

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
BRUNA CRISTINA TRINDADE

**ADIÇÃO DE RESÍDUO PROVENIENTE DO CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS
NO CONCRETO.**

FORMIGA - MG
2015

Bruna Cristina Trindade

ADIÇÃO DE RESÍDUO PROVENIENTE DO CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS
NO CONCRETO

Trabalho de conclusão do curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Esp. Mariana Del Hoyo Sornas

Co-orientadora: Me. Dayana Cristina Silva Garcia

FORMIGA – MG

2015

T833 Trindade, Bruna Cristina.
Adição de resíduo proveniente do corte de rochas ornamentais
no concreto / Bruna Cristina Trindade. – 2015.
58 f.

Orientadora: Mariana Del Hoyo Sornas.
Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Centro
Universitário de Formiga–UNIFOR-MG, Formiga, 2015.

1. Concreto. 2. Adição. 3. RCG. I. Título.

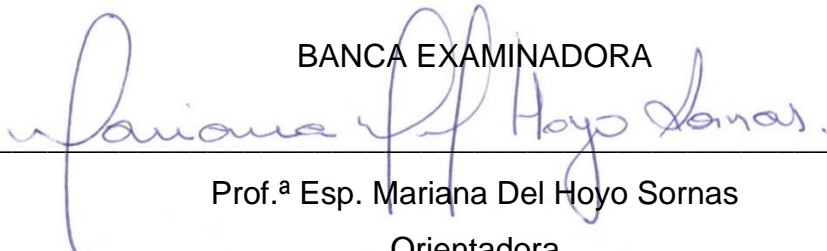
CDD 624.1834

Bruna Cristina Trindade

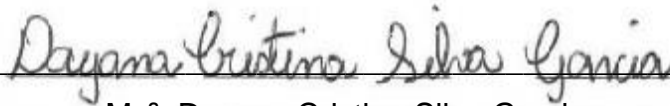
ADIÇÃO DE RESÍDUO PROVENIENTE DO CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS
NO CONCRETO

Trabalho de conclusão do curso
apresentado ao curso de Engenharia Civil
do UNIFOR-MG, como requisito para
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

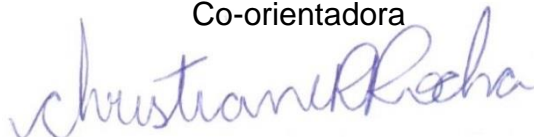


Prof.^a Esp. Mariana Del Hoyo Sornas
Orientadora



Ms^a. Dayana Cristina Silva Garcia

Co-orientadora



Prof. Ms^a. Christiane Pereira Rocha Sousa

Formiga, 13 de Novembro de 2015

Sem a presença constante daqueles que são minha força permanente, com certeza teria caído ao longo destes anos de estudo. Dedico esta graduação com muito amor e carinho:

Aos meus pais, Hélio B. da Trindade e Elaine C. L. Trindade

Ao meu Namorado, Douglas G. Cunha

À minha Família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus e a Nossa Senhora por me proporcionar saúde, paz e força nos momentos mais difíceis ao longo do curso.

Aos meus pais, Hélio e Elaine, que me deram incentivo na realização deste trabalho, por sempre confiarem no meu potencial e que não mediram esforços para me ajudar.

Ao meu namorado Douglas que em todos os momentos me deu apoio e compreensão.

À Prof.^a Esp. Mariana Del Hoyo Sornas meu agradecimento especial, pela orientação, pelo apoio, pelas valiosas contribuições e toda ajuda que tem me dado durante a graduação.

À Dayanna Cristina Silva Garcia, pela co-orientação, o meu respeito e enorme admiração por sua conduta, nos diversos encontros, até a conclusão desta importante etapa da minha vida profissional.

Ao meu amigo Kyller, pela ajuda em coletar o Resíduo do corte do Granito para realização deste trabalho.

Uma empresa da região foi responsável pelo fornecimento dos agregados e cimento para a fabricação dos corpos de prova.

À empresa Prefaz – Pré-fabricados de concreto, em especial ao Robson e o laboratorista Gilson por realizar os testes necessários para a conclusão do trabalho.

Aos meus colegas de sala de aula pelo companheirismo, em especial ao José Ronaldo e Bruna Mirandola.

Aos docentes Christiane Pereira Rocha Sousa e José Luiz Giarola Andrade, que me incentivaram a persistir no tema deste trabalho, mediante alguns obstáculos que surgiram.

Aos mestres, que foram impecáveis para que realizasse com sucesso a minha caminhada até ao décimo período.

Agradeço também a todas as pessoas que de alguma forma, contribuíram para que este trabalho fosse concluído.

Muito Obrigada.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

JOSÉ DE ALENCAR

RESUMO

Os processos industriais no Brasil são grandes fontes geradoras de resíduo e não é diferente com os processos industriais do setor de rochas ornamentais. Com o crescimento do setor, houve uma maior produção de resíduos. O resíduo é gerado a partir do desdobramento dos blocos de rochas em chapas pelo equipamento denominado tear. Estes resíduos são depositados na maior parte das vezes nos pátios das empresas ou em muitas vezes em terrenos baldios, provocando, quase sempre, degradação ambiental. Uma maneira de reduzir o impacto destes resíduos é encontrar uma forma de reutilizá-los. Neste trabalho foi realizada a análise do concreto com adição de resíduo do corte de rochas ornamentais em substituição parcial da massa do cimento, analisando a resistência à compressão. Sendo o resíduo adicionado nas proporções de 5% e 10% da massa do cimento e em seguida confeccionado corpos de prova com traço 1 : 2,59 : 2,71 : 0,59. Para a confecção foi realizado moldes de 10 x 20 cm, inicialmente umedecidos com desmoldante e posteriormente realizado o adensamento em duas camadas para cada corpo de prova, passando 24 horas os corpos de prova foram desenhados e após a cura de 3, 7, 28 dias foi realizado a ruptura. Após a ruptura, obteve-se os resultados e pode-se perceber que o concreto com 5% não obteve o resultado esperado conforme resultados da literatura. Para melhor justificar esse resultado seria necessário realizar análise química e análise da microestrutura do concreto quando o resíduo for adicionado. O concreto com 10% de resíduo apresentou resultados próximos ao concreto de referência.

