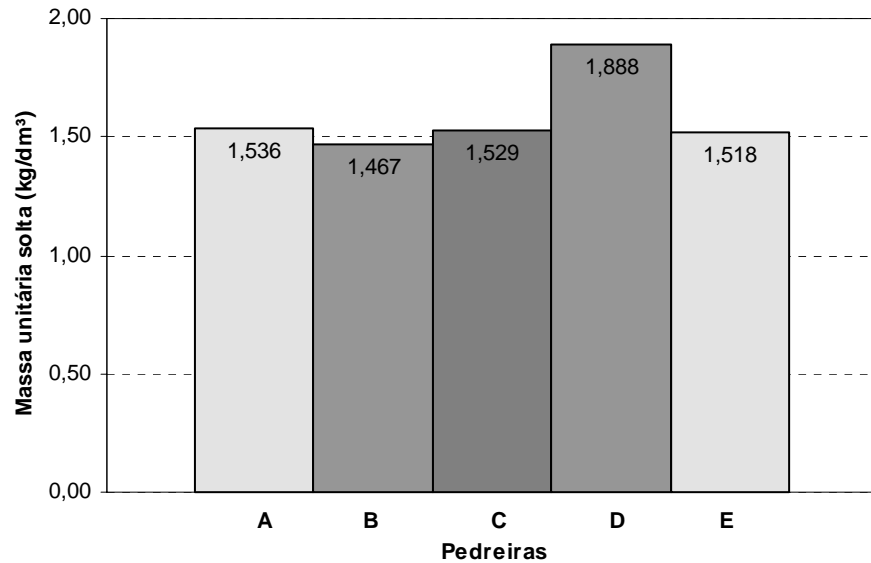


Figura 16 – Massa específica aparente em estado solto – brita 1

Os resultados das determinações para cada pedreira são muito parecidos entre si, apenas a pedreira D tem mais destaque, apresentando uma maior quantidade de material por unidade de volume e um menor índice de vazios entre as partículas de agregado.

4.2.4 Brita 2

Todas as pedreiras, com exceção da B, forneceram a brita 2 para os ensaios aqui descritos. As determinações do ensaio de massa específica aparente em estado solto geraram a Figura 17, em kg/dm³, considerando a média das duas determinações.

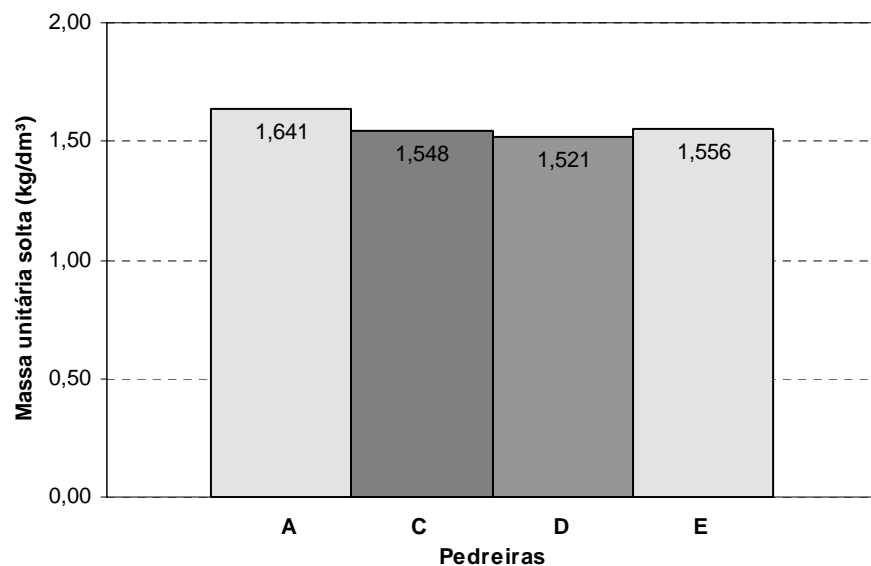


Figura 17 – Massa específica aparente em estado solto – brita 2

As maiores diferenças de valores aconteceram aqui, as pedreiras de resultado mais semelhante foram B e E; a pedreira C teve a menor massa de material por unidade de volume, em contraponto a pedreira A que apresentou o maior valor.

4.3 Massa Específica Aparente

O ensaio de massa específica aparente foi realizado no LEC – Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUI. Tal ensaio foi baseado na condição de superfície saturada seca (SSS), onde se consideram todos os poros das partículas preenchidos com água. Os resultados dos ensaios dos materiais estudados serão apresentados a seguir. As unidades de valor dos resultados são dadas em g/cm^3 .

4.3.1 Brita 0

A brita 0 foi fornecida pelas 5 pedreiras em estudo e as determinações do ensaio de massa específica aparente originaram a Figura 18, em g/cm^3 , considerando a média das duas determinações.

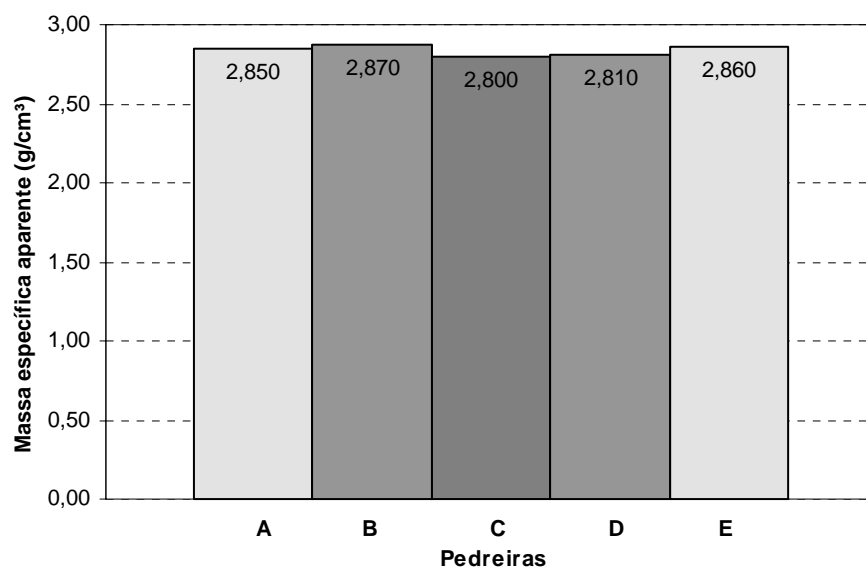


Figura 18 – Massa específica aparente – brita 0

Foram obtidos resultados muito semelhantes, o que significa uma massa semelhante destes materiais, em condição de superfície saturada seca, em um volume comum a todos os estudados.

4.3.2 Brita 1

Assim como a brita 0, a brita 1 foi fornecida por todas as pedreiras, e as determinações do ensaio de massa específica aparente geraram a Figura 19, em g/cm^3 , considerando a média das duas determinações.

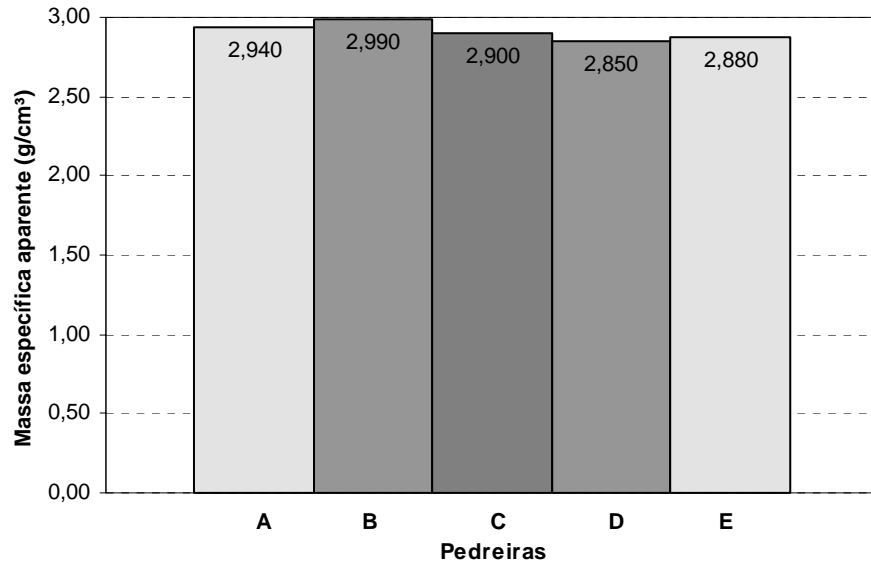


Figura 19 – Massa específica aparente – brita 1

Todas as pedreiras apresentaram resultados similares, sem nenhuma disparidade.

4.3.3 Brita 2

Este material não foi fornecido pela pedreira B. As determinações do ensaio de massa específica aparente geraram a Figura 20, em g/cm^3 , considerando a média das duas determinações.

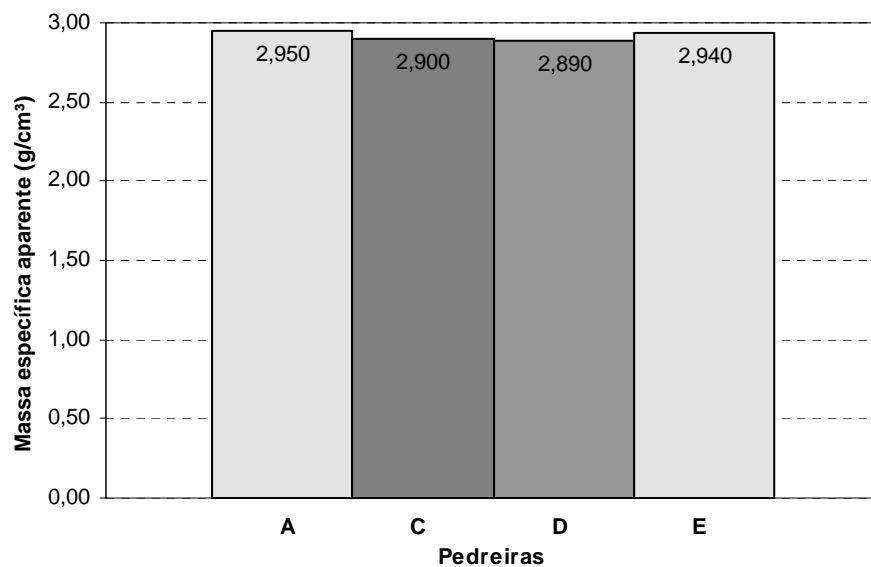


Figura 20 – Massa específica aparente – brita 2

Assim como na brita 1, os resultados não apresentaram muita dispersão entre as pedreiras, seguindo em torno de $2,92 \text{ g/cm}^3$.

4.4 Massa Específica Real do Grão

O ensaio de massa específica real foi realizado no LEC – Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUI. Tal ensaio foi realizado por dois métodos, uma para agregado miúdo e outro para agregado graúdo. O método do picnômetro, é usado para materiais finos que apresentam mais de 4% de sua massa retida na peneira 4. O método adotado para as parcelas de agregado graúdo é especificado pelo DNER e é feito juntamente com os ensaios de massa específica aparente e absorção.

4.4.1 Pó de Pedra

Partindo da análise granulométrica, constatou-se que apenas o pó de pedra das pedreiras A e B deveriam ser submetidos ao método do picnômetro.

Os resultados obtidos são os seguintes:

- Pedreira A: $2,967 \text{ g/cm}^3$;
- Pedreira B: $3,223 \text{ g/cm}^3$.

Foram obtidos valores bastante distintos, mostrando que o material fino da pedreira B possui mais massa que o material da pedreira A, considerando um volume igual para os dois.

4.4.2 Brita 0

A brita 0 foi fornecida pelas 5 pedreiras em estudo e as determinações do ensaio de massa específica real originaram a Figura 21, em g/cm^3 , considerando a média das duas determinações descritas pela norma.

