



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CAMPUS CARAÚBAS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA TECNOLOGIA

MARIANA TEIXEIRA MAIA

**ESTADO DA ARTE SOBRE A SUBSTITUIÇÃO DE AREIA NATURAL PELO
PÓ DE PEDRA NA FABRICAÇÃO DE CONCRETO**

CARAÚBAS/RN

2014

MARIANA TEIXEIRA MAIA

**ESTADO DA ARTE SOBRE A SUBSTITUIÇÃO DE AREIA NATURAL PELO
PÓ DE PEDRA NA FABRICAÇÃO DE CONCRETO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal Rural
do Semi-Árido (UFERSA), como
exigência final para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Kleber Cavalcanti Cabral –
UFERSA.

CARAÚBAS/RN

2014

O Conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade de seus autores



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Campus Caraúbas (BCC)

M217e Maia, Mariana Teixeira.

Estado da arte sobre a substituição de areia natural pelo pó de pedra na fabricação de concreto. / Mariana Teixeira Maia -- Caraúbas, 2014.

38f. : il.

Orientador: Prof. Kleber Cavalcanti Cabral

Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Graduação.

1. Construção civil. 2. Pó de pedra. 3. Impactos ambientais.
I. Título.

RN/UFERSA/BCC

CDD: 624.1832

Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB-15/700

MARIANA TEIXEIRA MAIA

**ESTADO DA ARTE SOBRE A SUBSTITUIÇÃO DE AREIA NATURAL PELO
PÓ DE PEDRA NA FABRICAÇÃO DE CONCRETO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido
(UFERSA), como exigência
final para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e
Tecnologia.

Aprovado em 06 de agosto de 2014

Comissão examinadora:

Kleber Cavalcanti Cabral

Orientador- UFERSA

Erica Natasche de Medeiros Gurgel Pinto

Membro interno - UFERSA

Joelton Fonseca Barbosa

Membro interno - UFERSA

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, e a Gabriel.
A vocês que me deram a
vida, me ensinaram a vive-la
com dignidade, e é onde eu
vejo meus principais motivos
de seguir adiante.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida. Por sempre cuidar tão bem de mim, não me deixando um minuto sequer aflita pelas adversidades impostas pela vida.

Aos meus pais, João Batista e Jeane Teixeira, que tanto fizeram e fazem por mim, não me deixando desamparada em nenhum momento, onde estiveram presentes em todas as circunstâncias e etapa desta realização.

Aos meus familiares, pelo amor e acolhimento em todos os momentos.

Aos meus primos, Marina Melo, Bárbara Melo, Laura Teixeira, Aurora Melo, Solano Melo e Leonardo Melo pelo elo tão forte que existe entre a gente, sempre tão dispostos a me ajudar com seus conselhos e palavras de motivação.

A Danilo Rocha Alves, que tem sido um namorado e companheiro em toda essa jornada, estando comigo desde o princípio, fazendo com que esse nosso sonho se tornasse realidade.

Aos meus queridos amigos da UFERSA Caraúbas, pelo apoio e noites de estudos em claro.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), pela oportunidade de fazer tornar realidade este sonho.

Ao meu orientador Kleber Cavalcanti Cabral, que se dispôs a me orientar e me ajudar, agregando valores aos meus conhecimentos.

Enfim, a todos os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

O estudo sobre os agregados minerais para a construção civil, é de suma importância e de interesse para a sociedade, pois estes estão interligados a qualidade de vida e interesses socioeconômico de um país. Assim como os agregados (areia, brita e cascalho), há um outro ponto importante a ser estudado para melhoria em relação a essas construções, onde envolve a substituição de areia natural pelo pó de pedra, onde este é resíduo industrial gerado a partir de britagens de rocha. O pó de pedra já é utilizado em diversos países há muitos anos, sendo este usado na confecção de concretos, blocos de concretos, pré-moldados de concretos, base e sub-base asfáltica. Portanto, serão analisadas suas influencias na fabricação de concretos e argamassas de revestimento, como também a realização de estudo bibliográfico referente a resistência à compressão, a impermeabilidade, o fator econômico e ecológico, onde o pó de pedra não se encontra em um destino apropriado, na maioria das vezes sendo encontrados em pátios de pedreiras. A utilização do mesmo nos traz muitos benefícios, como por exemplo, o modo sustentável deste material, tendo assim a redução do uso de agregados naturais. Sabendo que a construção civil é um dos maiores consumidores de matérias primas naturais, já que o concreto é considerado hoje o material mais utilizado em todo o mundo. O uso demasiado deste produto, vem gerando preocupações com relação à preservação do meio ambiente, desta forma, são realizados estudos onde, o uso deste resíduo substitua totalmente ou parcialmente, com desempenho satisfatório o uso de agregados. Diminuindo assim os impactos ambientais gerados por ambas as partes, seja ele, pelos resíduos gerados ou pela retirada de recursos naturais. Assim, a reciclagem é a melhor alternativa para reduzir o impacto ambiental causado por este tipo de construção.

PALAVRAS CHAVES: Construção civil, pó de pedra e impactos ambientais.

ABSTRACT

The study on mineral aggregates for the construction industry, it is of paramount importance and of interest to society, because they are linked to quality of life and socio-economic interests of a country. As the aggregates (sand, gravel and crushed stone), there is another important point to be studied for improvement on these constructions, which involves replacing the natural sand stone powder, industrial waste where it is generated from crushing plants rock. The stone powder is already used in many countries for many years, which is used in making concrete, concrete blocks, precast concrete, asphalt base and sub-base. Therefore, their influences will be analyzed in the manufacture of concrete and mortar coating, as well as conducting literature research regarding the compressive strength, impermeability, economic and ecological factor, where the stone dust is not in an appropriate target, most often being found on patios quarries. The use of the same brings many benefits, such as the sustainably this material, with the reduction in the use of natural aggregates. The use of the same brings many benefits, such as the sustainably this material, with the reduction in the use of natural aggregates. Knowing that the construction is a major consumer of natural raw materials, since the concrete is considered today the most widely used material worldwide. The overuse of this product, has generated concerns about the preservation of the environment, thus, studies where the use of this residue completely or partially replace with satisfactory performance using aggregates are performed. Thereby reducing the environmental impacts of both parties, be it by the waste generated or the removal of natural resources. Thus, recycling is the best alternative to reduce the environmental impact of this type of construction.