Palavras-chave: Concreto. Adição. RCG

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pirâmide de Quéops	18
Figura 2 - Pont du Gard.....	19
Figura 3 - Machu Picchu	20
Figura 4 - Muralha da China.....	20
Figura 5 - Igreja de Nossa Senhora do Rosário – Sabará – MG	21
Figura 6 - Operações realizadas na industrialização de rochas ornamentais.	29
Figura 7 - Cimento Portland CP V-ARI MAX	37
Figura 8 - Amostras	38
Figura 9 - Equipamento utilizado para executar o corte dos blocos, denominado Tear	38
Figura 10 - Lâminas do tear	39
Figura 11 - Pátio de disposição do resíduo do corte das rochas.....	39
Figura 12 - Peneiras e balança utilizada para o ensaio de granulometria	40
Figura 13 - Fluxograma do procedimento adotado.....	42
Figura 14 - Moldagem corpos de prova.....	43
Figura 15 - Corpos de prova desenformados	43
Figura 16 - Prensa para compressão	44
Figura 17 - Relatório Granulométrico da Brita calcária.....	56
Figura 18 - Resultado granulométrico areia natural	57
Figura 19 - Relatório granulométrico do resíduo de rochas ornamentais.....	58
Figura 20 - Resultados do ensaio de ruptura a compressão dos corpos de prova....	59

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Principais produtores mundiais de rochas ornamentais - Base 2002.....	23
Tabela 2 - Evolução do mercado internacional de rochas ornamentais e de revestimento. (2006 – 2010).....	23
Tabela 3 - Caracterização físico-química do resíduo da serragem dos blocos de granito.	30
Tabela 4 - Traços de concreto com cimento CP V – ARI	41
Tabela 5 – Resultados do ensaio de compressão.....	47

LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Análise granulométrica da areia por peneiramento	45
Gráfico 2 - Análise granulométrica da brita por peneiramento	46
Gráfico 3 - Análise granulométrica do resíduo do corte do granito por peneiramento	46
Gráfico 4 - Média dos resultados dos ensaios de compressão	47

LISTAS DE NOTAÇÕES

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIROCHAS	Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ARI	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial
CEFET-ES	Centro Federal de Educação e Tecnológica do Espírito Santo
C-S-H	Silicatos de cálcio Hidratados
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
NBR	Norma Brasileira
OCh	Aluminato de Cálcio Hidratado
RCG	Resíduo do Corte de Granito

UNIDADES

cm	Centímetros
mm	Milímetros
m ³	Metro cúbico
Mpa	Mega Pascal
Kg	Quilograma

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	OBJETIVOS.....	16
2. 1	Objetivo geral	16
2. 2	Objetivo específico	16
3.	JUSTIFICATIVA	17
4	REFERENCIAL TEÓRICO	18
4. 1	História da utilização das rochas.....	18
4. 2	Cenário Internacional das Rochas Ornamentais.....	22
4. 3	Cenário nacional das rochas ornamentais	25
4. 4	As reservas de granito e desdobramento dos blocos	25
4.4.1	Pesquisa e definição dos locais de extração dos blocos.....	26
4.4.2	A extração dos blocos das pedreiras.....	26
4.4.3	Transporte dos blocos para a beneficiadora, Carregamento e Preparação do tear.....	27
4.4.4	Beneficiamento Primário	27
4.4.5	Descarregamento e Acabamento das chapas	28
4.4.6	Armazenamento e Comercialização	28
4. 5	Os resíduos gerados no processo de desdobramento.	28
4. 6	O resíduo do corte de granito (RCG).....	29
4.6.1	Histórico sobre estudos com RCG	30
4. 7	Concreto de Cimento Portland.....	31
4. 7. 1	Propriedades do Concreto	32
4. 7. 1. 1	Trabalhabilidade.....	32
4. 7. 1. 2	Resistência Mecânica	33
4. 8	Efeito das adições minerais industriais nas propriedades do concreto.....	33
4. 9	Parâmetros para avaliação do uso do resíduo como adição em concreto	35
4. 9. 1	Para o concreto endurecido.....	35
4. 9. 1. 1	Resistência à compressão axial	35
5.	METODOLOGIA	36
5. 1	Materiais.....	36

5. 2	Métodos	40
5.1.1	Caracterização dos Materiais.....	40
5.1.2	Confecção dos corpos de prova.....	41
5.1.3	Resistência à compressão	44
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
6. 1	Ensaio de granulometria	45
6. 2	Ensaio de compressão	47
6.2.1	Análise dos resultados	48
7.	CONCLUSÃO	50
8.	SUGESTÃO DE FUTUROS ESTUDOS.....	51
	REFERÊNCIAS	52
	ANEXO A – RELATÓRIOS DOS ENSAIOS.....	56

1 INTRODUÇÃO

Considerado grande consumidor de matéria prima natural não renovável, o setor da construção civil é também grande gerador de rejeitos, que em muitos casos, provocam a degradação do meio ambiente.

Os resíduos que provêm dos processos produtivos são gerados em volumes significativos. No entanto, apesar de grande gerador de resíduos, o setor da construção civil, apresenta-se como uma alternativa eficiente para consumir estes mesmos resíduos. Isto acontece devido à variabilidade de materiais utilizados neste setor. Além de ser uma maneira de reduzir o consumo de matérias-primas não renováveis através da incorporação dos resíduos.

Desta forma, existe a necessidade de minimizar os impactos ao meio ambiente sendo uma alternativa a reutilização dos resíduos na confecção de concretos. Contudo, para que está reutilização aconteça é necessário que isso seja economicamente viável, além de permitir a obtenção de concretos com propriedades aceitas pelas normas vigentes.