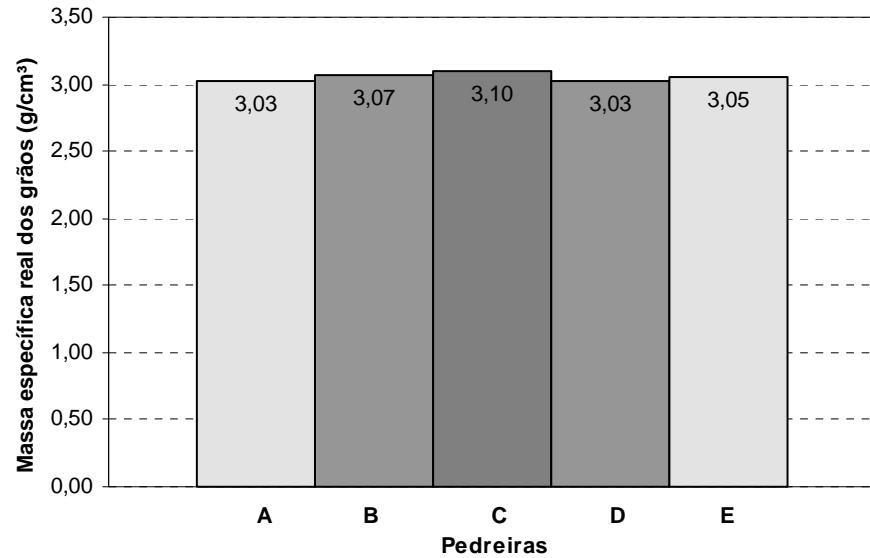


Figura 21 – Massa específica real – brita 0

As 5 pedreiras mostraram resultados semelhantes, sem muita disparidade, significando que um mesmo volume, apresentará massas muito semelhantes independente da pedra de origem.

4.4.3 Brita 1

A brita 1 foi fornecida por todas as pedreiras, e as determinações do ensaio de massa específica real geraram a Figura 22, em g/cm³, considerando a média das duas determinações.

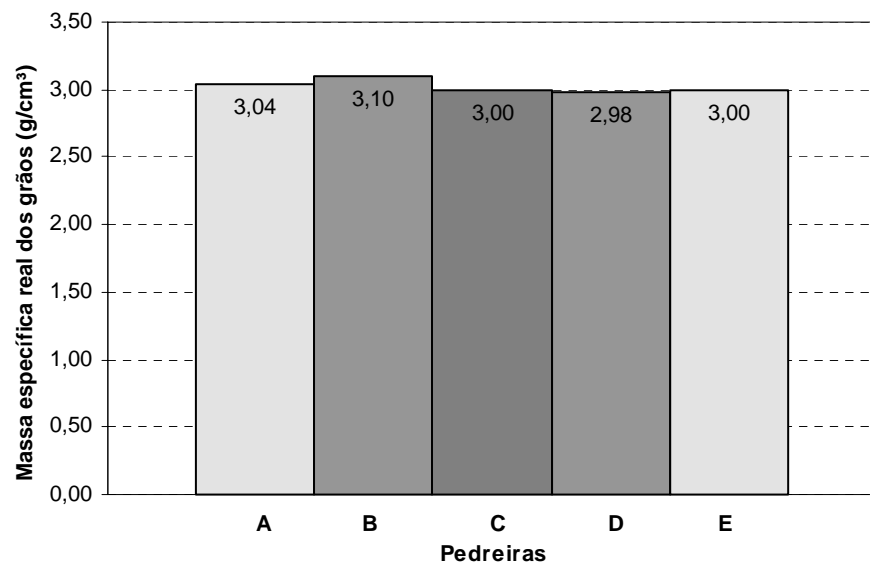


Figura 22 – Massa específica real – brita 1

Resultados semelhantes da brita 0, com pequeno destaque a pedra B, que teve um valor consideravelmente maior que as outras pedreiras estudadas.

4.4.4 Brita 2

Este material não fornecido pela pedreira B, e as determinações do ensaio de massa específica real geraram a Figura 23, em g/cm^3 , considerando a média das duas determinações prescritas.

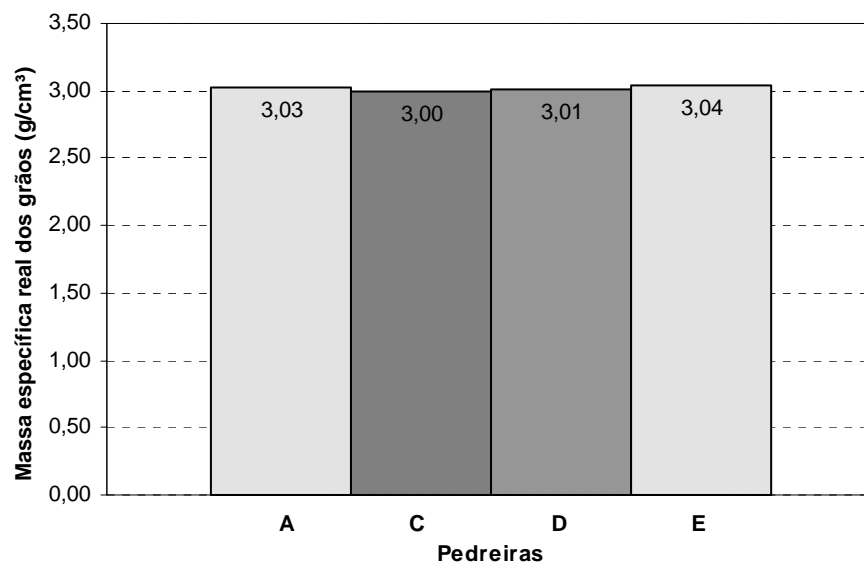


Figura 23 – Massa específica real – brita 2

Os valores resultantes seguiram o padrão das britas 0 e 1, não apresentando variações significativas entre as pedreiras relacionadas.

4.5 Absorção

A presença de poros na superfície e no interior dos agregados permite a este absorver umidade e assim aumentar seu peso; tal umidade pode levar dias para ser eliminada quando exposta ao ar. A porosidade e a absorção dos agregados influenciam diretamente as propriedades do material como aderência ao concreto ou ao ligante asfáltico, bem como sua estabilidade química e resistência à abrasão. As massas específicas também dependem diretamente da porosidade, que influencia o volume de uma mistura para uma determinada massa de agregado.

O ensaio de absorção foi procedido no LEC – Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUI, em paralelo com os ensaios de massa específica real e massa específica aparente.

Este ensaio foi aplicado apenas as britas com granulometria nominal de maior que a abertura da peneira 4, ou seja, não se aplicou ao pó de pedra.

4.5.1 Brita 0

A brita 0 foi fornecida pelas 5 pedreiras em estudo e as determinações do ensaio de absorção originaram a Figura 24, tendo os valores expressos em porcentagem.

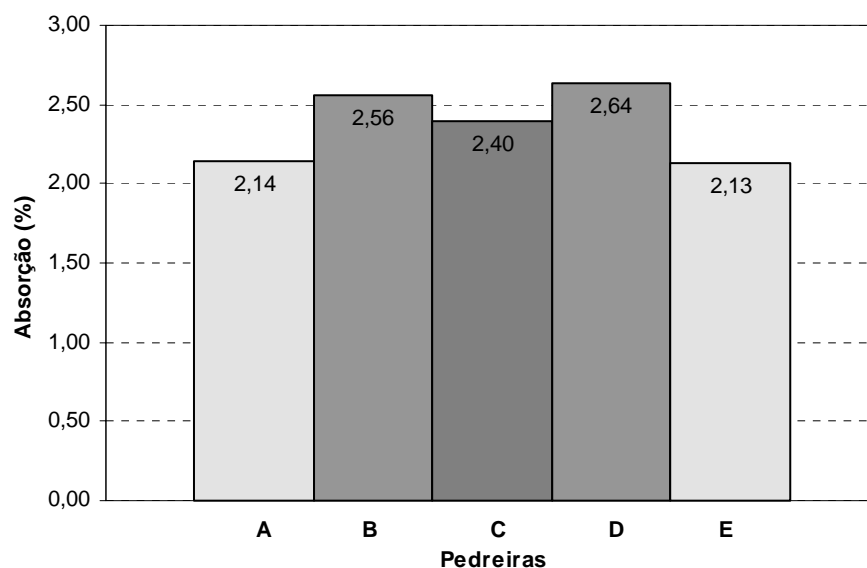


Figura 24 – Absorção – brita 0

As pedreiras A e E tiveram valores semelhantes, enquanto as pedreiras B e D apresentaram os maiores valores, deixando a pedra C em um patamar intermediário.

4.5.2 Brita 1

Foi estudado o material fornecido pelas 5 pedreiras, originando a Figura 25, tendo os valores expressos em porcentagem.

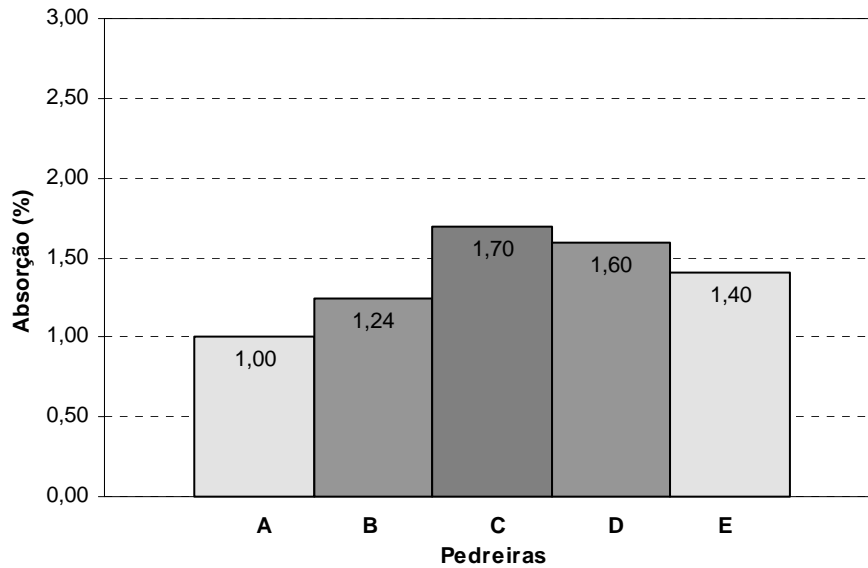


Figura 25 – Absorção – brita 1

Todos os resultados se mostraram bastante diferentes, variando de 1% para a pedreira A, a 1,7% para a pedreira C.

4.5.3 Brita 2

A partir do material não fornecido apenas pela pedreira B, obteve-se a Figura 26 que mostra os valores obtidos do ensaio de absorção, tendo as unidades representadas em porcentagem.

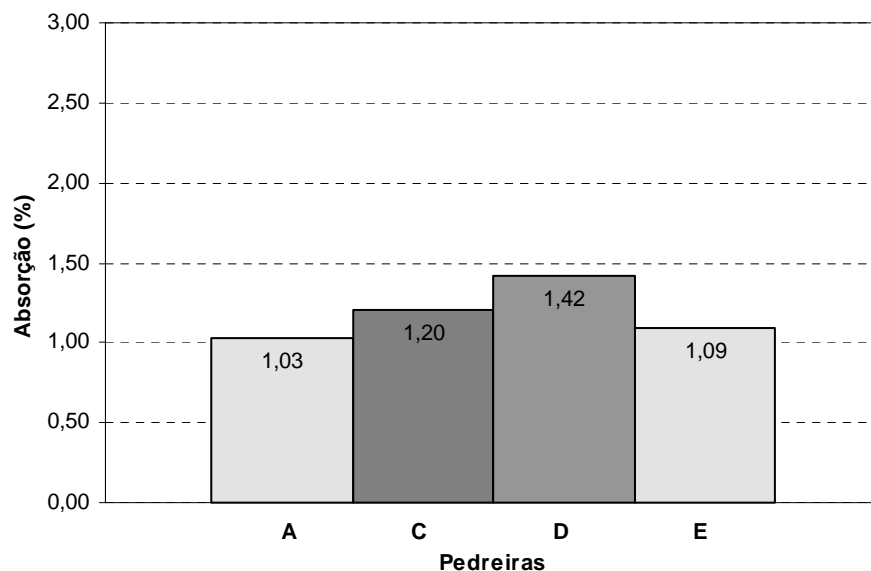


Figura 26 – Absorção – brita 2

Assim como na brita 0, as pedreiras A e E obtiveram os menores resultados de absorção. O maior valor foi alcançado pela pedreira C, que absorveu 1,42% de sua massa total em água.

4.6 Índice de Lamelaridade

O estudo da forma do agregado é uma das mais importantes caracterizações externas das partículas. É difícil representar um padrão tridimensional dos agregados, por isso é mais conveniente definir certas características geométricas destes corpos, como o índice de lamelaridade, que visa quantificar o agregado de forma mais lamelar ou mais cúbica.

A lamelaridade depende muito da resistência à abrasão da rocha-mãe e das ações de desgaste a que a partícula foi submetida. No caso do agregado britado aqui estudado, a forma da partícula depende da natureza do mineral de origem, do tipo de britador e da sua relação de redução, isto é, da relação entre os tamanhos de material que entra e do material que sai do britador.