KEYWORDS: Construction, stone dust and environmental impacts.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais utilizações dos agregados	16
Tabela 2 - Propriedades do concreto influenciadas pelas características do agregado...	19
Tabela 3: Produção anual brasileira do bem mineral.....	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 4: Modelos de cimento Portland.....	21
Figura 1: Local de despejo do agregado miúdo (pó de pedra).	28
Figura 2: Setor primário da exploração da jazida.	28
Figura 3: Traços e valores de resistência a compressão. (SÁ, 2006 apud MENOSSEI et. al. 2004).	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVOS	14
2. REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1. AGREGADOS	15
2.2. TRAÇO DO CONCRETO	21
2.3. DETERMINAÇÃO DO FATOR ÁGUA/CIMENTO	23
2.4. ENSAIO DE TRONCO DE CONE E MOLDAGEM DOS CORPOS-DE-PROVA	26
2.5. ENSAIO À COMPRESSÃO SIMPLES	26
3.1. PÓ DE PEDRA	27
3.2. PÓ DE PEDRA NO BRASIL	31
3.3. PÓ DE PEDRA NO RIO GRANDE DO NORTE	32
4. CONCLUSÃO	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

1. INTRODUÇÃO

A construção civil, assim como outros ramos da atividade humana, visa a qualidade, sendo o consumidor o primeiro beneficiado, além de buscar paralelamente a sua segurança. Onde, a segurança de uma obra está na maioria dos casos relacionada as estruturas. Sendo este, de uso mais comum, as estruturas de concreto armado, ainda que, grande número destas estruturas apresentem sinais de deterioração antes de esgotada sua vida útil. A qualidade deste produto, assim como de outros produtos gerados para uso da construção civil, bem como, argamassa para revestimento, estão relacionados ao controle utilizado em todas suas etapas de produção, desde a escolha da matéria-prima até seu tempo de cura.

Segundo Neville (2001), uma estrutura de concreto é durável quando ela apresenta desempenho contínuo satisfatório, para as finalidades para qual foi projetada, que manterá sua resistência e condições normais de serviço durante a vida útil especificada.

De acordo com a NBR 6118 (2003), entende-se por vida útil de projeto, o período de tempo durante o qual as características da estruturas de concreto são mantidas sem exigir manutenção. Sendo a partir deste período que começa a efetiva deterioração das estruturas, com sinais visíveis de: corrosão da armadura, desagregação do concreto e fissuras.

Portanto, a qualidade dos concretos e argamassas de revestimento estão relacionados a qualidade dos agregados presentes na fabricação destes. Onde, grande quantidade destes materiais são produzidos com areia natural (agregado miúdo). Gerando assim, preocupações com a preservação do meio ambiente.

Com o desenvolvimento tecnológico das indústrias e o aumento da população nos centros urbanos, ocorreu, paralelamente, um aumento crescente da quantidade e diversidade de poluentes ambientais e, conseqüentemente, um comprometimento contínuo da qualidade de vida dos seres vivos no meio ambiente. Surgiu, então, a necessidade de consolidar novos modelos de desenvolvimento, buscando a sustentabilidade através de alternativas de utilização dos recursos existentes, orientadas por uma racionalidade ambiental, visando à preservação dos recursos naturais (KARPINSKI et. al. 2009).

Exemplo disso, é a retirada de areia de um rio que agride sua calha natural, provocando assim a perda da biodiversidade, comprometendo o regime de vazão dos

curtos de água e acelerando o ritmo de erosão das margens. Enquanto o pó de pedra, quando não se encontra em um destino apropriado, é estocada nos pátios das pedreiras, ao ar livre, podendo gerar danos ambientais como: poluição atmosférica causada pela grande quantidade de poeira, assoreamento de rios, entre outros danos causadores de impactos ambientais. Mesmo com a construção civil sendo reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, há um outro lado que apresenta-se como uma grande geradora de impactos ambientais, seja ela, pelo consumo de recursos naturais ou pela geração de resíduos. (SÁ, 2006).

Com o crescimento e desenvolvimento da população, o consumo de recursos naturais tem crescido de forma acentuada e inadequada. No Brasil há um grande déficit habitacional, desta forma o mercado da construção civil tem aumentado significativamente nas últimas décadas, e como consequência têm-se o aumento da extração de recursos naturais, pois a mesma é responsável pelo consumo de 20% a 50% de matérias primas naturais (SJÖSTRÖM apud JOHN, 2000).

Ultimamente, o interesse por políticas públicas para os resíduos gerados pelo setor da construção civil tem se acirrado com a discussão de questões ambientais. Uma vez que desperdiçar materiais, seja na forma de resíduo, seja sob outra natureza, significa desperdiçar recursos naturais, o que coloca a indústria da construção civil no centro das discussões na busca pelo desenvolvimento sustentável nas suas diversas dimensões (KARPINSKI, 2009).

As políticas ambientais relacionadas ao tema devem focar-se no adequado manuseio, visando uma possível reutilização ou redução, reciclagem e posterior disposição desses resíduos. A principal ação efetiva em termos legais, para a superação dos problemas ambientais, foi a criação da Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 2002, que definiu responsabilidades e deveres, justificando um novo sistema de gestão, o qual obriga os geradores a reduzir, reutilizar e reciclar, tratar e dispor os resíduos de construção e demolição (RCD). (SERNA E RESENDE, 2009).

Uma solução para este problema seria a substituição da areia natural pelo pó de pedra, onde, além da redução dos impactos ambientais, o mesmo apresenta resultados significativos com relação às degradações impostas pelo meio, como, erosão e oxidação do material, pois a mesma pode ser classificada como areia média, onde seu diâmetro máximo é de 4,8 mm, adequando-se assim, a todos os requisitos propostos (SÁ, 2006).

Neste caso, a melhor alternativa seria a reciclagem dos resíduos de pedreiras (pó de pedra), reduzindo assim, o impacto ambiental causado pela retirada e consumo de

recursos naturais e a geração de resíduos. Destacando-se para o descarte de sua fração granulométrica (abaixo de 0,075mm), que pode ocasionar uma série de impactos ambientais.

A nomenclatura “pó de pedra”, não está de acordo com a nomenclatura utilizada pela ABNT NBR 7225 (1993), que fala sobre, materiais de pedra e agregados naturais, definindo assim, “pó de pedra” como um material proveniente do britamento de pedra, de dimensão máxima inferior a 0,075mm. Portando, o presente trabalho tem como objetivo o reaproveitamento de todas as partes desses rejeitos de pedreiras, segundo outras literaturas, onde define pó de pedra como material proveniente da britagem das rochas obtendo diâmetro máximo inferior a 4,8mm. Utilizando assim, a nomenclatura comercial independente de sua granulometria, sendo este, o pó de pedra.