Essa alternativa de adicionar resíduos no concreto e verificar suas propriedades mecânicas resultantes após a adição é viável. Pois o país apresenta grande utilização do concreto em todo seu território e em diversas áreas.

Atualmente o Brasil possui 15 grupos cimenteiros, nacionais e internacionais, espalhados pelo país. Dados recentes indicam que a produção do país é equivalente a 78 milhões de toneladas/ano. Essa capacidade é em função da maior utilização no setor de construção civil, uma vez que o concreto está presente desde as obras simples até as obras de maior complexidade. (CIMENTO, 2013)

Dentro deste contexto e levando em consideração a grande produção de cimento para utilização em concretos e os resíduos gerados a partir do desdobramento das rochas ornamentais, definiu-se como pesquisa a adição mineral do resíduo de desdobramento das rochas ornamentais em concretos. Uma vez que através de estudos é possível esclarecer a viabilidade de empregar resíduos de marmoraria como adição no concreto.

2 OBJETIVOS

Este tópico tem por finalidade mostrar quais são os objetivos do presente trabalho, sendo eles objetivo geral e os objetivos específicos conforme especificado a seguir:

2.1 Objetivo geral

Analisar a influência da adição de resíduos gerados em marmorarias, em substituição parcial da massa de cimento, nas resistências à compressão do concreto.

2.2 Objetivo específico

- Realizar um estudo sobre a adição de resíduos de marmoraria em concretos;
- Determinar a resistência à compressão do concreto moldado com adição de resíduo;
- Comparar os resultados do concreto moldado com resíduo com o concreto sem adição.

3. JUSTIFICATIVA

Em função do crescimento significativo do setor de rochas ornamentais e a necessidade de maior produção, houve o surgimento de mais empresas especializadas. Com a maior produção, para atender ao mercado consumidor, há também uma maior quantidade de resíduo gerado. Esses resíduos, por sua vez, geralmente são descartados em lotes, terrenos baldios e em vários lugares sem nenhuma fiscalização e disposição adequada, causando impactos e prejudicando o meio ambiente.

Por isso, é conveniente atribuir ao mesmo uma forma de utilização, visando a redução do impacto ambiental. Além disso, a utilização de materiais em substituição do cimento é vantajosa em vários aspectos, pois, além de poderem melhorar as propriedades mecânicas dos concretos e serem economicamente viáveis, reduzem a quantidade de energia e dióxido de carbono liberado na atmosfera.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

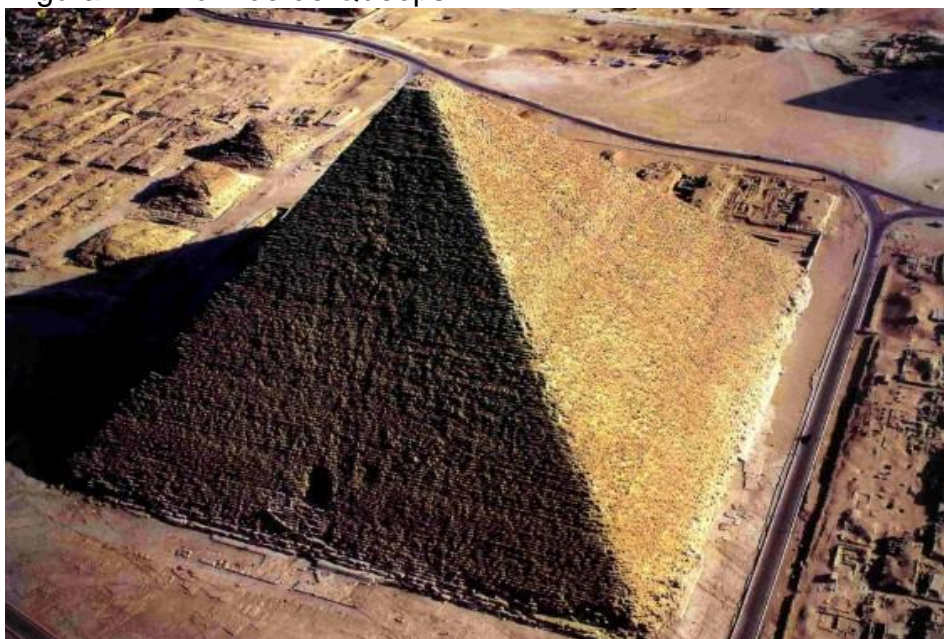
Nesta seção serão abordados os principais temas relevantes para a elaboração do trabalho. Através do embasamento teórico obtido por meio de pesquisa em literaturas existentes, trabalhos de conclusão de curso e experimentos já realizados.

4.1 História da utilização das rochas

Desde a Pré-história, o Homem faz o uso das rochas, pois notou que elas apresentavam boas propriedades de resistência e que alguns formatos poderiam ser adequados para a caça. Em seguida, percebeu-se que as rochas poderiam ser atraentes para a fabricação de utensílios domésticos e construções de abrigos. Segundo a Revista Rochas [2010?] “os egípcios foram os primeiros a extrair e a utilizar a pedra natural, nas construções de seus monumentos e túmulos faraônicos.”

Segundo Glancey (2007), entre as construções antigas, existem três pirâmides que são consideradas as mais famosas: as pirâmides de Quéops, Quéfren e Miquerinos. A FIG.1 nos mostra a Pirâmide Quéops também conhecido como Grande Pirâmide. Este monumento existe até hoje e está localizada em Gizé, ao sul da atual Cairo.

Figura 1 - Pirâmide de Quéops



Fonte: Escola Politécnica – Universidade de São Paulo- EP-USP, 2005.