A lamelaridade tem grande importância na dosagem de misturas asfálticas, um agregado mais lamelar é mais suscetível a quebras, deixando as faces que se partiram sem contato com o ligante e expostas as intempéries. Quando se trata do concreto, um maior índice de lamelaridade implica numa maior relação água – cimento para um mesmo agregado mais cúbico, devido ao material mais lamelar ter uma maior superfície aparente, podendo assim absorver mais água que deveria ser usada pelo cimento em suas reações de endurecimento, já um material mais cúbico tem maior mobilidade, podendo acomodar-se melhor e passar com mais facilidade pelos vãos das armaduras da estrutura.

O ensaio de obtenção do índice de lamelaridade foi realizado no LEC – Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUI. O material usado no ensaio foi o retido na peneira 1/4” como especifica a norma, descartando desta forma, as britas 1 e pó da realização do ensaio. Por ser uma relação entre massas e porcentagens, o índice de lamelaridade é uma unidade adimensional. Os resultados dos ensaios dos materiais estudados serão apresentados a seguir.

4.6.1 Brita 1

Foi estudado o material fornecido pelas 5 pedreiras, originando a Figura 27.

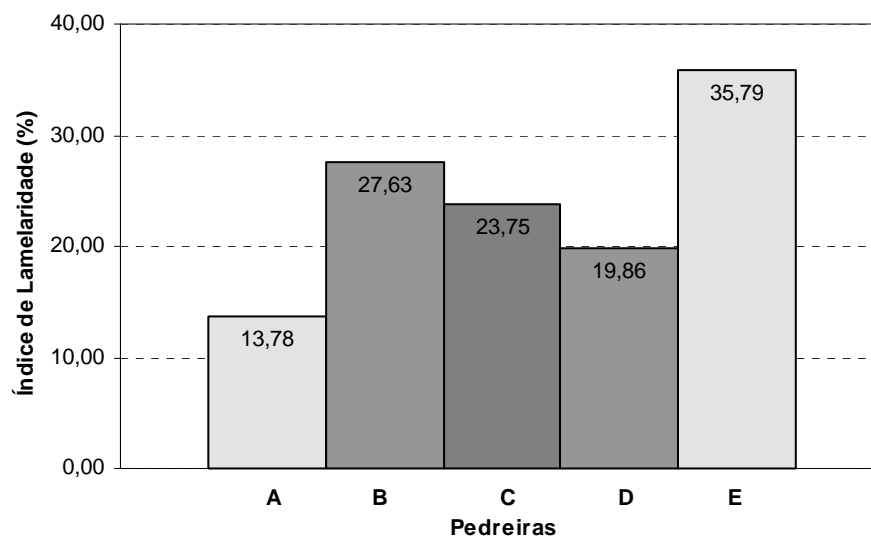


Figura 27 – Índice de lamelaridade – brita 1

O maior índice foi encontrado na pedraira E, sendo 35,79 seu índice de lamelaridade. A pedraira A teve o menor valor e as demais variaram seu índice entre 19 e 27.

4.6.2 Brita 2

Foi estudado o material fornecido por 4 das 5 pedrairas, originando a Figura 28.

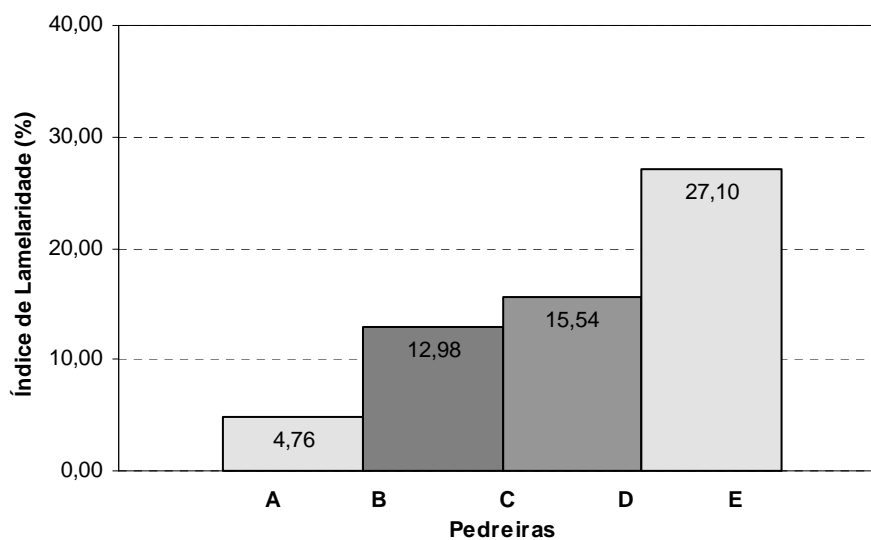


Figura 28 – Índice de lamelaridade – brita 2

Os resultados da brita 2 mantiveram o padrão de extremos da brita 1, permanecendo a pedraira E com o maior índice, e a pedraira A com o menor. As pedrairas B e D continuaram em um nível intermediário.

4.7 Índice de Abrasão “Los Angeles”

O valor da abrasão do agregado é definido como a perda de massa em porcentagem, de modo que os valores mais altos indicam uma menor resistência à abrasão e a degradação mecânica.

A importância deste ensaio para o concreto, é que além de definir a resistência a perda de material por desgaste, pode servir de referência para estudos de resistência à compressão e à flexão do concreto com o agregado em questão. Para as misturas asfálticas, é importante por mostrar o quão suscetível é o material ao desgaste provocado pelo atrito pneu – pavimento.

A norma NBR 7211 estabelece o valor máximo aceitável para o índice de abrasão de um agregado a ser usado em concreto: 50% de sua massa original.

As literaturas sobre pavimentos asfálticos descartam materiais com índice de abrasão superior a 30% para uso em revestimentos, no entanto sendo aceitável em camadas inferiores do pavimento, onde não sofrerá tanta ação de desgaste por atrito abrasivo.

O ensaio de abrasão “Los Angeles” foi realizado no LAPAV – Laboratório de Pavimentação da UFRGS, seguindo a metodologia especificada pelo DNER, que excluiu alguns materiais que não se enquadraram nas faixas especificadas. Os resultados são apresentados a seguir, diferenciando os materiais por granulometria nominal.

4.7.1 Brita 0

Apenas as pedreiras A, C e D tiveram material enquadrado nas faixas determinadas pela norma. Os resultados obtidos geraram a Figura 29.

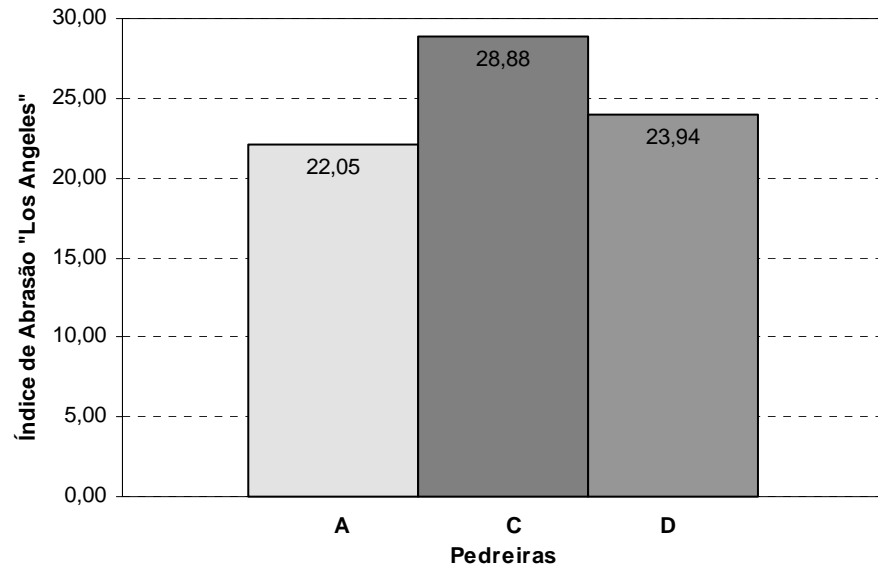


Figura 29 – Índice de abrasão “Los Angeles” – brita 0

A pedreira C teve o maior índice: 28,88, as demais tiveram índices parecidos de 22,05 para a pedreira A e 23,94 para a pedreira D.

4.7.2 Brita 1

Para este material, todas as pedreiras se enquadraram nas faixas apresentadas pela norma. A partir dos resultados obtidos, gerou-se a Figura 30.

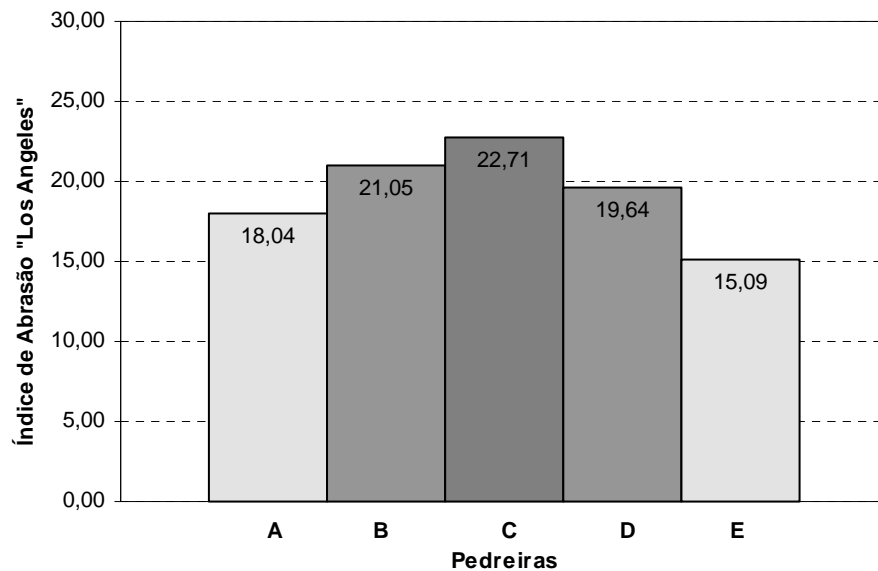


Figura 30 – Índice de abrasão “Los Angeles” – brita 1

Mais uma vez o maior índice foi constatado na pedreira C, ou seja, este material tem se mostrado bastante suscetível a abrasão e a perda de massa por desgaste. Pedreiras A e D mantiveram padrões parecidos ao da brita 0. O menor valor resultante foi o da pedreira E, com 15,09.

4.7.3 Brita 2

Somente a pedreira B não se enquadrou nos parâmetros para a brita 2. A partir dos ensaios das outras 4 pedreiras obteve-se a Figura 31.

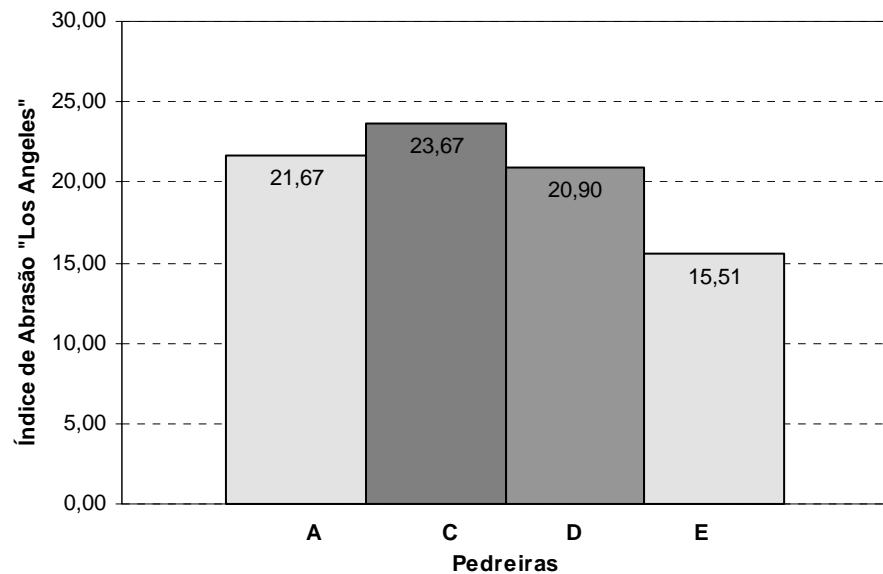


Figura 31 – Índice de abrasão “Los Angeles” – brita 2

Os padrões de resultado mantiveram-se para a brita 2, a pedreira C novamente teve o maior índice, as pedreiras A e D tiveram índices semelhantes e a pedreira E teve outra vez a maior resistência a abrasão.

4.8 Entrevista

Seguem abaixo as perguntas efetuadas e as respostas obtidas:

- Qual o intervalo entre detonações?

- Pedreira A: aproximadamente 45 dias;
- Pedreira B: a cada 45 a 60 dias;
- Pedreira C: aproximadamente 40 dias;
- Pedreira D: a cada 45 a 60 dias;

- Pedreira E: cerca de cada 180 dias.