1.1. OBJETIVOS

Portando, o objetivo deste trabalho é estudar e mostrar análises para a substituição na sua totalidade ou parcialmente de areia natural pelo pó de pedra, na fabricação de argamassa, que por sua vez é fabricado através da mistura de: agregados miúdos, cimento e água, onde em assentamentos são usados para unir tijolos ou blocos de alvenarias, em que, na maioria das vezes a argamassa para revestimento em paredes se dividem em três camadas: chapisco, emboço e reboco. E o concreto que “é uma mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos e adições), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento”, define Inês Battagin, superintendente do CB-18 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Onde, o pó de pedra poderá ser classificado como um agregado miúdo ou graúdo, pois o mesmo pode apresentar um diâmetro variando de: $\geq 4,75\text{mm}$ e $\leq 4,75\text{mm}$, onde 4,75mm é o limite da classificação do agregado. Além de realizar um estudo bibliográfico referente a resistência à compressão, a impermeabilidade, durabilidade, o fator econômico e ecológico, devido ao grande volume de rejeito gerado e ainda não utilizado (SÁ, 2006).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. AGREGADOS

Segundo Valverde (2001), o termo “agregados para a construção civil” é empregado no Brasil para identificar um segmento do setor mineral que produz matéria-prima mineral bruta ou beneficiada de emprego imediato na indústria da construção civil. São basicamente a areia e a rocha britada. Sendo estes, materiais que inicialmente eram adicionados a massa de cimento e água, tornando-a mais encorpada e econômica. Hoje esses agregados representam cerca de 80% do peso do concreto. Onde, o concreto é uma mistura de água, cimento, agregados, e aditivos. Na cadeia produtiva do concreto, o bem de maior valor agregado é o cimento, enquanto areia e brita, os de menor valor. Entretanto, estes são mais representativos em volume, além de sua influência benéfica quanto a retração e a resistência, o tamanho, a densidade e a forma dos seus grãos podem definir várias das características desejadas em um concreto.

Segundo Menossi (2004), o produto básico da indústria da construção civil, o concreto a base de cimento Portland, utiliza em média, por metro cúbico, 42% de agregado graúdo (brita), 40% de areia, 10% de cimento, 7% de água e 1% de aditivos químicos. Podendo assim, observar que cerca de 80% dos materiais presentes no concreto é constituído por agregados. Portanto é de suma importância o uso de agregados com especificações técnicas adequadas.

Mesmo que os agregados possam ter propriedades que permitam ao sistema em que serão usados funcionarem satisfatoriamente, precisam também possuir certas características que são ditadas pelos processos construtivos. Para Valverde (2001), os agregados devem possuir propriedades que lhes permitam ser manuseados satisfatoriamente durante:

- Transporte e estocagem;
- Mistura dos agregados com o ligante ou outros agregados;
- Colocação da mistura;
- Compactação ou cura da mistura;

Os agregados para a indústria da construção civil são os insumos mais consumidos no mundo. Onde, os agregados são materiais granulares sem volumes definidos de dimensões, podendo ser classificados a partir da origem, da densidade e do tamanho dos

fragmentos. Para que a exploração desses agregados seja realizada, é necessário três fatores básicos, são eles, a qualidade do material, a quantidade em que ele se encontra na sua área fonte (pedreira, depósito sedimentar) e o transporte, ou seja, a localização geográfica da jazida. Estes materiais agregados são utilizados principalmente para a confecção de concretos, estando assim interligados a qualidade de vida da população, onde o mesmo é necessário para a construção de moradias, saneamento básico, hidrovias, ferrovias, pavimentação etc., afirma SERNA E RESENDE, 2009. A tabela 1, apresenta as principais utilizações dos agregados nas demais atividades.

Tabela 1: Principais utilizações dos agregados

PRINCIPAIS UTILIZAÇÃO DOS AGREGADOS	
AREIA ARTIFICIAL E NATURAL	Assentamentos de bloquetes, assentamentos em geral, tanques, embolso, podendo entrar na composição de concreto e asfalto.
PEDRISCO	Confecção de pavimentação asfáltica, lajotas, bloquetes, intertravados, lajes, jateamento de túneis, e acabamentos em geral.
BRITA 1	Intensivamente na fabricação de concreto, com inúmeras aplicações, como na construção de pontes.
BRITA 2	Fabricação de concreto que exija maior resistência.
BRITA 3	Utilizada nas ferrovias.
BRITA 4	Produto destinado a obras de drenagem.
RACHÃO, PEDRA DE MÃO OU PEDRA MARROADA	Fabricação de gabiões, muros de contenção e bases.
BRITA GRADUADA	Em base e sub-base, pisos, pátios, galpões e estradas.

Fonte: KULAIF, 2001

Segundo Chiossi, (1979), a origem desses agregados subdividem em naturais e artificiais. Onde os agregados naturais são os materiais que são extraídos em sua forma fragmentar, sendo esta, a forma que se encontra o material na sua área fonte. Como exemplo de agregados naturais tem-se a areia e o cascalho. Os agregados artificiais são materiais que são extraídos em forma de blocos, sendo necessário passar por processos de fragmentação, como por exemplo a brita e a areia britada. Já em consideração a densidade desses agregados, são existentes os agregados leves (pedra-pomes,

vermiculita...); agregados normais (brita, areia, cascalho...); agregados pesados (barita, magnetita...). Quanto ao tamanho dos fragmentos, esses agregados são definidos em miúdos e graúdos. Onde, a ABNT NBR 7211 (1983), fixa as características exigíveis na recepção e produção de agregados, miúdos e graúdos, de origem natural, encontrados fragmentados ou resultante da britagem de rochas. Dessa forma, define areia ou agregado miúdo como areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira ABNT de 4,8 mm e ficam retidos na peneira ABNT de 0,075 mm. Define ainda agregado graúdo como pedregulho ou brita proveniente de rochas estáveis, ou a mistura de ambos, cujos grãos passam por uma peneira de malha quadrada com abertura nominal de 152 mm e ficam retidos na peneira ABNT de 4,8 mm.