Além dos egípcios, diversos povos também fizeram uso das rochas, no entanto, os romanos se destacaram pela realização de várias edificações de grande porte. A exemplos têm-se os fóruns e os teatros, os quais empregavam pedras com função estrutural. Contudo, as construções também eram erguidas, levando em consideração a estética final. Um exemplo de construção realizada pelos romanos é o aqueduto, ao qual pertence a *Pont du Gard* (FIG. 2), localizada na cidade de Nîmes, na França. “Sua construção foi realizada com alvenaria e pedra e consegue transportar água devido a inclinação média de 25 cm por quilômetro.” (PONT DU GARD, 2004).

Figura 2 – Pont du Gard



Fonte: Pont du Gard, 2004.

Os incas também fizeram uso das rochas em construções renomadas como, por exemplo, o Machu Picchu (FIG. 3), localizado na cidade do Peru e as pirâmides Toltecas, localizada no México. Segundo Cunha (2012), as principais construções como os templos e palácios foram construídas utilizando diferentes técnicas. Entre elas blocos de granito justapostos sem argamassa ou assentados com argamassa de argila.

Figura 3 – Machu Picchu



Fonte: Revista Abril, 2015.

Outro exemplo de construção antiga que utilizava rochas naturais é a Muralha da China (FIG 4), construída pelo primeiro imperador da China Shi Huangdi (221-220 a.C.). (KAFKA, 1976 apud MALAMUT, 2008, p.5)¹

Figura 4 – Muralha da China



Fonte: Google Imagens

¹ KAFKA, F. **A grande muralha da China**. São Paulo: Europa América, 1976

No Brasil, as rochas começaram a ser empregadas em construções como elemento estrutural. Segundo Almeida (2000), como o País apresenta grande riqueza mineral e também variedade de tipos de rochas, permitiu que os colonizadores fizessem uso das rochas da mesma forma que era empregada no continente europeu. As primeiras construções ocorreram a oeste e ao norte, depois se estendeu para todo território brasileiro.

Uma das primeiras cidades com grandes construções foi a de Salvador, fundada com características medievais. A exemplo de construção com o emprego de rochas, tem-se a igreja de Nossa Senhora do Rosário (FIG. 5), localizada em Sabará – MG. O processo de construção foi iniciado pela irmandade de Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos em 1767, e se arrastou até 1878, quando então os recursos acabaram e não houve o término da obra. Existiram várias tentativas para finalizá-la, no entanto, a falta de recursos e a abolição da escravatura fez com que se tornasse impossível concluir. (SABARÁ)

Figura 5 - Igreja de Nossa Senhora do Rosário – Sabará – MG



Fonte: Arque, 2015.

Diante disto, percebe-se o grande desenvolvimento de diferentes civilizações, através da utilização da rocha como material estrutural. No entanto, sua utilização também se deu como elemento estético e ornamental desde as primeiras construções. Segundo Alencar (2013), os primeiros registros desta forma de

utilização foram na Mesopotâmia e Egito, onde era empregada para perpetuar figuras importantes como deuses, faraós, em forma de esculturas.

Porém, até o final do século XIX, o seu uso ainda se concentrava principalmente, de forma estrutural. Foi então, a partir do início do século XX, que a rocha passou a possuir maior aplicação como elemento ornamental. Esse fato aconteceu devido à falta de mão de obra especializada para trabalhar a pedra, causada principalmente pelo “[...] emprego de novos materiais, a preferência pelos tijolos na execução de alvenaria e o fim do trabalho escravo [...]”. (VILLELA, 2003)

4. 2 Cenário Internacional das Rochas Ornamentais

Segundo Filho (2012), o início da valorização e destaque do setor de rochas aconteceu nas décadas de 1980 e 1990, devido ao crescimento do mercado internacional. Esse período foi chamado de “nova Idade da Pedra”, caracterizado pelo desenvolvimento de uma nova área de negócios para as indústrias.

De acordo com o mesmo autor supracitado, esse desenvolvimento aconteceu com maior fervor, no início do século XXI, com a diversificação dos produtos comercializados, o aumento do consumo das rochas no mercado dos Estados Unidos e a notável expansão chinesa no mercado internacional. Para melhor atender o mercado das empresas, em diversos países, aumentaram os investimentos em tecnologias de lavra, beneficiamento e acabamento.

Em resposta aos investimentos no setor, “cerca de 25,4 milhões de toneladas brutas e beneficiadas foram comercializadas no mercado internacional em 2002”. (MONTANI, 2003 apud FILHO, 2004, p.6-7). Neste mesmo ano, segundo Filho, (2004), os principais países produtores foram também os responsáveis pelas maiores transações comerciais. Entre eles chineses, italianos, indianos, espanhóis, iranianos e brasileiros, conforme TAB. 1.

De acordo com a Revista Mais Expressão (2014), esse cenário ficou instalado até meados de 2008, como resultado da bolha imobiliária norte-americana e da instalação da crise econômica mundial. Houve o enxugamento do crédito, aumento da concorrência pelos exportadores e conseqüentemente maior pressão de oferta dos grandes produtores.

Tabela 1 - Principais produtores mundiais de rochas ornamentais - Base 2002

Países	1.000 t	%
China	14.500	20,8
Itália	8.000	11,9
Índia	6.500	9,6
Espanha	5.350	7,9
Irã	4.250	6,3
Brasil	2.750	4,1
Portugal	2.300	3,4
Turquia	2.500	3,7
EUA	2.000	3,0
Grécia	1.500	2,2
TOTAL	49.650	73,5
Outros	17.850	26,5

Fonte: Filho, 2004

Segundo Filho (2012), a recuperação desse período aconteceu de forma lenta, no decorrer de 2010 e 2011, com a ampliação das transações internacionais e o aquecimento da construção civil fora dos EUA. Esta recuperação é notória na TAB. 2, onde se percebe o declínio em 2008 e 2009 e o início do processo de reestabelecimento em 2010.