- Qual o tipo e período de uso do(s) britador(es)?

- Pedreira A: britador girosférico com 2 meses de uso e 8 horas diárias;

- Pedreira B: 2 britadores secundários cônicos e 1 primário de mandíbula com 2 anos de uso e 7 a 8 horas diárias;

Pedreira C: 1 britador secundário cônico e 1 primário de mandíbula operando a 2 anos por 6 horas diárias;

- Pedreira D: 1 britador primário de mandíbula usado a 2 anos e 2 secundários cônicos usados a 4 anos a uma carga de 9 horas diárias;

- Pedreira E: informou apenas ter os britadores a 12 anos e trabalhar 6 horas diárias.

- Qual o intervalo entre manutenções do(s) britador(es)?

- Pedreira A: periódica, sem definição do período;

- Pedreira B: semanal preventiva;

- Pedreira C: semanal preventiva;

- Pedreira D: preventiva a cada 2 dias e revisão semanal;

- Pedreira E: semanal preventiva.

- Quais as granulometrias mais produzidas e o volume médio global produzido diariamente?

- Pedreira A: produção diária de cerca de 600m³, em ordem de produção para brita 1, brita 0, pó de pedra e brita 2;

- Pedreira B: produz de 250 a 300m³ por dia, em ordem de produção para pó de pedra, brita 0 e brita 1;

- Pedreira C: cerca de 130m³ diários produzidos, em ordem de produção para brita 2, brita 1, pó de pedra e brita 0;

- Pedreira D: em torno de 350m³ por dia, em ordem de produção para brita 2, brita 1, brita 0 e pó de pedra;

- Pedreira E: 200m³ diários, em ordem de produção para pó de pedra, brita 0, brita 1 e brita 2.

- Quais são os principais consumidores?

- Pedreira A: prefeituras, DNIT e empresas particulares;
- Pedreira B: prefeituras e concreteiras;
- Pedreira C: prefeituras e fábricas de pré-moldados de cimento;
- Pedreira D: concreteiras;
- Pedreira E: prefeituras.

- Quais a granulometria mais consumida?

- Pedreira A: brita 2;
- Pedreira B: brita 1;
- Pedreira C: brita 2;
- Pedreira D: britas 0 e 1;
- Pedreira E: pó de pedra.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões deste estudo, que teve como objetivo estudar e avaliar as características tecnológicas dos agregados minerais produzidos em diversas pedreiras de uma mesma região geográfica; bem como sugestões para trabalhos futuros.

5.1 Conclusões

Partindo dos resultados obtidos com os ensaios e dos dados analisados, foi possível chegar às seguintes conclusões:

- *Quanto aos resultados da análise granulométrica:*

De modo geral, todas as pedreiras apresentaram deficiências em relação ao enquadramento de seu material aos padrões de nomenclatura das britas comercializadas.

a) Quando analisado pó de pedra, as pedreiras apresentam pouco material com diâmetro maior que a peneira de referência, sendo as porcentagens de material maior que a peneira 4 podem ser justificadas por contaminações de britas de montes próximos ou desgaste das peneiras utilizadas no processo de peneiramento ainda na pedreira.

b) O estudo da granulometria da brita 0 mostrou que a pedreira C foge do padrão adotado por apresentar 40% de material passante na peneira de referência (define-se brita 0 como a retida na peneira 4, enquanto as outras apresentam baixos valores passantes, justificado pela presença de finos em todo material britado não-lavado, por contaminação de montes próximos de outra granulometria ou por falha no peneiramento, mesmo assim não são valores que descartariam o material. Também foi observado que a pedreira D apresentou cerca de 30% de material retido na peneira 3/8", que é a peneira de referência da brita 1, ou seja, o proprietário fornece 30% de material que tem outro padrão de granulometria.

c) Para a brita 1, todas as pedreiras apresentaram valores significativos de percentual retido na peneira de 1/2", uma acima da peneira 3/8" que é a de referência e limita tal nomenclatura, mesmo assim as pedreiras estão de acordo com a literatura, pois a maior parte do material ainda é retido na peneira 3/8" e passa na peneira 3/4" que define a brita 2.

d) A brita 2 não foi fornecida pela pedreira B por esta não estar produzindo tal material no momento da coleta, excetuando-se esta, todas apresentaram um valor significativo de material passante na peneira de referência (3/4"), com ênfase ao resultado da pedreira D, que teve mais da metade de suas amostras passando na peneira de referência, apontando para uma granulometria menor do que a esperada pelo consumidor final.

- ***Quanto aos resultados das massas específicas:***

Os resultados gerais apontaram as pedreiras B e D como a mais constante na relação estudada, apresentando os maiores valores em 2 dos 4 materiais estudados. Os dados aqui representam uma quantificação volumétrica das britas comercializadas, servindo para dosagens de concreto e misturas asfálticas.

a) A análise dos resultados do pó de pedra destacou as pedreira B e D, que se mantiveram com os maiores resultados independente do tipo de ensaio realizado, significando que estas têm uma maior quantia de material para um mesmo volume comum a todos as pedreiras estudadas. Isso também implica em um menor número de vazios entre as partículas de agregado, característica fundamental para o estudo de dosagens de concreto e misturas asfálticas.

b) Ao tratar-se da brita 0, destacou-se a pedreiras B, por manter um padrão sem variação em todos os ensaios, permanecendo sempre com valores intermediários entre as 5 pedreiras. Novamente a pedreira D apresentou os resultados mais altos de forma global dos ensaios, mostrando uma boa relação massa/volume de seu material produzido.

c) Os resultados da brita 1 foram muito semelhantes a todas as pedreiras, sendo que os maiores valores globais foram alcançados pela pedreira B.

d) O estudo da brita 2 destacou a pedra A como a de maior resultado global, apontando o material desta fonte como o mais representativo na relação massa/volume.

- ***Quanto aos resultados do ensaio de absorção:***

Os resultados dos ensaios buscaram indicar qual a capacidade de absorção de líquido pelo material, assim indicando também sua porosidade. Não existem limites para este valor, é apenas um índice de caracterização do agregado.

a) O estudo da brita 0 apontou as pedreiras B e D como as que mais absorveram água em relação ao seu peso seco. As pedreiras A e E tiveram os menores percentuais.

b) Para a brita 1, a pedra C teve o maior percentual de água absorvido, seguida pela pedra D que mais uma vez indicou ser bastante porosa.

c) Na brita 2, a pedra C novamente teve o maior percentual absorvido, e assim como na brita 0, as pedreiras A e E tiveram a menor porcentagem de água absorvida.

- ***Quanto ao índice de lamelaridade:***

A pedra E teve os maiores valores de índice de lamelaridade, chegando próximo dos 40% para as britas 1 e 2 que se enquadraram na classificação estudada. A pedra A foi a de menor índice lamelar, não passando de 14% para a brita 1, e chegando a apenas 4% para a brita 2, sendo então este o material mais cúbico estudado, estando mais de acordo com as prescrições de lamelaridade para uso principalmente em concreto asfáltico.

- *Quanto ao índice de abrasão “Los Angeles”:*

Nenhuma das pedreiras excedeu nenhum dos limites propostos pelas literaturas de concreto e asfalto, entretanto a pedreira C chegou a apresentar 28% de material perdido no ensaio avaliativo da brita 0, muito próximo do limite para uso em revestimentos asfálticos, desta forma se sugere que este material seja submetido novamente a ensaios de abrasão quando for de seu uso em pavimentações futuras.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

a) Aumentar a gama de ensaios que caracterizam a brita, como ensaios de sanidade que caracteriza o agregado quimicamente, e ensaios de resistência ao choque, analisando as propriedades físicas do material;

b) Traçar séries históricas de produção e consumo de brita na região, identificando os períodos de fomento e estagnação da indústria da construção regional;

c) Aumentar o número de fornecedores de agregado, buscando um maior perfil comparativo regional;

d) Estender o estudo a regiões de formação geológica diferente, com outro tipo de rocha e outras características primárias;

e) Estudar as perdas e ganhos econômicos do consumidor e do produtor, baseado nos resultados de granulometria, em relação à presença de granulometrias maiores ou menores em uma dada brita comercializada.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Determinação da massa específica aparente ou unitária no estado solto**. NBR 7251. Rio de Janeiro, 1982.

_____. **Agregados: terminologia**. NBR 9935. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **Agregados para concreto – Especificação**. NBR 7211. Rio de Janeiro, 2005.

ANEPAC – Associação Nacional de Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil. Disponível em: <www.anepac.org.br>. Acesso em: abril 2008.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995. v. 1.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Determinação do índice de lamelaridade**. DAER/RS-EL 108/01. Porto Alegre, 2001a, 4 p.

_____. **Determinação da massa específica real dos grãos**. DAER/RS-EL 010/01. Porto Alegre, 2001. 6 p.

_____. **Determinação da massa específica real, massa específica aparente e absorção de agregado graúdo**. DAER/RS-EL 105/01. Porto Alegre, 2001b. 5 p.

_____. **Determinação da massa específica real de agregado miúdo utilizando o frasco de Chapman**. DAER/RS-EL 106/01. Porto Alegre, 2001. 4 p.

_____. **Determinação da sanidade de agregados pelo uso de sulfato de sódio**. DAER/RS-EL 104/01. Porto Alegre, 2001c. 5 p.

_____. **Análise granulométrica**. DNER – 083/98. Rio de Janeiro, 1998. 5 p.

_____. **Determinação da absorção e da massa específica de agregado graúdo**. DNER – ME 195/97. Rio de Janeiro, 1997. 6 p.

_____. **Determinação da abrasão “Los Angeles”**. DNER – 035/98. Rio de Janeiro, 1998. 6 p.

_____. **Manual de pavimentação**. Rio de Janeiro, 1996. 320 p.

FERREIRA, Gilson Ezequiel; SILVA, Valesca da Silveira. **Mercado brasileiro de agregados minerais e o estudo do CETEM para obtenção de areia manufaturada**. Comunicação Técnica elaborada para a “IV Jornadas Ibero-americanas de Materiales de Construcción”, Tegucigalpa, Honduras, 2004.

FRAZÃO, E. Borges. **Tecnologia de rochas na construção civil**. 1. ed. São Paulo: ABGE, 2002.

FRAZÃO, E. Borges; PARAGUASSU, A. Braga. Materiais rochosos para construção. In: Oliveira, A.M.S.; Brito, S.N.A. (Ed.) **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 331-342.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <www.ibge.gov.br/mapas_ibge>. Acessado em: 20 abril 2008.

ISAIA, Geraldo Cechela. **Controle de qualidade das estruturas de concreto armado**. Santa Maria: UFSM, 1988.

KULAI, Yara. **Análise dos mercados de matérias-primas minerais: estudo de caso da indústria de pedras britadas do estado de São Paulo**. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, São Paulo, 2001.

MACIEL FILHO, Carlos Leite. **Introdução à geologia de engenharia**. 2. ed. Santa Maria: Editora da UFSM, 1997.

MANUAL DE ASFALTO. **Série do Manual**: Instituto de Asfalto, n. 4, 1989.

MARANGON, Ederli. **Aspectos do comportamento e da degradação de matrizes de concreto de cimento portland reforçados com fibras provenientes da reciclagem de garrafas pet**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, Ijuí, 2004.

MARQUES, G.L.O. **Procedimentos de avaliação e caracterização de agregados minerais usados na pavimentação asfáltica**. Seminário de qualificação ao doutoramento – Coordenação do Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1997.

PATTROL PAVIMENTOS. Disponível em: <<http://www.pattrol.com.br/equipamentos/massa.html>>. Acesso em: 29 abril 2008.

PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA: formação básica para engenheiros / Leidi Bariani Bernucci... [et al.]. – Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABEDA, 2006.

PETRUCCI, Eládio G. R. **Concreto de cimento portland**. São Paulo: Globo, 1998.

PETRUCCI, Eládio G. R. **Materiais de construção**. Porto Alegre: Globo, 1978.

PINTO, Carlos de Souza. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

PORTAL DO CONCRETO. Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br/?pagina=agregado>>. Acesso em: 3 abril 2008.

SENÇO, Wlastermir de. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Pini, 1997. v. 1.

SPECHT, Luciano Pivoto. **Avaliação de misturas asfálticas com a incorporação de borracha de pneus**. Tese de doutorado (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2004.

WESSELING, Diego Henrique. **Avaliação laboratorial do comportamento de misturas em concreto asfáltico**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, Ijuí, 2002.

WIKIPÉDIA. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Picnometro>>. Acesso em: 17 abril 2008.

WOODS, H.B. **Highway engineering handbook**. New York: McGraw Hill, 1960.