Minerações típicas de agregados para a construção civil são os portos-de-areia e as pedreiras, como são popularmente conhecidas. Entretanto, o mercado de agregados pode absorver produção vinda de outras fontes. No caso da areia, a origem pode ser o produtor de areia industrial ou de quartzito industrial, ambas geralmente destinadas às indústrias vidreira e metalúrgica. No caso da brita, pode ser o produtor de rocha calcária usada nas indústrias caieira e cimenteira. Nestes casos, em geral, é parcela da produção que não atinge padrões de qualidade para os usos citados e é destinada a um uso que não requer especificação tão rígida. As propriedades físicas e químicas dos agregados e das misturas ligantes são essenciais para a vida das estruturas (obras) em que são usados. São inúmeros os exemplos de falência de estruturas em que é possível chegar-se à conclusão que a causa foi a seleção e o uso inadequado dos agregados, afirma SERNA E RESENDE, 2009.

Em suas pesquisas, SERNA E RESENDE, 2009 também afirma que um levantamento da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo – FIPE – para o projeto Diretrizes para a Mineração de Areia na Região Metropolitana de São Paulo constatou que, em autoconstrução, uma unidade básica de 35 m² consome 21 toneladas de agregados; em habitações populares, uma unidade básica de 50 m² consome 68 t; um edifício público de 1.000 m², 1.360 t; escola padrão de 1.120 m², 1.675 t; em pavimentação urbana, um quilômetro de via pública de 10 m de largura consome entre 2.000 t a 3.250 t; um quilômetro de estrada vicinal, 2.800 t; uma estrada pavimentada normal, cerca de 9.500 t por quilômetro.

Portanto Oliveira, A. et. al. (2002), caracteriza estes agregados da seguinte forma. A areia é uma substância natural, proveniente da desagregação de rochas, são constituídas

principalmente por quartzo, um dos minerais mais abundantes da crosta terrestre, onde este mineral constitui cerca de 12% da areia. Dependendo do seu grau de pureza e da granulometria que varia entre 0,05mm e 5mm pelas normas da ABNT, a areia tem emprego específico, portanto aquelas que possui um baixo teor de ferro, são usadas na fabricação de vidros e na indústria cerâmica e refratária. Já a areia que possui uma alta concentração de sílica é utilizada na fabricação de ferro-silício, diferentemente das areias mais grosseiras que possui uma maior quantidade de impurezas, são utilizadas na construção civil. Desta forma a areia pertence ao grupo de agregados para este tipo de construção juntamente com a brita e o cascalho, que ocupam o 1º lugar em quantidade e 2º lugar em valor no mundo. Possuindo assim uma baixa porosidade, decorrente da boa distribuição granulométrica e formas arredondadas, onde influencia no menor consumo de cimento, pois sua textura superficial áspera melhora a aderência com o mesmo. Melhores características mecânicas e durabilidade do concreto também são características da areia, juntamente com maior fluidez e economia.

A brita é classificada como agregado de origem artificial, de tamanho graúdo. A área fonte para exploração deste material, são as pedreiras que exploram rochas cristalinas, de preferência as que contem rochas quartzo-feldspáticas, como os granitos e gnaisses. Porém, as vezes, rochas como o basalto e calcários microcristalinos são explorados para a mesma finalidade. A textura da rocha fonte não deverá ser muito grossa, possuindo assim baixa porosidade. Oliveira, A. et. al. (2002), também afirma que, A participação dos tipos de rochas utilizadas na produção de brita é a seguinte: granito e gnaiss – 85%; calcário e dolomito – 10%; e basalto e diabásio – 5%. As britas também são classificadas em cinco tamanho, são eles:

Nº 0 – Pó-de-pedra < 4,8mm

Nº 1 – 4,8 a 12,5mm

Nº 2 – 12,5 a 25mm

Nº 3 – 25 a 50mm

Nº 4 – 50 a 76mm

Nº 5 – 76 a 100mm

Onde, as britas de utilização nobre na construção civil, são as britas de número 2, 3, 4 e 5, ficando assim o pó de pedra e a brita Nº 1 usadas apenas em utilizações marginais.

Define-se cascalho como: depósito, nível ou acumulação de fragmentos de rochas e/ou minerais mais grossos do que areia, principalmente com tamanho de seixos. É um agregado de origem natural e tamanho graúdo. O cascalho é destinado para setor da construção civil em aplicações na fabricação de concreto, revestimento de leito de estradas de terra, concreto ciclópico, ornamentação de jardins, etc. É encontrado principalmente em barras de rios, e às vezes em camadas de rochas sedimentares com baixa coesão, intemperização de rochas cristalinas, ou resultante do beneficiamento da areia.

Sbrighi (2000), relaciona as propriedades do concreto influenciada pelas características dos agregados (Tabela 2).

Tabela 2 - Propriedades do concreto influenciadas pelas características do agregado.

Propriedades do Concreto Influenciadas pelas Características do Agregado	
Propriedades do Concreto	Características Relevantes do Agregado
Resistência Mecânica	Resistência mecânica Textura superficial Limpeza Forma dos grãos Dimensão máxima
Retração	Módulo de elasticidade Forma dos grãos Textura superficial Limpeza Dimensão máxima
Massa unitária	Massa específica Forma dos grãos Granulometria Dimensão máxima
Economia	Forma dos grãos Granulometria Dimensão máxima Beneficiamento requerido Disponibilidade

Fonte: VALVERDE, (2001).

Após a realização do estado da arte, encontrada no presente trabalho, serão realizados análises referente a microestrutura do concreto e argamassas, com o objetivo de melhor entender a influência do pó de pedra a ser utilizado em relação a resistência a compressão axial do concreto. Desta forma comparando seus resultados com o concreto e argamassas confeccionados a partir da areia natural utilizado como agregado miúdo.

Primeiramente com os materiais ainda secos, serão realizados os seguintes ensaios:

- a) **Composição granulométrica:** Este ensaio será realizado conforme a norma NBR 7217 (1983). Onde, consiste em separar os grãos da areia conforme o tamanho. Através do peneiramento, após pesado cada parte, faz-se a soma das porcentagens retidas acumuladas das peneiras da série normal.
- b) **Massa específica:** A massa específica aparente ou massa específica unitária é definida como a massa das partículas do agregado que ocupam uma unidade de volume, ou seja, é relativa a agregado e a vazios.
- c) **Massa Unitária Solta:** Determina-se a massa unitária solta da areia, que consiste no quociente da massa do agregado lançado no recipiente de acordo com o estabelecido na norma NBR 7251(1982) e o volume do recipiente.

Os ensaios citados anteriormente serão realizado para ambos os materiais utilizados como agregado miúdo, sendo eles, a areia natural e o pó de pedra.

Para a confecção do concreto também serão utilizados o agregado graúdo, onde a pedreira a ser explorada será determinada, decorrente sua localização e a rocha mais utilizada em construções da região. Onde serão realizados ensaios de caracterização, sendo eles: ensaio de granulometria, onde será determinado, o módulo de finura, diâmetro máximo e massa específica.