Tabela 2 - Evolução do mercado internacional de rochas ornamentais e de revestimento. (2006 – 2010)

Produtos / Código NCM	2006		2007		2008		2009		2010	
	1.000 t	%	1.000 t	%	1.000 t	%	1.000 t	%	1.000 t	%
RSB 2516	10.562	25,5	11.492	24,7	10.816	23,9	8.909	21,7	10.531	21,7
RCB 2515	7.495	18,1	8.271	17,9	9.384	20,8	9.466	23,0	13.334	27,5
RPE 6802	18.138	43,8	21.150	45,8	19.791	43,8	18.199	44,3	20.026	41,3
RPS 6801	3.804	9,2	3.814	8,2	3.702	8,2	3.262	8,0	3.301	6,8
PA 6805	1.369	3,3	1.568	3,4	1.500	3,5	1.242	3,0	1.306	2,7
TOTAL	41.368	100	46.232	100	45.193	100	41.078	100	48.498	100

RSB - rochas silicáticas brutas; RCB - rochas carbonáticas brutas; RPE - rochas processadas especiais; RPS - rochas processadas simples; PA - produtos de ardósia. FONTE: compilado a partir de Montani (2007 a 2011)

Fonte: Filho, 2012

O Brasil é considerado um dos maiores exportadores de rochas ornamentais, e está cada vez mais ampliando sua participação no cenário internacional. Este

crescimento é devido aos investimentos industriais, o que agrega valor aos produtos exportados. (ABIROCHAS, 2015. p. 12.)

De acordo com Filho (2013), em 2012, as exportações brasileiras de rochas ornamentais atingiu o valor de US\$ 1.060,42 milhões, representando um volume físico comercializado de 2.237.150,44 toneladas. As rochas brutas foram responsáveis pelo faturamento de 23,2% e um volume físico de 52,2%, já as processadas possuíam um volume físico de 47,8%, e compuseram o faturamento de 76,8%.

Segundo Montani (2014), no ano de 2013, as exportações atingiram recordes históricos, para as rochas brutas e processadas atingindo 2,7 milhões de toneladas, permitindo assim, superar a crise de 2008 e 2009.

Em 2014 as exportações corresponderam a 2.547.187,49 t. As rochas processadas [...] compuseram 79,31% do faturamento e 51,16% do total do volume físico exportado. As rochas brutas [...], representaram por sua vez 20,69% do faturamento e 48,84% do volume físico total das exportações. (FILHO, 2014, p. 2).

Segundo Filho (2015), neste ano, as exportações alcançaram 123.674,24 toneladas, ficando as rochas processadas com 82,20% de faturamento e 59,33% de volume físico exportado. Já as rochas brutas tiveram apenas 17% do faturamento e 39,64% do volume físico das exportações.

Segundo Associação brasileira da indústria de rochas ornamentais (ABIROCHAS), 2015:

O Brasil é o terceiro maior exportador de ardósia (depois da Espanha e China) e o segundo maior exportador de blocos de granito (depois da Índia), bem como o primeiro maior fornecedor geral de rochas para os Estados Unidos e, especificamente, de chapas de granito para esse mercado. Os cinco principais países de destino das exportações de rochas brasileiras, em faturamento, são EUA, China, Itália, Canadá e México.

Estima-se que, em 2025, ocorrerá um aumento na produção mundial de rochas ornamentais ultrapassando a casa dos 400 milhões de toneladas, aumentando também as transações internacionais.

4.3 Cenário nacional das rochas ornamentais

Segundo Filho (2013), no ano de 2012, o consumo do mercado interno em chapas com 2 cm de espessura alcançou um total 71,9 milhões de m². O Estado de São Paulo foi o maior comprador desse material, correspondendo a 45% do total consumido no Brasil. O consumo foi principalmente para utilização em ornamentação e revestimento. Se comparado ao ano de 2007 o consumo per capita aumentou de 15 kg para 21 kg em 2012.

Segundo Montani (2014), o ano de 2013 foi marcado pela dificuldade na economia brasileira, afetando a maioria dos setores produtivos do país. No entanto, o setor de rochas ornamentais contribuiu significativamente para a balança comercial do país, pois o mesmo estava com índices de exportações cada vez maiores.

Além das exportações, segundo Brasil (2014), os eventos esportivos também contribuíram para o mercado nacional, movimentando o setor da construção civil através de maior disponibilidade de crédito. Em consequência, houve o maior consumo de rochas ornamentais no mercado interno. Segundo Abirochas (2015) foi consumido um total de 60 milhões m² de chapas.

Considerando o maior consumo de rochas ornamentais, em 2014, ocorreu também aumento na importação de maquinários específicos para lavra e beneficiamento, o que facilitou a exploração de diferentes tipos rochosos. Segundo Moutani (2014), estima-se que existam 1200 tipos de rochas em 1500 frentes de lavra.

Segundo Abirochas, (2015), o ano de 2015 será um ano difícil para o setor, pois acabaram as desonerações tributárias e a taxa de juros deve continuar elevada. Além destes fatores, houve um o aumento significativo da energia e transporte que influenciam no preço final das rochas. Com isso, o País se tornará menos competitivo no mercado internacional e haverá um aumento nas mercadorias comercializadas nacionalmente.

4.4 As reservas de granito e desdobramento dos blocos

Este tópico é referente à localização das reservas de granito no Brasil e como é realizado o processo de desdobramento das rochas, desde a extração até a comercialização.

As reservas de granito se estendem por todo o Brasil. No entanto, as maiores estão localizadas nos estados do Espírito Santo, Bahia, Minas Geras, Ceará, Alagoas e Rio de Janeiro.

A maior parte das empresas brasileiras especializadas em rochas ornamentais realiza o processo de desdobramento a partir das etapas descritas a seguir.

4.4.1 Pesquisa e definição dos locais de extração dos blocos

Inicia-se a procura por lugares que possuam rochas com valor comercial. Para a definição dos locais é necessário analisar diferentes fatores como: a localização do maciço rochoso, a qualidade da rocha, a viabilidade de lavra, o reconhecimento por fotos aéreas de afloramentos e o principal que é a documentação aprovada pelos órgãos competentes autorizando a exploração.