ANEXOS

Resultados dos ensaios realizados



Rua do Comércio 3000
Bairro Universitário
fone: 0xx 55 3332 0505



Caracterização de Agregados

1 - IDENTIFICAÇÃO

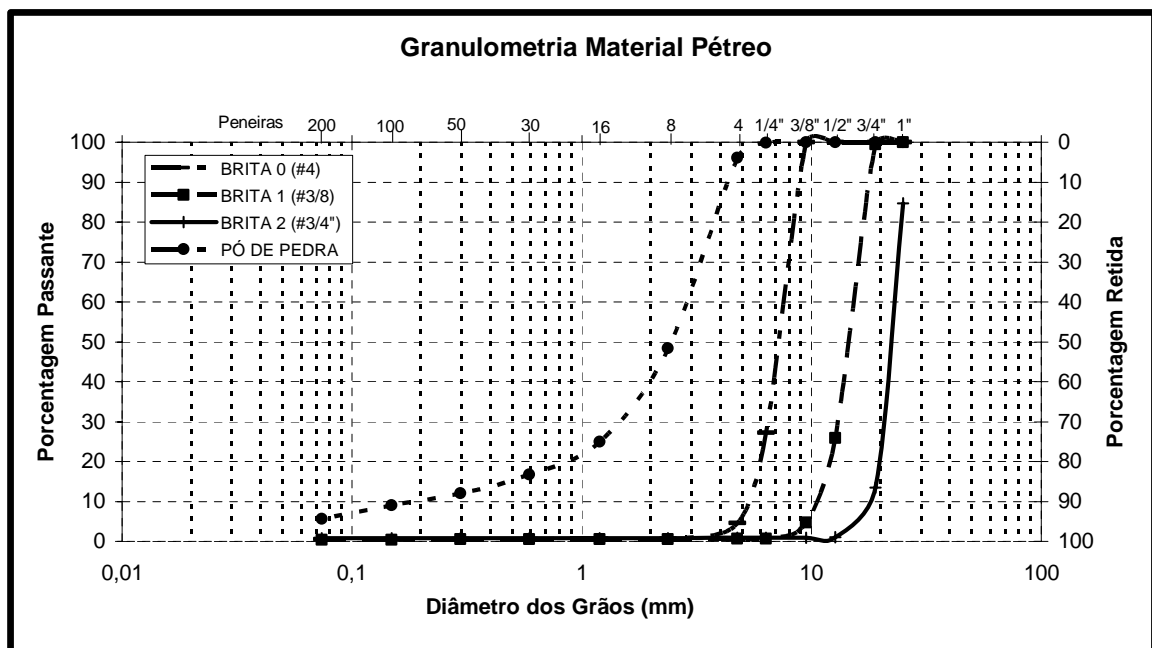
Projeto:	TCC
Operador:	Eduardo Suliman Bueno
Data:	
Objetivo:	Caracterização das propriedades físicas
Obs:	

2. PROCEDÊNCIA DOS MATERIAIS

Material	Procedência
BRITA 3 (#1 1/2")	-
BRITA 2 (#3/4")	Pedreira "A"
BRITA 1 (#3/8)	Pedreira "A"
BRITA 0 (#4)	Pedreira "A"
PÓ DE PEDRA	Pedreira "A"

3 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

PENEIRA	mm	BRITA 3 (#1 1/2")	BRITA 2 (#3/4")	BRITA 1 (#3/8)	BRITA 0 (#4)	PO DE PEDRA
1"	25	100,00	84,73	100,00	100,00	100,00
3/4"	19	100,00	13,53	99,46	100,00	100,00
1/2"	12,7	100,00	0,99	25,82	100,00	100,00
3/8"	9,5	100,00	0,95	4,68	100,00	100,00
1/4"	6,35	100,00	0,93	0,65	27,18	99,91
n 4	4,76	100,00	0,86	0,60	4,57	96,04
n 8	2,38	100,00	0,85	0,54	0,66	48,36
n 16	1,2	100,00	0,84	0,52	0,60	24,92
n 30	0,59	100,00	0,83	0,49	0,57	16,71
n 50	0,297	100,00	0,82	0,47	0,55	12,07
n 100	0,149	100,00	0,81	0,44	0,53	9,03
n 200	0,074	100,00	0,77	0,36	0,49	5,65





Rua do Comércio 3000
Bairro Universitário
fone: 0xx 55 3332 0505



Caracterização de Agregados

1 - IDENTIFICAÇÃO

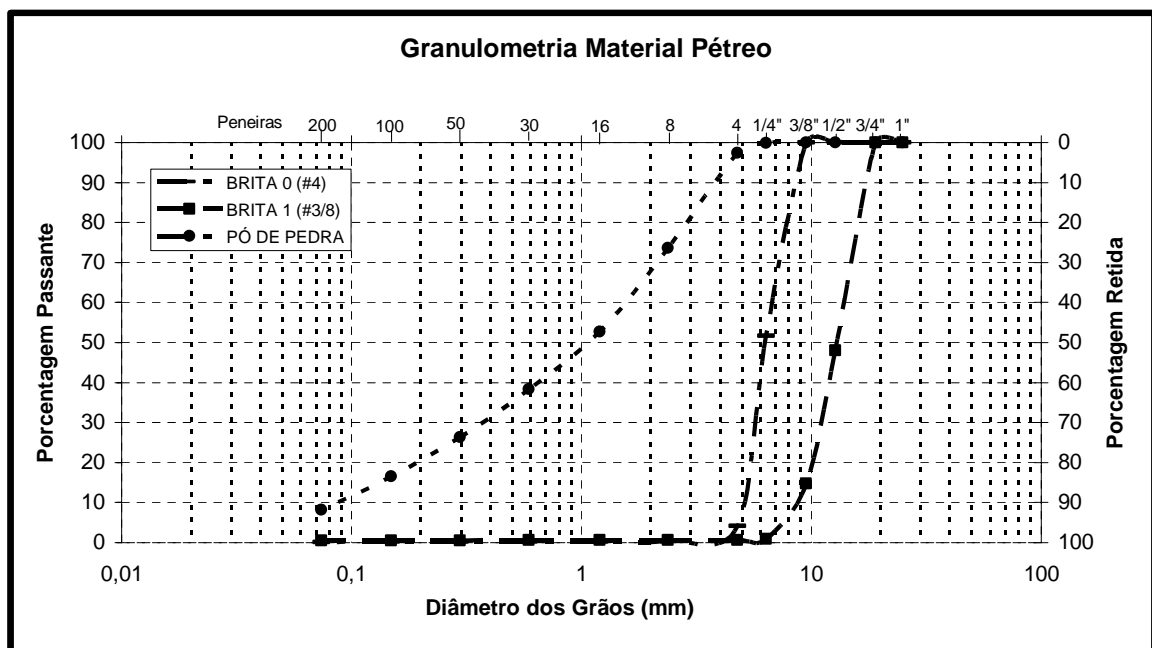
Projeto:	TCC
Operador:	Eduardo Suliman Bueno
Data:	
Objetivo:	Caracterização das propriedades físicas
Obs:	

2. PROCEDÊNCIA DOS MATERIAIS

Material	Procedência
BRITA 3 (#1 1/2")	-
BRITA 2 (#3/4")	-
BRITA 1 (#3/8)	Pedreira "B"
BRITA 0 (#4)	Pedreira "B"
PÓ DE PEDRA	Pedreira "B"

3 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

PENEIRA	mm	BRITA 3 (#1 1/2")	BRITA 2 (#3/4")	BRITA 1 (#3/8)	BRITA 0 (#4)	PÓ DE PEDRA
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,7	100,00	100,00	48,03	100,00	100,00
3/8"	9,5	100,00	100,00	14,78	100,00	100,00
1/4"	6,35	100,00	100,00	0,97	51,63	99,90
n 4	4,76	100,00	100,00	0,67	4,18	97,37
n 8	2,38	100,00	100,00	0,63	0,34	73,68
n 16	1,2	100,00	100,00	0,61	0,28	52,74
n 30	0,59	100,00	100,00	0,59	0,26	38,44
n 50	0,297	100,00	100,00	0,57	0,24	26,33
n 100	0,149	100,00	100,00	0,55	0,21	16,53
n 200	0,074	100,00	100,00	0,53	0,18	8,28





Rua do Comércio 3000
Bairro Universitário
fone: 0xx 55 3332 0505



Caracterização de Agregados

1 - IDENTIFICAÇÃO

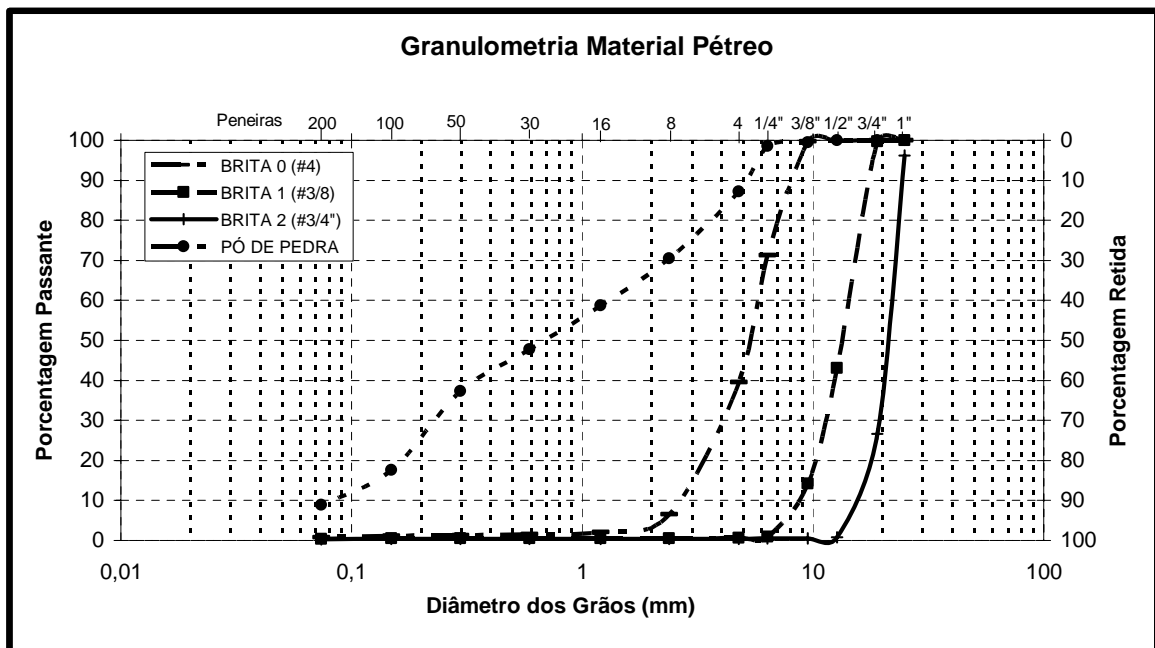
Projeto:	TCC
Operador:	Eduardo Suliman Bueno
Data:	
Objetivo:	Caracterização das propriedades físicas
Obs:	

2. PROCEDÊNCIA DOS MATERIAIS

Material	Procedência
BRITA 3 (#1 1/2")	-
BRITA 2 (#3/4")	Pedreira "C"
BRITA 1 (#3/8)	Pedreira "C"
BRITA 0 (#4)	Pedreira "C"
PÓ DE PEDRA	Pedreira "C"

3 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

PENEIRA	mm	BRITA 3 (#1 1/2")	BRITA 2 (#3/4")	BRITA 1 (#3/8)	BRITA 0 (#4)	PO DE PEDRA
1"	25	100,00	96,26	100,00	100,00	100,00
3/4"	19	100,00	26,57	99,68	100,00	100,00
1/2"	12,7	100,00	0,73	43,12	99,88	99,95
3/8"	9,5	100,00	0,54	14,27	99,76	99,51
1/4"	6,35	100,00	0,46	0,93	71,28	98,61
n 4	4,76	100,00	0,44	0,60	39,55	87,24
n 8	2,38	100,00	0,42	0,54	6,57	70,55
n 16	1,2	100,00	0,40	0,51	2,13	58,70
n 30	0,59	100,00	0,39	0,50	1,55	47,75
n 50	0,297	100,00	0,38	0,49	1,36	37,39
n 100	0,149	100,00	0,35	0,46	1,18	17,64
n 200	0,074	100,00	0,26	0,39	0,77	8,82