Assim como o agregado graúdo, a escolha do cimento será através da sua disposição na região e sua qualidade, onde o trabalho poderá ser realizado através do cimento Portland, que apresenta diversos modelos. A figura 4, apresenta alguns modelos do cimento Portland e suas respectivas siglas comerciais.

Figura 1: Modelos de cimento Portland.

NOME	SIGLA (Estampada na embalagem)
Cimento Portland comum com adição	CP I-S-32
Cimento Portland composto com escória	CP II-E-32
Cimento Portland composto com pozolana	CP II-Z-32
Cimento Portland composto com filer	CP II-F-32
Cimento Portland de alto forno	CP III-32
Cimento Portland pozolânico	CP IV-32
Cimento Portland de alta resistência inicial	CP V-ARI

Fonte: PIMENTA (2012).

Quanto ao concreto, os procedimentos de avaliação que o mesmo será submetido, são: consistência e trabalhabilidade, resistência a compressão. Onde, os procedimentos escolhidos foram, ensaio do abatimento do tronco de cone e ensaio à compressão simples para ambos produtos gerados.

O trabalho está submetido a estudos futuros, como por exemplo a determinação da presença de aditivos na confecção do concreto e argamassa gerado. Onde estes aditivos são materiais que são acrescentados a essas massas, com a função de melhoria dos mesmos.

2.2. TRAÇO DO CONCRETO

Após a escolha e a caracterização dos materiais, o passo seguinte é dar início a dosagem do concreto, desta forma, obtém-se o traço desejado para o concreto.

A dosagem será realizada segundo o método da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). Este, fornece uma primeira aproximação da quantidade dos materiais, onde o mesmo é um método de dosagem experimental adaptado ao método ACI (American Concrete Institute). Como os materiais de construção mudaram muito, desde a década de 80, quando o método foi criado até hoje, o método está desatualizado, não podendo obter diretamente o traço do concreto, sendo usado afim de obter um traço base e a partir dos resultados dos ensaios, sejam feitos os devidos ajustes.

O método da ABCP é simples de ser utilizado, onde se conjugam tabelas prévias e ensaios de verificação. Caracteriza-se por obter a dosagem em função da resistência desejada e das massas específicas dos agregados disponíveis. (PIMENTA, 2012).

Para a utilização do mesmo, serão necessário os seguintes conhecimentos:

- Cimento:
 - Tipo
 - Massa específica
 - Resistência do cimento aos 28 dias.
- Agregados
 - Análise granulométrica
 - Módulo de finura do agregado miúdo
 - Dimensões máxima do agregado graúdo
 - Massa específica
 - Massa unitária compactada
- Concreto
 - Condições desejada no estado fresco
 - Condições de exposição
 - Resistência de dosagem do concreto (f_{cj})

Determina-se assim, a resistência de dosagem do concreto, que é dada, a partir da seguinte fórmula:

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65 \times s_d$$

Onde:

f_c = Resistência média do concreto;

j = Idade do concreto (28 dias);

f_{ck} = Resistência característica do concreto à compressão;

S_d = Desvio padrão de dosagem.

Para se calcular o valor do f_{cj} é necessário definir o valor de s_d , visto que o f_{ck} é estabelecido em projeto e 1,65 é um valor constante. Onde o desvio padrão (S_d) de dosagem é determinado em função da condição de preparo do concreto adotada na obra.

A partir da norma estabelecida pela NBR-12655 (2006), os cálculos para determinação do desvio padrão serão realizados a partir dos cálculos de resistência de dosagem em concretos a serem utilizados em obras que não possuem desvio padrão conhecido.

Condições de preparo em função do desvio padrão:

- Condição A: Aplicável as classes C10 até C80 (concretos de $f_{ck} = 10,0$ MPa até 80,0 MPa), o cimento e os agregados são medidos em massa, a água de

amassamento é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados.

$$S_d = 4,0 \text{ Mpa}$$

- Condição B: É aplicável as classes C10 à C25 (concretos de $f_{ck} = 10,0 \text{ MPa}$ até $25,0 \text{ MPa}$). O cimento e os agregados são medidos em massa, combinada com volume, a umidade do agregado miúdo é determinada e o volume do agregado miúdo é corrigido através da curva de inchamento.

$$S_d = 5,5 \text{ Mpa}$$

- Condição C: É aplicável as classes C10 e C15 (concretos de $f_{ck} = 10,0 \text{ MPa}$ e $15,0 \text{ MPa}$). Cimento medido em massa, agregados e água em volume, e a umidade dos agregados é estimada.

- $S_d = 7,0 \text{ Mpa}$

2.3. DETERMINAÇÃO DO FATOR ÁGUA/CIMENTO

De acordo com Abrams a resistência do concreto é inversamente proporcional ao fator água/cimento, ou seja, o fator água/cimento é o principal responsável, apesar de não ser o único, pela resistência do concreto.

Para a definição do fator água/cimento, poderá utilizar a curva de Abrams, onde a mesma são obtidas através da execução de vários traços de concreto elaborados com o mesmo tipo e marca de cimento, com fator água/cimento diferenciado. Os resultados de resistência à compressão nas várias idades de teste são correlacionados com o fator água/cimento respectivo. Ou poderá recorrer a fórmula de Bolomey, se for previsto a impossibilidade de utilizar as curvas de resistência apresentadas anteriormente. A fórmula de Bolomey, é descrita por:

$$f_{c28} = K \left(\frac{1}{A/C} - 0,5 \right)$$

Onde:

f_{c28} = Resistência média de dosagem, aos 28 dias;

K = Coeficiente de atividade do cimento, aos 28 dias;

A/C = Fator água/cimento.