4.4.2 A extração dos blocos das pedreiras.

O processo de extração é caracterizado pela separação de blocos a partir do maciço rochoso. Esse processo é necessário para facilitar o transporte para as empresas de beneficiamento. Existem diferentes técnicas utilizadas no processo de lavra das rochas ornamentais, são as principais:

- Corte por meio de perfuração e explosivos - inicialmente é demarcado o alinhamento dos furos próximos uns aos outros, seguindo as dimensões desejadas para os blocos. Em seguida é realizada a perfuração das rochas por meio de marteletes pneumáticos manuais ou por talha blocos acionados mecanicamente. O seguinte passo é a colocação dos explosivos nos furos e sua detonação. Os explosivos são dosados com uma carga pequena, ou seja, uma carga apenas para a ruptura entre os furos e a liberação dos blocos rochosos.

- Corte a fio diamantado – é um cabo de aço flexível com anéis diamantados, mas conhecidos como pérolas espaçadas por borrachas galvanizadas. O fio possui aproximadamente 5,0 mm de diâmetro e as pérolas em torno de 11,40 mm. Pode ser utilizado tanto para cortes horizontais como verticais.
- Corte por *jet flame* – o processo de corte é realizado pelo aquecimento em altas temperaturas da rocha no alinhamento desejado. Esse aquecimento é realizado através de uma lança com maçarico na extremidade.
- Corte contínuo – é realizada sequencialmente furos, conforme alinhamento. Os furos são espaçados entre si e a distância entre eles é igual ou um valor próximo ao diâmetro do furo. Após a primeira etapa, é iniciada outra perfuração, porém desta vez intercalada aos primeiros furos e com diâmetro um pouco maior. Com esse processo é possível realizar o destacamento dos blocos.

4.4.3 Transporte dos blocos para a beneficiadora, Carregamento e Preparação do tear.

Após a separação dos blocos do maciço rochoso, os mesmos são carregados em caminhões ou carretas, e transportados para serrarias. Nas serrarias os blocos são dispostos em pátios e serão cortados conforme a necessidade de comercialização. Quando vão realizar o corte, as dimensões dos blocos são comparadas as do equipamento de corte, caso os blocos estejam em tamanho maior é necessário aparar para conseguir as dimensões desejadas. Em seguida, o bloco é colocado sobre um suporte chamado de carro porta bloco. A preparação do tear consiste em posicionar o carro porta bloco no equipamento, fazer os ajustes e regulagens necessárias.

4.4.4 Beneficiamento Primário

Esta etapa é realizada por teares, esse equipamento efetua a serragem dos blocos em chapas. O processo de serragem acontece pela ação conjunta das lâminas dos teares e polpa abrasiva. A polpa abrasiva é composta por água, cal e granalha, esses três componentes são misturados e lançados de forma distribuída

superficialmente no bloco e nas lâminas do tear ajudando a aprimorar o processo e resfriar as lâminas.

4.4.5 Descarregamento e Acabamento das chapas

O descarregamento das chapas é efetuado assim que é finalizado o processo de corte no tear. As chapas saem com espessura de 20 mm, porém sem acabamento. Portanto, depois de retiradas do tear, as chapas são encaminhadas para acabamento. Existem diferentes tipos de acabamento, o mais utilizado é polimento.

4.4.6 Armazenamento e Comercialização

Após o acabamento as chapas deverão ser armazenadas na vertical e já poderão ser comercializadas para as marmorarias. As marmorarias vão fazer os cortes conforme a utilização desejada. As chapas acabadas poderão ser utilizadas para a fabricação de revestimentos, soleiras, pias, mesas, entre outras.

4.5 Os resíduos gerados no processo de desdobramento.

Existe uma maior produção de resíduos, isto em função do desenvolvimento do setor e devido ao maior consumo das rochas ornamentais. Uma das primeiras etapas geradoras de resíduos é a extração. Nesta etapa os resíduos gerados são provenientes da liberação dos blocos do maciço através do corte. Os resíduos por sua vez, apresentam diferentes granulometrias.

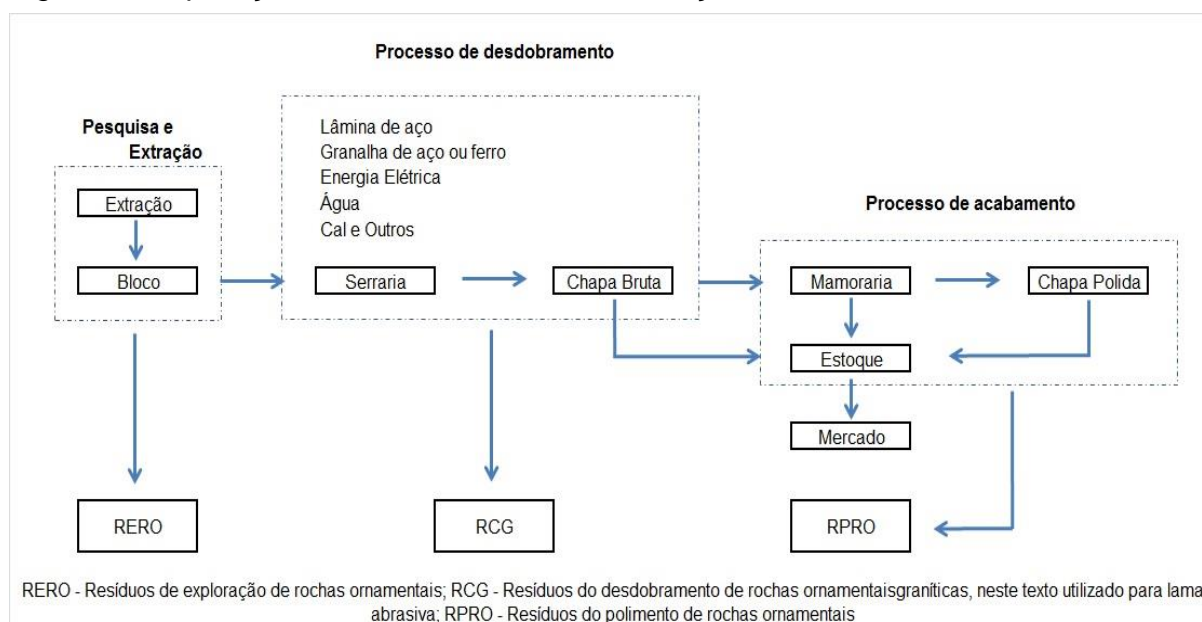
Depois de transportados e entregues as beneficiadoras, existe a geração de outro resíduo, chamado de costaneira. Esse resíduo é gerado pela serragem dos blocos para que os mesmo estejam com as dimensões necessárias para colocação nos equipamentos de corte.