Rua do Comércio 3000
Bairro Universitário
fone: 0xx 55 3332 0505



Caracterização de Agregados

1 - IDENTIFICAÇÃO

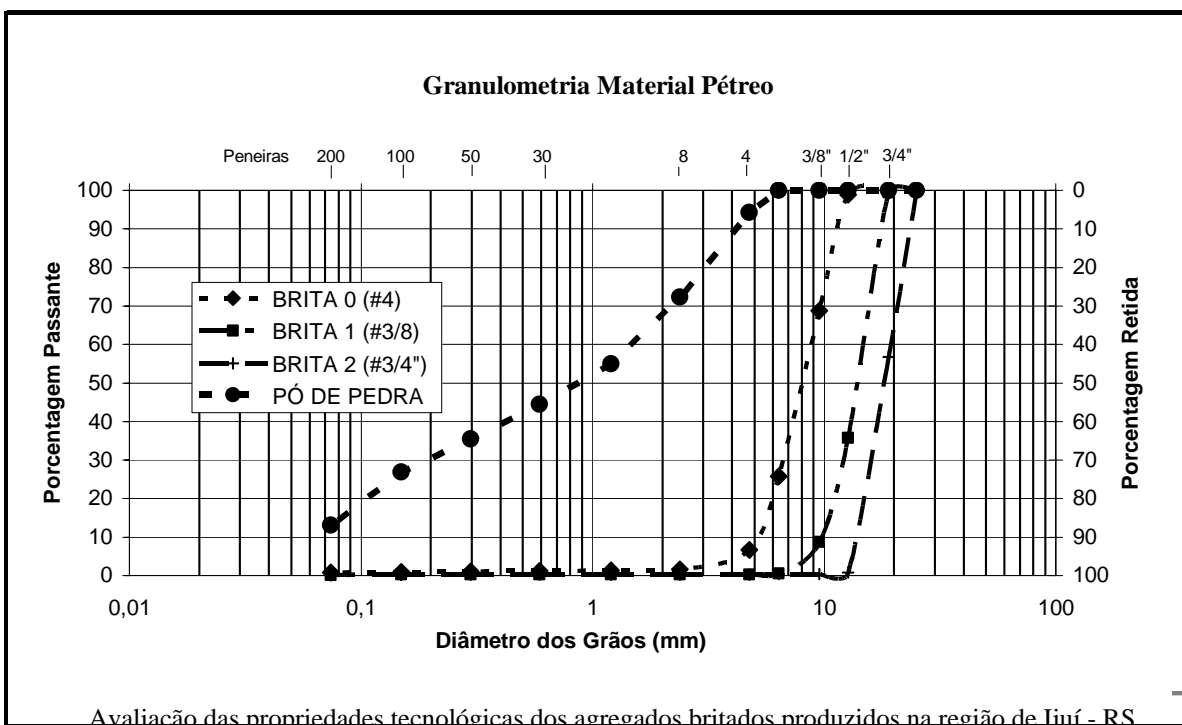
Projeto:	TCC
Operador:	Eduardo Suliman Bueno
Data:	
Objetivo:	Caracterização das propriedades físicas
Obs:	

2. PROCEDÊNCIA DOS MATERIAIS

Material	Procedência
BRITA 3 (#1 1/2")	-
BRITA 2 (#3/4")	Pedreira "D"
BRITA 1 (#3/8)	Pedreira "D"
BRITA 0 (#4)	Pedreira "D"
PÓ DE PEDRA	Pedreira "D"

3 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

PENEIRA	mm	BRITA 3 (#1 1/2")	BRITA 2 (#3/4")	BRITA 1 (#3/8)	BRITA 0 (#4)	PO DE PEDRA
1"	25	100,00	99,82	100,00	100,00	100,00
3/4"	19	100,00	56,78	99,48	100,00	100,00
1/2"	12,7	100,00	0,78	35,74	98,88	100,00
3/8"	9,5	100,00	0,47	8,76	68,73	100,00
1/4"	6,35	100,00	0,35	0,56	25,72	100,00
n 4	4,76	100,00	0,34	0,33	6,62	94,22
n 8	2,38	100,00	0,31	0,27	1,68	72,27
n 16	1,2	100,00	0,28	0,26	1,34	54,97
n 30	0,59	100,00	0,27	0,24	1,21	44,49
n 50	0,297	100,00	0,26	0,23	1,12	35,46
n 100	0,149	100,00	0,24	0,21	0,94	26,86
n 200	0,074	100,00	0,17	0,18	0,76	13,07





Rua do Comércio 3000
Bairro Universitário
fone: 0xx 55 3332 0505



Caracterização de Agregados

1 - IDENTIFICAÇÃO

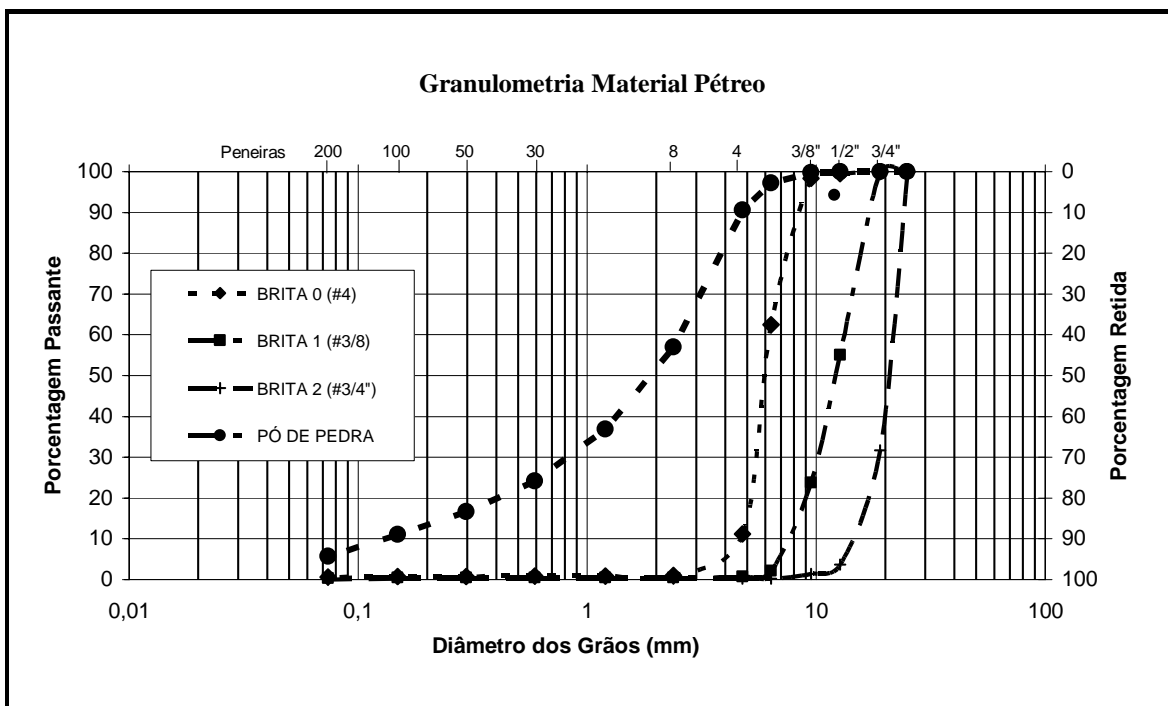
Projeto:	TCC
Operador:	Eduardo Suliman Bueno
Data:	
Objetivo:	Caracterização das propriedades físicas
Obs:	



2. PROCEDÊNCIA DOS MATERIAIS



Material	Procedência
BRITA 3 (#1 1/2")	-
BRITA 2 (#3/4")	Pedreira "E"
BRITA 1 (#3/8)	Pedreira "E"
BRITA 0 (#4)	Pedreira "E"
PÓ DE PEDRA	Pedreira "E"



3 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA



PENEIRA	mm	BRITA 3 (#1 1/2")	BRITA 2 (#3/4")	BRITA 1 (#3/8)	BRITA 0 (#4)	PO DE PEDRA
1"	25	100,00	98,69	100,00	100,00	100,00
3/4"	19	100,00	31,67	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,7	100,00	3,70	55,14	99,50	100,00
3/8"	9,5	100,00	1,40	23,76	98,38	99,77
1/4"	6,35	100,00	0,31	2,12	62,51	97,18
n 4	4,76	100,00	0,28	0,71	11,17	90,56
n 8	2,38	100,00	0,27	0,54	1,05	56,98
n 16	1,2	100,00	0,26	0,52	0,91	36,95
n 30	0,59	100,00	0,25	0,50	0,85	24,14
n 50	0,297	100,00	0,24	0,48	0,81	16,67
n 100	0,149	100,00	0,21	0,46	0,76	11,13
n 200	0,074	100,00	0,06	0,39	0,59	5,67





		Rua do Comércio 3000 Bairro Universitário fone: 0xx 55 3332 0505			
Caracterização de Agregados					
1 - IDENTIFICAÇÃO					
Projeto:		TCC			
Operador:		Eduardo Suliman Bueno			
Data:					
Objetivo:		Caracterização das propriedades físicas			
Obs:		Pedreira A			
2 - Massa Unitária Solta					
Pó de pedra					
Peso Bruto (Kg)		Peso Líquido (Kg)	Peso Líquido Médio (Kg)	Massa Unitária Média (Kg/dm³)	
40,24		31,61	31,89	1,5947	
40,57		31,94			
40,76		32,13			
Tara (Kg): 8,63			Volume (dm ³): 20,00		
Brita 0 #4					
Peso Bruto (Kg)		Peso Líquido (Kg)	Peso Líquido Médio (Kg)	Massa Unitária Média (Kg/dm³)	
37,59		28,96	28,95	1,4475	
37,45		28,82			
37,70		29,07			
Tara (Kg): 8,63			Volume (dm ³): 20,00		
Brita 1 #3/8					
Peso Bruto (Kg)		Peso Líquido (Kg)	Peso Líquido Médio (Kg)	Massa Unitária Média (Kg/dm³)	
39,28		30,65	30,72	1,5358	
39,50		30,87			
39,26		30,63			
Tara (Kg): 8,63			Volume (dm ³): 20,00		
Brita 1 #3/4					
Peso Bruto (Kg)		Peso Líquido (Kg)	Peso Líquido Médio (Kg)	Massa Unitária Média (Kg/dm³)	
41,61		32,98	32,81	1,6405	
41,20		32,57			
41,51		32,88			
Tara (Kg): 8,63			Volume (dm ³): 20,00		

		Rua do Comércio 3000 Bairro Universitário fone: 0xx 55 3332 0505			
Caracterização de Agregados					
1 - IDENTIFICAÇÃO					
Projeto:		TCC			
Operador:		Eduardo Suliman Bueno			
Data:					
Objetivo:		Caracterização das propriedades físicas			
Obs:		Pedreira B			
2 - Massa Unitária Solta					
Pó de pedra					
Peso Bruto (Kg)		Peso Líquido (Kg)		Massa Unitária Média (Kg/dm³)	
42,31		33,68		1,6897	
42,35		33,72			
42,61		33,98			
Tara (Kg): 8,63		Volume (dm ³): 20,00			
Brita 0 #4					
Peso Bruto (Kg)		Peso Líquido (Kg)		Massa Unitária Média (Kg/dm³)	
34,82		26,19		1,3338	
35,15		26,52			
35,95		27,32			
Tara (Kg): 8,63		Volume (dm ³): 20,00			
Brita 1 #3/8					
Peso Bruto (Kg)		Peso Líquido (Kg)		Massa Unitária Média (Kg/dm³)	
37,94		29,31		1,4667	
38,13		29,50			
37,82		29,19			
Tara (Kg): 8,63		Volume (dm ³): 20,00			



		Rua do Comércio 3000 Bairro Universitário fone: 0xx 55 3332 0505			
Caracterização de Agregados					
1 - IDENTIFICAÇÃO					
Projeto:		TCC			
Operador:		Eduardo Suliman Bueno			
Data:					
Objetivo:		Caracterização das propriedades físicas			
Obs:		Pedreira C			
2 - Massa Unitária Solta					
Pó de pedra					
<i>Peso Bruto (Kg)</i>		<i>Peso Líquido (Kg)</i>	<i>Peso Líquido Médio (Kg)</i>		<i>Massa Unitária Média (Kg/dm³)</i>
40,77		32,14	32,13		1,6067
40,91		32,28			
40,61		31,98			
Tara (Kg): 8,63		Volume (dm³): 20,00			
Brita 0 #4					
<i>Peso Bruto (Kg)</i>		<i>Peso Líquido (Kg)</i>	<i>Peso Líquido Médio (Kg)</i>		<i>Massa Unitária Média (Kg/dm³)</i>
38,15		29,52	29,77		1,4885
38,40		29,77			
38,65		30,02			
Tara (Kg): 8,63		Volume (dm³): 20,00			
Brita 1 #3/8					
<i>Peso Bruto (Kg)</i>		<i>Peso Líquido (Kg)</i>	<i>Peso Líquido Médio (Kg)</i>		<i>Massa Unitária Média (Kg/dm³)</i>
38,75		30,12	30,58		1,5292
39,40		30,77			
39,49		30,86			
Tara (Kg): 8,63		Volume (dm³): 20,00			
Brita 2 #3/4					
<i>Peso Bruto (Kg)</i>		<i>Peso Líquido (Kg)</i>	<i>Peso Líquido Médio (Kg)</i>		<i>Massa Unitária Média (Kg/dm³)</i>
39,91		31,28	30,95		1,5475
39,27		30,64			
39,56		30,93			
Tara (Kg): 8,63		Volume (dm³): 20,00			