Para a determinação do fator água/cimento, será necessário, determinar primeiramente o coeficiente de atividade do cimento (K), onde o mesmo possui duas formas distintas para sua classificação. São elas:

1) Coeficiente de atividade teórico (K teórico):

Este método, leva em consideração apenas a resistência nominal do cimento, ou seja, a resistência mínima prevista na normalização, equivalente a classe do cimento, neste caso, a formula é dada por:

$$K_{teórico} = \frac{\text{Classe do cimento}}{1,5833}$$

2) Coeficiente de atividade real (K real):

Este método leva em consideração a resistência real do cimento, obtida através de ensaios de compressão, aos 28 dias de idade, neste caso a fórmula é dada por:

$$K_{real} = \frac{\text{Resistência real do cimento}}{1,5833} \cdot 0,9$$

Depois de definirmos, qual fórmula a ser utilizada, e qual o valor do coeficiente de atividade (K), determinaremos o fator A/C (água/cimento), a partir da fórmula de Bolomey, descrita a seguir:

$$f_{c28} = K \left(\frac{1}{A/C} - 0,5 \right)$$

Após a realização dos procedimentos anteriores, serão calculados a estimativa do consumo de água/m³, onde, a determinação do mesmo em um determinado traço depende de vários fatores, são eles: Dimensão máxima do agregado graúdo, módulo de finura do agregado miúdo, plasticidade do concreto, teor de argamassa do traço. Assim como, também serão realizados estudos para o cálculo do consumo de cimento/m³ de concreto, que será determinado a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Consumo de cimento} = \frac{\text{Consumo de água}}{A/C}$$

Posteriormente, serão realizados estudo para determinação da proporção entre os agregados, pois, o mesmo é de suma importância para o dimensionamento do concreto.

Tendo em vista essa importância, alguns fatores deverão ser levados em consideração, tais como:

- Consumo de cimento
- Dimensão máxima do agregado graúdo

Outros fatores relacionado a proporção entre agregados, são:

1. Concretos que necessitam maior teor de argamassa:

- Concretos auto adensáveis;
- Concretos bombeáveis;
- Concretos aparentes;
- Concretos projetados;
- Concretos compactados com rolo;
- Concretos leves.

2. Concretos que necessitam menor teor de argamassa:

- Concretos convencionais;
- Concretos para drenos;
- Concretos pesados;
- Concretos para pavimento rígido.

Como o objetivo do estudo é a substituição da areia natural pelo pó de pedra em concretos convencionais e em argamassas de revestimento, a determinação do teor de areia e brita, serão calculados a partir de cálculos referente ao mesmo.

Onde, a determinação da porcentagem de areia é dada a partir de:

$$A\% = \frac{100}{1 + S}$$

E, a determinação da porcentagem de brita é dada por:

$$B\% = 100 - A\%$$

Caso não consiga adquirir o traço adequado do concreto, serão realizados cálculos para correção do mesmo. A partir da obtenção do concreto, serão verificada a resistência à compressão dos corpos-de-prova moldados para cada traço.

No trabalho a ser feito, serão realizados traços distintos de concreto e de argamassa. Traços contendo diferentes percentuais de areia e pó de pedra, para futuras comparações entre os produtos finais.

2.4. ENSAIO DE TRONCO DE CONE E MOLDAGEM DOS CORPOS-DE-PROVA

Após a determinação dos traços de dosagens, o próximo passo será a fabricação dos mesmos.

O cálculo das quantidades é de fundamental importância porque dele depende a economia que pode ser obtida, já que os resultados demonstram exatamente a resistência e a plasticidade desejada, gastando-se exatamente a quantidade de material necessário.

O método de ensaio de tronco de cone, é normalizado pelo método de ensaio, DNER-ME 404/2000 e consiste em determinar a consistência do concreto fresco através de procedimentos de amostragem, ensaio e condições para obtenção de resultados.

2.5. ENSAIO À COMPRESSÃO SIMPLES

O ensaio de compressão simples é normalizado pela NBR 12770/1992, onde diz que o mesmo é o método para a determinação da resistência à compressão, não confinada (ou simples), de corpos-de-prova constituídos por solos coesivos, mediante a aplicação de carga axial, com controle de deformação. Tais corpos de prova podem ser indeformados ou obtidos por compactação ou mesmo por remoldagem.

Serão realizados ensaios a compressão simples através da prensa hidráulica com um CP.

3. ESTADO DA ARTE

3.1. PÓ DE PEDRA

Nos últimos anos, a necessidade de reciclar os entulhos da construção civil criou a possibilidade de que parte dos produtos resultantes desse processo viesse a substituir o agregado natural. No presente trabalho, esta substituição está sendo estudada, a partir do pó de pedra, o mesmo é considerado rejeito de pedreiras, que ficam estocados em pátios das mesmas. Pelo fato de ficarem estocadas ao ar livre, estes rejeitos formam enormes volumes, causando assim, vários danos ambientais.

O pó de pedra é um produto derivado da rocha que passa pelo processo de britagem até atingir a granulometria menor que 4,8mm (rejeitos). Onde o processo realizado tem início a partir da extração das rochas, sendo estas encontradas em jazidas ou em minas a céu aberto, sendo exploradas através das dinamites. Posteriormente estas rochas são transportadas até o conjunto de britagem. Na maioria dos processos industriais, este produto é conduzido até os equipamentos de lavagem que retiram do produto final os finos excedentes.

Segundo Bastos (2003), algumas empresas produzem a areia artificial (pó de pedra), utilizando um sistema chamado de produção por via úmida, onde é injetado na peneira classificadora final do britador, um volume representativo de água por injeção sob pressão proporcionando a lavagem desse material. Com a utilização de um lavador de roscas helicoidal separa-se a mistura de água e pó de pedra, produzindo assim, a areia artificial através da britagem, que sai de um transportador de correia, onde é estocado.

As figuras 1 e 2, são fotos retiradas da Pedreira Potiguar Ltda., afim de demonstrar a atividade de retirada agregado miúdo (pó de pedra).



Figura 2: Local de despejo do agregado miúdo (pó de pedra).

São várias as rochas aptas a serem exploradas para a produção de agregados industrializados, são elas: o granito, o basalto, a gnaiss, o calcário, o arenito e a hematita.



Figura 3: Setor primário da exploração da jazida.

Para que o pó de pedra, seja substituído de forma parcial ou em sua totalidade o uso de areia natural na fabricação de concretos e argamassa de revestimento, é necessário que estes finos de pedreiras apresentem algumas características, tais como: distribuição granulométrica, forma e textura superficial adequadas, resistência mecânica, estabilidade das partículas e ausência de impurezas.

O tratamento dos finos deve visar não somente a adequação do tamanho das partículas mas também, a forma e a integridade das mesmas e ainda a obtenção de forma produtiva e sustentável. BISPO (2003).

Um dos fatores que beneficia essa substituição, é o surgimento de equipamentos de britagem capazes de superar a principal restrição de utilização da areia artificial no concreto e em argamassa, a forma das partículas. Onde, possuem formato alongado ou lamelar e o formato adequado para a utilização em concreto é um formato cúbico arredondado, que é conseguido com a britagem do material a partir do britador BARMAC, sendo ele um impactador de eixo vertical.