Entre os resíduos existe o chamado resíduo do corte de granito (RCG), que por sua vez, é gerado quando os blocos são colocados nos teares para serem cortados em chapas. Neste processo é utilizada polpa abrasiva composta por água, cal e granalha. No entanto, além desses componentes da polpa abrasiva, o resíduo

também possui em sua composição o pó de pedra, em virtude da serragem dos blocos.

Segundo Calmon (2007), “cerca de 25% a 30% do volume dos blocos de rochas ornamentais é transformado em resíduos após o beneficiamento primário.” Além desses resíduos, existe também o resíduo de polimento, porém em comparação aos demais, este é gerado em menor quantidade. Na FIG. 6 estão representados as operações das indústrias de rochas ornamentais e seus respectivos resíduos gerados.

Figura 6 – Operações realizadas na industrialização de rochas ornamentais.



Fonte: Adaptada de Calmon, 2007.

4.6 O resíduo do corte de granito (RCG)

Existem diferentes tipos de rochas graníticas, porém o resíduo formado por elas não diferem significativamente na composição final. Segundo Calmon (2007), estudos realizados caracterizaram de forma física e química o resíduo do corte de granito, conforme TAB 3. Observa-se que o resíduo possui maior concentração de dióxido de silício, óxido de alumínio e óxido de ferro, juntos chegam a totalizar 84,83%.

No entanto, segundo Souza [200-], existem outras características que devem ser levadas em consideração. O resíduo apresenta granulometria fina, ou seja, cerca

de 71,65% de seus materiais constituintes possuem dimensões inferior a 0,0075 mm.

Tabela 3 - Caracterização físico-química do resíduo da serragem dos blocos de granito.

	Massa específica	2,67 g/cm ³
	Área específica	1,295 m ² /kg
Componentes Químicos (%)	Óx. De Magnésio (MgO)	1,99
	Dióx. De Silício (SiO ₂)	58,86
	Óx. De Ferro (Fe ₂ O ₃)	12,52
	Óx. De Alumínio (Al ₂ O ₃)	13,45
	Óx. De Cálcio (CaO)	5,10
	Óx de Titânio (TiO ₂)	0,92
Álcalis Totais (%)	Óx. De Sódio (Na ₂ O)	2,20
	Óx. De Potássio (K ₂ O)	4,81
	Equivalente Alcalino em Na ₂ O	5,36
	SiO ₂ + Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	84,83

Fonte: Calmon, (2007).

A parte metálica é proveniente da granalha empregada para auxiliar no corte das rochas ou pode ser também do desgaste das lâminas dos teares. As partículas metálicas, porém, permitem se necessário, sua retirada através do processo de separação magnética, exceto a hematita existente.

Segundo Calmon (2007), através de análises realizadas por meio de difratogramas, os componentes químicos existentes no resíduo estão na forma tipicamente cristalina. Indicando assim, que o resíduo não possui características aglomerantes ou pozolânicas.

Gonçalves (2000) afirma que, o RCG é classificado com um resíduo Classe II – Não Inerte, pois em ensaios realizados por ele como o de solubilização, apenas fluoreto apresentou concentração superior. Já no ensaio de lixiviação, nenhuns de seus componentes apresentaram concentração superior, desta maneira o mesmo não apresenta risco ambiental nem à saúde humana.

4.6.1 Histórico sobre estudos com RCG

As pesquisas no Brasil quanto à utilização de rejeitos industriais caracterizados como aditivos minerais vêm crescendo significativamente. Existem estudos utilizando o resíduo do corte de granito como adição em diferentes materiais.

Como é o caso do estudo realizado por Souza [200-], segundo ele os resultados obtidos a partir da adição do resíduo proveniente da serragem dos blocos de rochas ornamentais graníticas, em concretos asfálticos usinados a quente, foram satisfatórios. Avaliou-se o rejeito em substituição aos produtos convencionais e com reatividade fíler. Concluíram que, a adição atende os métodos de misturas asfálticas determinadas pelo Departamento Nacional de Estradas e Rodagens (DNER), quando o resíduo é adicionado na proporção de 6% para um teor de 5,5% de cimento asfáltico.

Segundo Souza (2007) o Centro Federal de Educação e Tecnológica do Espírito Santo (CEFET- ES) realizou um estudo adicionando o mesmo resíduo a argamassa. Após os ensaios ficou comprovado que a argamassa atingiu uma resistência 2% superior ao da argamassa existente no mercado e após o vigésimo oitavo dia este valor alcançou 5%.

De acordo com Babisk (2009 p. 103), o resíduo das rochas ornamentais também pode ser empregado na fabricação de vidros sodo-cálcicos, uma vez que, adicionados ao processo de fabricação dos vidros, apresentaram propriedades similares as dos vidros comerciais comparados. Concluiu então, que a partir da adição do resíduo, reduziu a utilização dos materiais naturais como a areia.

Segundo Freire (2009 p. 179), a adição de 10% do resíduo do corte de rochas ornamentais na confecção de blocos paisagísticos é viável. O estudo obteve uma menor porosidade dos blocos, maior ganho médio de resistência à compressão axial e as propriedades mecânicas e durabilidade foram satisfatórias.