		Rua do Comércio 3000 Bairro Universitário fone: 0xx 55 3332 0505		 <small>Laboratório de Engenharia Civil</small>	
Caracterização de Agregados					
1 - IDENTIFICAÇÃO					
Projeto:		TCC			
Operador:		Eduardo Suliman Bueno			
Data:					
Objetivo:		Caracterização das propriedades físicas			
Obs:		Pedreira D			
2 - Massa Unitária Solta					
Pó de pedra					
<i>Peso Bruto (Kg)</i>		<i>Peso Líquido (Kg)</i>	<i>Peso Líquido Médio (Kg)</i>		<i>Massa Unitária Média (Kg/dm³)</i>
42,62		33,99	34,26		1,7132
42,91		34,28			
43,15		34,52			
Tara (Kg): 8,63		Volume (dm ³): 20,00			
Brita 0 #4					
<i>Peso Bruto (Kg)</i>		<i>Peso Líquido (Kg)</i>	<i>Peso Líquido Médio (Kg)</i>		<i>Massa Unitária Média (Kg/dm³)</i>
37,39		28,76	28,57		1,4287
37,27		28,64			
36,95		28,32			
Tara (Kg): 8,63		Volume (dm ³): 20,00			
Brita 1 #3/8					
<i>Peso Bruto (Kg)</i>		<i>Peso Líquido (Kg)</i>	<i>Peso Líquido Médio (Kg)</i>		<i>Massa Unitária Média (Kg/dm³)</i>
46,46		37,83	37,75		1,8875
46,33		37,70			
46,35		37,72			
Tara (Kg): 8,63		Volume (dm ³): 20,00			
Brita 2 #3/4					
<i>Peso Bruto (Kg)</i>		<i>Peso Líquido (Kg)</i>	<i>Peso Líquido Médio (Kg)</i>		<i>Massa Unitária Média (Kg/dm³)</i>
38,84		30,21	30,42		1,5210
39,32		30,69			
38,99		30,36			
Tara (Kg): 8,63		Volume (dm ³): 20,00			

		Rua do Comércio 3000 Bairro Universitário fone: 0xx 55 3332 0505			
Caracterização de Agregados					
1 - IDENTIFICAÇÃO					
Projeto:		TCC			
Operador:		Eduardo Suliman Bueno			
Data:					
Objetivo:		Caracterização das propriedades físicas			
Obs:		Pedreira E			
2 - Massa Unitária Solta					
Pó de pedra					
Peso Bruto (Kg)		Peso Líquido (Kg)		Massa Unitária Média (Kg/dm³)	
41,04		32,41		1,6323	
41,10		32,47			
41,69		33,06			
Tara (Kg): 8,63				Volume (dm³): 20,00	
Brita 0 #4					
Peso Bruto (Kg)		Peso Líquido (Kg)		Massa Unitária Média (Kg/dm³)	
35,58		26,95		1,3398	
35,51		26,88			
35,19		26,56			
Tara (Kg): 8,63				Volume (dm³): 20,00	
Brita 1 #3/8					
Peso Bruto (Kg)		Peso Líquido (Kg)		Massa Unitária Média (Kg/dm³)	
39,20		30,57		1,5175	
38,98		30,35			
38,76		30,13			
Tara (Kg): 8,63				Volume (dm³): 20,00	
Brita 1 #3/4					
Peso Bruto (Kg)		Peso Líquido (Kg)		Massa Unitária Média (Kg/dm³)	
40,73		32,10		1,5562	
39,67		31,04			
38,86		30,23			
Tara (Kg): 8,63				Volume (dm³): 20,00	



Brita		0		1		2	
		1	2	1	2	1	2
Caracterização de agregado							
Pedreira A							
		0		1		2	
Determinação		1	2	1	2	1	2
Dados do ensaio	Peso seco Ps (g)	579	587	1727	1757	1795	1809
	Peso úmido Ph (g)	591	600	1744	1775	1810	1831
	Peso imerso Pi (g)	388,54	393,7	1157,58	1175,05	1199,3	1218,99
Massa Específica aparente MEA	Ph-Pi = vol. aparente do agregado (cm ³)	202,46	206,3	586,42	599,95	610,7	612,01
	Massa específica aparente (g/cm ³)	2,86	2,85	2,94	2,93	2,94	2,96
	Massa específica aparente média (g/cm ³)	2,85		2,94		2,95	
Massa Específica Real MER	Ps-Pi = vol. real do agregado (cm ³)	190,46	193,3	569,42	581,95	595,7	590,01
	Massa específica real (g/cm ³)	3,04	3,04	3,03	3,02	3,01	3,07
	Massa específica real média (g/cm ³)	3,04		3,03		3,04	
Absorção	Ph-Ps = volume de água absorvido (cm ³)	12	13	17	18	15	22
	Absorção (%)	2,07	2,21	0,98	1,02	0,84	1,22
	Absorção média (%)	2,14		1,00		1,03	

		0		1	
		1	2	1	2
Caracterização de agregado					
Pedreira B					
Brita					
Determinação					
Dados do ensaio	Peso seco Ps (g)	582	590	1734	1738
	Peso úmido Ph (g)	595	607	1755	1760
	Peso imerso Pi (g)	392,24	397,84	1172,49	1179,86
Massa Específica aparente MEA	Ph-Pi = vol. aparente do agregado (cm ³)	202,76	209,16	582,51	580,14
	Massa específica aparente (g/cm ³)	2,87	2,82	2,98	3,00
	Massa específica aparente média (g/cm ³)	2,85		2,99	
Massa Específica Real MER	Ps-Pi = vol. real do agregado (cm ³)	189,76	192,16	561,51	558,14
	Massa específica real (g/cm ³)	3,07	3,07	3,09	3,11
	Massa específica real média (g/cm ³)	3,07		3,10	
Absorção	Ph-Ps = volume de água absorvido (cm ³)	13	17	21	22
	Absorção (%)	2,23	2,88	1,21	1,27
	Absorção média (%)	2,56		1,24	

		Rua do Comércio 3000 Bairro Universitário fone: 0xx 55 3332 0505				 <small>Laboratório de Engenharia Civil</small>			
		Caracterização de agregado							
Pedreira C									
		Brita		0		1		2	
		Determinação		1	2	1	2	1	2
Dados do ensaio	Peso seco Ps (g)	565,0	598,0	1780,0	1688,0	1798,0	1680,0		
	Peso úmido Ph (g)	578,0	613,0	1814,0	1714,0	1820,0	1700,0		
	Peso imerso Pi (g)	380,0	402,5	1187,1	1125,2	1194,8	1116,4		
Massa Específica Aparente MEA	Ph-Pi = vol. aparente do agregado (cm ³)	198,0	210,5	626,9	588,8	625,2	583,6		
	Massa específica aparente (g/cm ³)	2,9	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9		
	Massa específica aparente média (g/cm ³)	2,8		2,9		2,9			
Massa Específica Real MER	Ps-Pi = vol. real do agregado (cm ³)	185,0	195,5	592,9	562,8	603,2	563,6		
	Massa específica real (g/cm ³)	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	3,0		
	Massa específica real média (g/cm ³)	3,1		3,0		3,0			
Absorção	Ph-Ps = volume de água absorvido (cm ³)	13,0	15,0	34,0	26,0	22,0	20,0		
	Absorção (%)	2,3	2,5	1,9	1,5	1,2	1,2		
	Absorção média (%)	2,4		1,7		1,2			

		0		1		2	
		1	2	1	2	1	2
Caracterização de agregado							
Pedreira D							
Brita							
Determinação							
Dados do ensaio	Peso seco Ps (g)	572	564	1579	1732	1679	1696
	Peso úmido Ph (g)	589	577	1603	1761	1701	1722
	Peso imerso Pi (g)	383,5	378,02	1055,99	1144,94	1120,53	1133,68
Massa Específica aparente MEA	Ph-Pi = vol. aparente do agregado (cm ³)	205,5	198,98	547,01	616,06	580,47	588,32
	Massa específica aparente (g/cm ³)	2,78	2,83	2,89	2,81	2,89	2,88
	Massa específica aparente média (g/cm ³)	2,81		2,85		2,89	
Massa Específica Real MER	Ps-Pi = vol. real do agregado (cm ³)	188,5	185,98	523,01	587,06	558,47	562,32
	Massa específica real (g/cm ³)	3,03	3,03	3,02	2,95	3,01	3,02
	Massa específica real média (g/cm ³)	3,03		2,98		3,01	
Absorção	Ph-Ps = volume de água absorvido (cm ³)	17	13	24	29	22	26
	Absorção (%)	2,97	2,30	1,52	1,67	1,31	1,53
	Absorção média (%)	2,64		1,60		1,42	

Brita		0		1		2	
		1	2	1	2	1	2
Caracterização de agregado							
Pedreira E							
		0		1		2	
Determinação		1	2	1	2	1	2
Dados do ensaio	Peso seco Ps (g)	549	530	1657	1701	1694	1621
	Peso úmido Ph (g)	562	540	1679	1726	1711	1640
	Peso imerso Pi (g)	367,91	356,85	1112,04	1126,45	1135,97	1088,14
Massa Específica aparente MEA	Ph-Pi = vol. aparente do agregado (cm ³)	194,09	183,15	566,96	599,55	575,03	551,86
	Massa específica aparente (g/cm ³)	2,83	2,89	2,92	2,84	2,95	2,94
	Massa específica aparente média (g/cm ³)	2,86		2,88		2,94	
Massa Específica Real MER	Ps-Pi = vol. real do agregado (cm ³)	181,09	173,15	544,96	574,55	558,03	532,86
	Massa específica real (g/cm ³)	3,03	3,06	3,04	2,96	3,04	3,04
	Massa específica real média (g/cm ³)	3,05		3,00		3,04	
Absorção	Ph-Ps = volume de água absorvido (cm ³)	13	10	22	25	17	19
	Absorção (%)	2,37	1,89	1,33	1,47	1,00	1,17
	Absorção média (%)	2,13		1,40		1,09	

	<p>Rua do Comércio 3000 Bairro Universitário fone: 0xx 55 3332 0505</p>	 Laboratório de Engenharia Civil
---	--	--

Pedeira A - Brita 2									
PENEIRA	GRANULOM.	TAMANHO DAS FRAÇÕES		COLUNA A	COLUNA B	COLUNA C	COLUNA D	COLUNA E	
	% que passa	Passante na Peneira	Retido na Peneira	% das Frações	Peso da Fração	Peso do material que passa de cada fração	Índice de lamelaridade de cada fração (C/B.100)	Índice de lamelaridade ponderado de cada fração (A.D)	
2 1/2 "									
2 "									
1 1/2 "									
1 1/4 "	100,0								
1 "	84,73	1 1/4"	1 "	15,27	2751	527	19,16	292,53	
3/4 "	13,53	1"	3/4 "	71,20	3850	134	3,48	247,82	
1/2 "	0,99	3/4"	1/2 "	12,53	756	90	11,90	149,22	
3/8 "	0,95	1/2 "	3/8 "	0,04	276	57	20,65	0,80	
1/4 "	0,93	3/8 "	1/4 "	0,02	120	43	35,83	0,86	
				Σ_1	83,80			Σ_2	398,70

ÍNDICE DE LAMELARIDADE DO AGREGADO (Σ_2 / Σ_1) :	4,76
--	-------------

Pedreira A - Brita 1									
PENEIRA	GRANULOM.	TAMANHO DAS FRAÇÕES		COLUNA A	COLUNA B	COLUNA C	COLUNA D	COLUNA E	
	% que passa	Passante na Peneira	Retido na Peneira	% das Frações	Peso da Fração	Peso do material que passa de cada fração	Índice de lamelaridade de cada fração (C/B.100)	Índice de lamelaridade ponderado de cada fração (A.D)	
2 1/2 "									
2 "									
1 1/2 "									
1 1/4 "									
1 "	100,00								
3/4 "	99,46	1"	3/4 "	73,63	3790	428	11,29	831,52	
1/2 "	25,82	3/4"	1/2 "	21,15	3129	600	19,18	405,48	
3/8 "	4,68	1/2 "	3/8 "	4,03	740	140	18,92	76,27	
1/4 "	0,65	3/8 "	1/4 "	4,03	300	77	25,67	103,47	
				Σ_1	102,84			Σ_2	1416,74