Dependendo da sua granulometria o pó de pedra possui diversos usos, são eles:

- Areia média fina (0,075 – 1,20) mm: Argamassa para levantamento de alvenarias e reboco e serviços em que são utilizadas as argamassas em geral;
- Areia média grossa (0,075 – 4,80) mm: Concretos estruturais confeccionados em obras e pré-fabricados e serviços em que são utilizados os concretos em geral; e
- Granilha de 4,80mm com pequena porcentagem de finos ($<0,075$): Salpique para reboco de alvenarias, asfaltos em geral, blocos pré-fabricados em geral e concretos compactados a rolo.

Em pesquisa realizada por Bastos (2003), é realizado a substituição de areia natural por areia artificial, onde foram produzidos concretos utilizando os seguintes traços: 15%, 30%, 50% e 70% em massa. O autor concluiu que, quando utilizado o traço de 70% de substituição, a relação água/cimento foi reduzida em média 10%. Desta forma, observou-se que com esta substituição de 70% de areia natural, foi onde obteve o melhor desempenho em todos os aspectos utilizados. Portanto, chegou-se à conclusão que quanto maior o teor de substituição, maiores são as resistências a compressão axial. Com relação a durabilidade, o autor afirma que a substituição gerou uma diminuição na absorção de água, e por consequência redução da permeabilidade, devido a redução da relação água/cimento.

Vale salientar, que o estudo da substituição da areia natural pelo pó de pedra tem como objetivo um melhor custo benefício, bem como a redução do uso de matéria prima, diminuindo assim, o custo final da obra pelo fato de o mesmo ser encontrado em pátios de pedreiras, onde hoje já está tendo um valor comercial.

Em pesquisa realizada por Menossi et. al. (2004), analisou-se concretos fabricados com diversas misturas variando a quantidade de pó de pedra. Confeccionando assim traços diferentes para concretos com resistência característica f_{ck} estabelecida entre 15 e 40 Mpa.

O traço base produzido foi 1 : 3 : 3 em massa, os percentuais de pó de pedra utilizados em substituição de areia natural foram os seguintes: 25%, 50%, 75% e 100% em massa. O cimento utilizado foi CP II F 32. Onde os autores concluíram em sua pesquisa que a substituição de areia natural pelo pó de pedra não comprometeu os níveis de resistência do concreto e nem sua trabalhabilidade. Com relação a durabilidade, os autores mencionam que o material pulverulento (passante na peneira de 0,075mm), presente no pó de pedra, em torno de 13%, melhora a característica do concreto em relação a compacidade, tornando-o menos permeável, mais coeso e trabalhável, resultando assim em um concreto mais durável. Na figura 3, estão apresentados os diferentes traços utilizados na pesquisa e os valores de resistência a compressão obtidos.

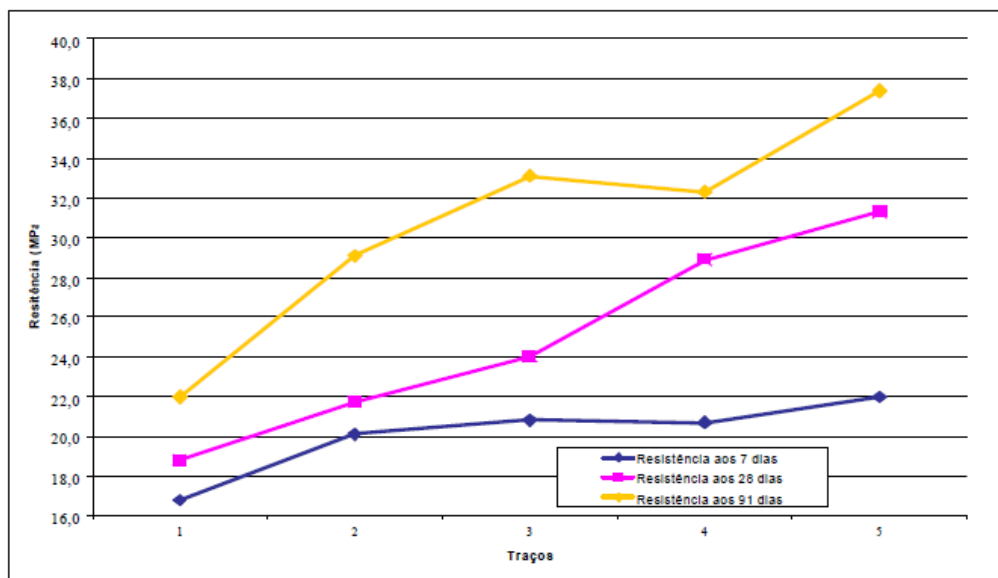


Figura 4: Traços e valores de resistência a compressão. (SÁ, 2006 apud MENOSSI et. al. 2004).

3.2. PÓ DE PEDRA NO BRASIL

De acordo com Andriolo (2005), no Brasil a utilização do pó de pedra aconteceu a partir da década de 80, tomando por base estudos técnicos realizados na hidrelétrica de Itaipu, que evidenciava vantagens, técnicas e econômicas. O mesmo afirma que outros estudos foram aprofundados pelos engenheiros da construtora Norberto Odebrecht, na construção da barragem de Capanda em Angola, resultando na utilização do pó de pedra na fabricação do concreto compactado com rolo (CCR).

Hoje em São Paulo o pó de pedra está sendo utilizado na fabricação de concreto de normal e alta resistência. Na região metropolitana de São Paulo a utilização de agregado miúdo proveniente de leito de rio está cada vez mais complicada pelo fato de as fontes de areia natural estarem localizadas a distância em torno de 120Km. Segundo Silva (2003), as concreteiras do Distrito Federal, não fabricam mais concretos com 100% de areia natural de rio devido ao custo elevado da dragagem e transporte, tendo em vista também as questões ambientais, relacionadas a sustentabilidade. Segundo Neves (2001), a produção total de finos de pedreiras na região metropolitana de São Paulo alcança 2 milhões de metros cúbicos por ano.

Segundo SERNA E RESENDE (2009), a produção brasileira alcançou um total de 279 milhões de toneladas de Areia e 217 milhões de toneladas de Rocha Britada ao fim de 2007. Tendo variado neste período 14,16 % e 13,85% para Areia e Brita, respectivamente. Nesse período a participação média dos agregados no valor da produção mineral nacional situou-se próximo de 18%. Na tabela 3, mostra a produção anual brasileira no período de 2001 a 2007.

Tabela 3: Produção anual brasileira do bem mineral.

BEM MINERAL	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Areia (10 ⁶ t)	244,4	240,8	214,1	201	238	255	279
Brita (10 ⁶ t)	190,6	189,8	168,8	187	172	199	217
Total (10 ⁶ t)	435	430,6	382,9	388	410	454	496

Fonte: DNPM, 2001 a 2008.

Na produção nacional, predominam as minas de pequeno porte, um fato em parte explicado pela existência de micromercados regionalizados. Como os custos de transporte inviabilizam o comércio entre grandes distâncias, os mercados onde cada mina pode destinar sua produção ficam limitados. Nesse caso, a escala de produção fica restrita aos volumes compatíveis com o que cada mercado regional pode absorver. No período 2001 a 2007 as minas de rocha britada e de areia representaram, respectivamente, 25 e 28% do total de minas a céu aberto e acima de 10.000 t operando no país. As minas de rocha britada representam 41% do total de minas de porte médio (abaixo de um milhão e acima de 100 mil t), enquanto as de areia representam 34% do total de minas de pequeno porte (abaixo de 100 mil e acima de 10 mil t).

3.3. PÓ DE PEDRA NO RIO GRANDE DO NORTE

Segundo SÁ (2006), o pó de pedra é utilizado em algumas concreteiras como parte de agregado miúdo, na produção de concretos convencionais, sendo usado também em usinas de asfalto para produção de concreto asfáltico de petróleo (CAP). Sendo inexistente o trabalho de pesquisa envolvendo o desempenho do pó de pedra utilizado no Rio Grande do Norte.

4. CONCLUSÃO

Como foi ressaltado no decorrer da pesquisa, que esta substituição já está sendo utilizada em grande escala em países desenvolvidos, e no Brasil algumas cidades já se encontram com um déficit do material natural, elevando assim, o preço do produto, pelo fato de serem encontrados a longa distâncias. A partir do estado da arte apresentado, tendo em vista uma das principais vantagens da substituição de areia natural pelo pó de pedra, na fabricação de concreto e argamassa de revestimento, além da economia, visa-se também a redução dos danos causados pela exploração da areia natural presente nos leitos dos rios, e eliminando assim os rejeitos de pedreiras, estocados de forma inadequada, ao ar livre, reduzindo ainda mais os impactos ambientais.

A pesquisa tem como objetivo, estudar a fabricação de concretos e argamassas, substituindo na sua totalidade ou parcialmente o uso desses agregados miúdos, de forma que os materiais gerados estejam aptos a serem utilizados no dia-a-dia.

Desta forma, foi-se determinado vários procedimentos a serem realizados na fabricação do concreto e argamassa de revestimento, visando a produção de um material de boa qualidade e respeitando todos os requisitos impostos ao mesmo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIOLO, F. R. **Usos e abusos do pó de pedra em diversos tipos de concreto.** In: Seminário: O uso da fração fina da britagem. II SUFFIB, São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655 – Concreto: Preparo, controle e recebimento,** 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12770 - Solo coesivo - Determinação da resistência à compressão não confinada - Método de ensaio,** 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 – Projeto e execução de obras de concreto armado,** 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211 – Agregados para concreto.** Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7251 - Agregado em estado solto - Determinação da massa unitária,** 1982.

BASTOS, S. R. B., **Uso da areia artificial basáltica em substituição parcial da areia fina para produção de concretos convencionais.** In: 45º Congresso Brasileiro do concreto – IBRACON. Instituto Brasileiro de concreto, Vitória, agosto de 2003.

BISPO, L. H. O. **Obtenção de areia artificial a partir de finos de pedreira – análises de ensaios.** Departamento de engenharia química, UFRJ. 2003.

CHIOSSI, N. J. (1979). **Geologia aplicada à Engenharia;** 2ª ed.;

DNPM. **Sumário mineral** – Edições- 2001 a 2008.

JOHN, V. M., **Reciclagem de resíduos sólidos na construção civil: contribuição a metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** São Paulo, 2000. 102p. Tese (tese de livre docência). Escola politécnica da Universidade de São Paulo.

KARPINSKI, L. A., et. al. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: Uma abordagem ambiental.** Porto Alegre: Edipucrs, 2009. 163p.

KULAIF, Y. **Análise dos mercados de matérias-primas minerais: estudo de caso da indústria de pedras britadas do Estado de São Paulo.** São Paulo, 2001.

MENOSSE, R. T.; CAMACHO, J. S.; SALLES, F. M.; MELGUES, J. L. P. **A influência do uso do pó de pedra nas características do concreto.** In: 46º congresso brasileiro do concreto – IBRACON. Anais: Instituto brasileiro de concreto, Florianópolis, agosto de 2004.

MENOSSE, R. **Utilização do pó de pedra basáltica em substituição a areia natural do concreto.** Ilha Solteira/SP. 2004. 110p. Tese de mestrado. Departamento de engenharia civil – Universidade Estadual Paulista – UNESP.

NEVES, L. **Finos de britagem como agregado substituto às areias naturais – um estudo de caso.** In: 43º Congresso Brasileiro do Concreto – IBRACON. Instituto Brasileiro do concreto, Foz do Iguaçu. Paraná, agosto de 2001.

NEVILLE, A. **Consideration of durability of concret structures: past, presente and future.** Materials and structures. Cachan: RILEM. V.34, n.236, p.114-118, 2001.

NUGENT, F. R., **Ensaio com areia artificial – como melhorar seu concreto.** In: 1º Reunião do instituto do concreto, 1979. São Paulo.

OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A (2002). **Geologia de Engenharia**, 1ª ed., 3ª reimpressão, São Paulo. Pág. 331.

PIMENTA, D. S., **Produção de concreto convencional com a utilização de pó de pedra.** Trabalho de conclusão de curso. Centro de tecnologia, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, novembro de 2012.

SÁ, M. V. V. A., **Influência da substituição de areia natural pelo pó de pedra no comportamento mecânico, microestrutural e eletroquímico de concreto.** Natal/RN. 2006. 140p. Tese de doutorado. Centro de ciências exatas e da terra – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SBRIGHI, N. C. A. **A importância dos conceitos tecnológicos na seleção dos agregados para argamassa e concreto: Areia e Brita.** São Paulo, n. 12. P. 26-28, 2000.

SERNA, H.; REZENDE, M. **Agregados para a construção civil.** 30ªed. 33p, 2009.

SILVA, S. H. **Análises de estrutura de concreto armado sujeita a corrosão de armaduras por cloretos através do método dos elementos finitos.** Porto Alegre, 2003. 223p. Dissertação (mestrado em engenharia), Programa De Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VALVERDE, F. M. **Agregados para a construção civil: Balanço Mineral Brasileiro,** São Paulo: Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para a Construção, 2001.