ÍNDICE DE LAMELARIDADE DO AGREGADO (Σ_2 / Σ_1) :	13,78
--	--------------

	<p>Rua do Comércio 3000 Bairro Universitário fone: 0xx 55 3332 0505</p>	 Laboratório de Engenharia Civil
---	--	--

Pedreira B - Brita 1								
PENEIRA	GRANULOM.	TAMANHO DAS FRAÇÕES		COLUNA A	COLUNA B	COLUNA C	COLUNA D	COLUNA E
	% que passa	Passante na Peneira	Retido na Peneira	% das Frações	Peso da Fração	Peso do material que passa de cada fração	Índice de lamelaridade de cada fração (C/B.100)	Índice de lamelaridade ponderado de cada fração (A.D)
2 1/2 "								
2 "								
1 1/2 "								
1 1/4 "								
1 "								
3/4 "	100,00							
1/2 "	48,03	3/4"	1/2 "	51,97	1130	321	28,41	1476,25
3/8 "	14,78	1/2 "	3/8 "	33,25	914	231	25,27	840,40
1/4 "	0,97	3/8 "	1/4 "	13,81	224	68	30,36	419,10
				Σ_1 99,03				Σ_2 2735,75

ÍNDICE DE LAMELARIDADE DO AGREGADO (Σ_2 / Σ_1) :	27,63
--	--------------



Rua do Comércio 3000
Bairro Universitário
fone: 0xx 55 3332 0505



Pedreira C - Brita 2									
PENEIRA	GRANULOM.	TAMANHO DAS FRAÇÕES		COLUNA A	COLUNA B	COLUNA C	COLUNA D	COLUNA E	
	% que passa	Passante na Peneira	Retido na Peneira	% das Frações	Peso da Fração	Peso do material que passa de cada fração	Índice de lamelaridade de cada fração (C/B.100)	Índice de lamelaridade ponderado de cada fração (A.D)	
2 1/2 "									
2 "									
1 1/2 "									
1 1/4 "	100,0								
1 "	96,26	1 1/4"	1 "	3,74	1705	188	11,03	41,26	
3/4 "	26,57	1"	3/4 "	69,69	3503	472	13,47	938,97	
1/2 "	0,73	3/4"	1/2 "	25,84	1917	223	11,63	300,61	
3/8 "	0,54	1/2 "	3/8 "	0,19	1705	188	11,03	2,08	
1/4 "	0,46	3/8 "	1/4 "	0,08	332	65	19,58	1,54	
				Σ_1	95,80			Σ_2	1243,20

ÍNDICE DE LAMELARIDADE DO AGREGADO (Σ_2 / Σ_1) : 12,98

Pedreira C - Brita 1									
PENEIRA	GRANULOM.	TAMANHO DAS FRAÇÕES		COLUNA A	COLUNA B	COLUNA C	COLUNA D	COLUNA E	
	% que passa	Passante na Peneira	Retido na Peneira	% das Frações	Peso da Fração	Peso do material que passa de cada fração	Índice de lamelaridade de cada fração (C/B.100)	Índice de lamelaridade ponderado de cada fração (A.D)	
2 1/2 "									
2 "									
1 1/2 "									
1 1/4 "									
1 "	100,00								
3/4 "	99,68	1"	3/4 "	56,55	1507	382	25,35	1433,48	
1/2 "	43,12	3/4"	1/2 "	28,85	1136	281	24,74	713,71	
3/8 "	14,27	1/2 "	3/8 "	13,34	531	101	19,02	253,70	
1/4 "	0,93	3/8 "	1/4 "	13,34	332	65	19,58	261,14	
				Σ_1	112,08			Σ_2	2662,04

ÍNDICE DE LAMELARIDADE DO AGREGADO (Σ_2 / Σ_1) : 23,75



Rua do Comércio 3000
Bairro Universitário
fone: 0xx 55 3332 0505



Pedreira D - Brita 2									
PENEIRA	GRANULOM.	TAMANHO DAS FRAÇÕES		COLUNA A	COLUNA B	COLUNA C	COLUNA D	COLUNA E	
	% que passa	Passante na Peneira	Retido na Peneira	% das Frações	Peso da Fração	Peso do material que passa de cada fração	Índice de lamelaridade de cada fração (C/B.100)	Índice de lamelaridade ponderado de cada fração (A.D)	
2 1/2 "									
2 "									
1 1/2 "									
1 1/4 "	100,0								
1 "	99,82	1 1/4"	1 "	0,18	0	0			
3/4 "	56,78	1"	3/4 "	43,04	2993	717	23,96	1031,07	
1/2 "	0,78	3/4"	1/2 "	56,00	2143	197	9,19	514,75	
3/8 "	0,47	1/2 "	3/8 "	0,31	0	0			
1/4 "	0,35	3/8 "	1/4 "	0,12	0	0			
				Σ_1	99,47			Σ_2	1545,82

ÍNDICE DE LAMELARIDADE DO AGREGADO (Σ_2 / Σ_1) : 15,54

Pedreira D - Brita 1									
PENEIRA	GRANULOM.	TAMANHO DAS FRAÇÕES		COLUNA A	COLUNA B	COLUNA C	COLUNA D	COLUNA E	
	% que passa	Passante na Peneira	Retido na Peneira	% das Frações	Peso da Fração	Peso do material que passa de cada fração	Índice de lamelaridade de cada fração (C/B.100)	Índice de lamelaridade ponderado de cada fração (A.D)	
2 1/2 "									
2 "									
1 1/2 "									
1 1/4 "									
1 "	100,00								
3/4 "	99,48								
1/2 "	35,74	3/4"	1/2 "	26,99	1254	257	20,49	553,06	
3/8 "	8,76	1/2 "	3/8 "	8,20	506	91	17,98	147,42	
1/4 "	0,56	3/8 "	1/4 "	8,20	270	53	19,63	160,90	
				Σ_1	43,38			Σ_2	861,38

ÍNDICE DE LAMELARIDADE DO AGREGADO (Σ_2 / Σ_1) : 19,86



Rua do Comércio 3000
Bairro Universitário
fone: 0xx 55 3332 0505





Pedreira E - Brita 2									
PENEIRA	GRANULOM.	TAMANHO DAS FRAÇÕES		COLUNA A	COLUNA B	COLUNA C	COLUNA D	COLUNA E	
	% que passa	Passante na Peneira	Retido na Peneira	% das Frações	Peso da Fração	Peso do material que passa de cada fração	Índice de lamelaridade de cada fração (C/B.100)	Índice de lamelaridade ponderado de cada fração (A.D)	
2 1/2 "									
2 "									
1 1/2 "									
1 1/4 "									
1 "	98,69								
3/4 "	31,67	1"	3/4 "	67,01	3383	1552	45,88	3074,33	
1/2 "	3,70	3/4"	1/2 "	27,98	1563	190	12,16	340,09	
3/8 "	1,40	1/2 "	3/8 "	2,29	277	45	16,25	37,28	
1/4 "	0,31	3/8 "	1/4 "	1,09	110	70	63,64	69,31	
				Σ_1	98,37			Σ_2	3521,00

ÍNDICE DE LAMELARIDADE DO AGREGADO (Σ_2 / Σ_1) : 35,79

Pedreira E - Brita 1									
PENEIRA	GRANULOM.	TAMANHO DAS FRAÇÕES		COLUNA A	COLUNA B	COLUNA C	COLUNA D	COLUNA E	
	% que passa	Passante na Peneira	Retido na Peneira	% das Frações	Peso da Fração	Peso do material que passa de cada fração	Índice de lamelaridade de cada fração (C/B.100)	Índice de lamelaridade ponderado de cada fração (A.D)	
2 1/2 "									
2 "									
1 1/2 "									
1 1/4 "									
1 "									
3/4 "	100,00								
1/2 "	55,14	3/4"	1/2 "	31,38	954	268	28,09	881,46	
3/8 "	23,76	1/2 "	3/8 "	21,64	567	121	21,34	461,90	
1/4 "	2,12	3/8 "	1/4 "	21,64	210	66	31,43	680,26	
				Σ_1	74,67			Σ_2	2023,62



ÍNDICE DE LAMELARIDADE DO AGREGADO (Σ_2 / Σ_1) : 27,10

	<p>Rua do Comércio 3000 Bairro Universitário fone: 0xx 55 3332 0505</p>	 <small>Laboratório de Engenharia Civil</small>
Abrasão "Los Angeles"		



Pedreira A - Brita 0 - Faixa C	
Abrasão "Los Angeles" (%):	5000
Peso seco após peneira nº12 (g):	3897,4
Abrasão "Los Angeles" (%):	22,05

Pedreira A - Brita 1 - Faixa B	
Peso total da amostra (g):	5000
Peso seco após peneira nº12 (g):	4097,8
Abrasão "Los Angeles" (%):	18,04

Pedreira A - Brita 2 - Faixa B	
Peso total da amostra (g):	5000
Peso seco após peneira nº12 (g):	3916,3
Abrasão "Los Angeles" (%):	21,67

	<p>Rua do Comércio 3000 Bairro Universitário fone: 0xx 55 3332 0505</p>	 <small>Laboratório de Engenharia Civil</small>
Abrasão "Los Angeles"		



Pedreira B - Brita 1 - Faixa B	
Peso total da amostra (g):	5000
Peso seco após peneira nº12 (g):	3932,4
Abrasão "Los Angeles" (%):	21,35

	Rua do Comércio 3000 Bairro Universitário fone: 0xx 55 3332 0505	 <small>Laboratório de Engenharia Civil</small>
	Abrasão "Los Angeles"	

Pedreira C - Brita 0 - Faixa C	
Peso total da amostra (g):	5000
Peso seco após peneira nº12 (g):	3556,2
Abrasão "Los Angeles" (%):	28,88

Pedreira C - Brita 1 - Faixa B	
Peso total da amostra (g):	5000
Peso seco após peneira nº12 (g):	3864,3
Abrasão "Los Angeles" (%):	22,71



Pedreira C - Brita 2 - Faixa B	
Peso total da amostra (g):	5000
Peso seco após peneira nº12 (g):	3816,4
Abrasão "Los Angeles" (%):	23,67

	Rua do Comércio 3000 Bairro Universitário fone: 0xx 55 3332 0505	 <small>Laboratório de Engenharia Civil</small>
	Abrasão "Los Angeles"	

Pedreira D - Brita 0 - Faixa C	
Peso total da amostra (g):	5000
Peso seco após peneira nº12 (g):	3803,2
Abrasão "Los Angeles" (%):	23,94

Pedreira D - Brita 1 - Faixa B	
Peso total da amostra (g):	5000
Peso seco após peneira nº12 (g):	4018,00
Abrasão "Los Angeles" (%):	19,64

Pedreira D - Brita 2 - Faixa B	
Peso total da amostra (g):	5000
Peso seco após peneira nº12 (g):	3954,8
Abrasão "Los Angeles" (%):	20,90

	Rua do Comércio 3000 Bairro Universitário fone: 0xx 55 3332 0505	 <small>Laboratório de Engenharia Civil</small>
	Abrasão "Los Angeles"	

Pedreira E - Brita 1 - Faixa B	
Peso total da amostra (g):	5000
Peso seco após peneira n°12 (g):	4245,6
Abrasão "Los Angeles" (%):	15,09

Pedreira E - Brita 2 - Faixa B	
Peso total da amostra (g):	5000
Peso seco após peneira n°12 (g):	4224,4
Abrasão "Los Angeles" (%):	15,51

	Rua do Comércio 3000 Bairro Universitário fone: 0xx 55 3332 0505	 <small>Laboratório de Engenharia Civil</small>
	Caracterização de Agregados	

Pedreira D		
Amostra:	1	2
P E S O S	PIC 3	PIC 4
P₁ (P)	128,56	131,59
P₂ (P+S)	305,67	299,66
P₃ (P+S+A)	739,18	736,58
P₄ (P+A)	617,26	620,43
ME1 ME2	3,209	3,237
MÉDIA (g/cm³)	3,223	
Diferença:	0,028	

Pedreira E		
Amostra:	1	2
P E S O S	PIC 1	PIC 2
P₁ (P)	128,56	131,59
P₂ (P+S)	311,00	293,47
P₃ (P+S+A)	737,94	728,00
P₄ (P+A)	617,26	620,43
ME1 ME2	2,954	2,981
MÉDIA (g/cm³)	2,967	
Diferença:	0,027	