4. 7 Concreto de Cimento Portland

A NBR 12655 (ABNT, 2006), define concreto de cimento Portland como: “material formado pela mistura homogênea de cimento, agregado miúdo e graúdo e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários, que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento (cimento e água)”.

Segundo Helene e Andrade (2007 p. 905), descoberto no fim do século XIX, a intensificação do uso do concreto ocorreu no século XX. É o mais importante material estrutural e de construção civil da atualidade. Portanto, é o material mais consumido pelo homem depois da água.

O material concreto se apresenta em duas fases distintas: concreto fresco e concreto endurecido. Ainda segundo Helene e Andrade (2007 p.928-929):

A fase do concreto fresco refere-se ao intervalo de tempo necessário para que o concreto possa ser misturado, transportado, lançado e adensado. Já a fase do concreto endurecido, inicia-se com a hidratação do cimento e consequente endurecimento do concreto, estendendo-se por toda a vida da estrutura.

Segundo Pimenta (2012), para produzir o concreto, a partir dos materiais componentes, deve-se seguir as seguintes operações:

- Dosagem: consiste em definir a quantidade de cada material a ser utilizado;
- Mistura dos materiais: consiste em unir os materiais de forma a obter uma pasta homogênea;
- Lançamento do concreto: operação de moldagem da mistura em formas;
- Adensamento: consiste em eliminar os vazios do concreto, através da compactação, seja de forma manual ou mecânica.
- Cura: etapa em que ocorre a hidratação do cimento.

Se algumas das operações descritas anteriormente não forem executadas corretamente, poderão influenciar na qualidade final do concreto.

4. 7. 1 Propriedades do Concreto

As principais propriedades do concreto em estudo serão representadas como trabalhabilidade e resistência mecânica.

4. 7. 1. 1 Trabalhabilidade

Segundo Helene e Andrade (2007 p. 929), trabalhabilidade “é a característica do concreto que determina a sua aptidão para ser manuseado é a sua consistência,

que, na tecnologia do concreto, pode ser definida como a maior ou menor capacidade do concreto de deformar sob a ação de sua própria massa”.

Segundo Pimenta (2012 p. 8), o concreto é considerado trabalhável quando apresentar no estado fresco consistência e agregados com diâmetros apropriados para o tipo de obra a se executar.

4. 7. 1. 2 Resistência Mecânica

Resistência mecânica é a capacidade que o concreto possui de suportar cargas sem se romper. As propriedades mecânicas predominantes no concreto são: a resistência à compressão e resistência à tração. Neste trabalho foi analisado apenas a resistência a compressão.

4. 8 Efeito das adições minerais industriais nas propriedades do concreto.

Segundo Albuquerque (2014), a partir do início do século XX, o uso de adições minerais passou a ser estimulada em todo o mundo, em virtude do maior controle ambiental, maior fiscalização pelos órgãos responsáveis, do maior conhecimento de ciências dos materiais e o desenvolvimento em equipamentos. As adições minerais são incorporadas junto com as matérias primas tradicionais, formando a massa do concreto.

O concreto sofre processos de deterioração em função do ambiente em que está inserido. Podendo ocorrer à corrosão das armaduras, ataque por ácidos e sulfatos, entre outros, ambos são ocasionados por ações químicas e físicas, através do fenômeno de transporte pelos poros.

Segundo Gonçalves (2000), “a utilização das adições minerais no concreto tem proporcionado ganho no seu desempenho, tanto no estado fresco como no estado endurecido, quanto às propriedades mecânicas e durabilidade”.

A adição mineral proveniente de resíduos industriais, quando adicionada ao concreto, gera algumas modificações em suas propriedades. Esse fator pode variar de acordo com o tipo do composto que será empregado e do desempenho esperado para o concreto. Uma vez que, eles atuam de forma distinta, de acordo com a dosagem escolhida, a granulometria e composição do rejeito.

As propriedades do concreto variam também através da classificação quanto ao tipo de reatividade que o resíduo proporcionará junto à mistura do concreto. Essa reatividade pode ser dada como cimentante, fíler ou pozolâmicas.

“O material cimentante é aquele capaz de formar produtos cimentantes [...], sem a necessidade do hidróxido de cálcio presente no cimento Portland, sua auto Hidratação é lenta, porém quando usado como adição ou substituição em cimento Portland sua hidratação é acelerada na presença de hidróxido de cálcio e gipsita”. (FONSECA, 2010, P. 34).

As adições fílers, são materiais que apresentam partículas com diâmetro médio $< 0,05$ mm, ou seja, partículas muito finas ou moídas. Segundo Gonçalves (2000 p. 32), “quando adicionadas favorecem a matriz cimentícia, contribuindo para o maior preenchimento dos vazios deixados pelos produtos de hidratação do cimento ou pela não hidratação do cimento”. São exemplos de adições fílers: material carbonático, pó de quartzo e pó de pedra.

De acordo com Gonçalves (2000 p. 43), em relação às propriedades mecânicas, as adições influenciam principalmente nas idades iniciais, visto que tende a acelerar o processo de hidratação do cimento. Já em idades avançadas não possuem ganhos significativos quanto à resistência, pois as atividades fílers não possuem atividade química.

Segundo Silva (2007 p. 777), “as pozolanas são, principalmente, constituídas por óxido de silício, óxido de alumínio, de ferro e de cálcio e anidrido sulfúrico”, sendo que a soma dos três primeiros componentes devem ser $\geq 70\%$. Reagem com OCh (Aluminato de Cálcio Hidratado) formando assim C-S-H (Silicato Cálcio Hidratado). Este tipo de adição pode aumentar a resistência do concreto com o passar do tempo.

Segundo Fonseca (2010 p.52), características melhores são obtidas através do uso das adições minerais nos concretos, em relação à trabalhabilidade. Isto acontece, uma vez que as adições minerais possuem alta finura, ou seja, quando a adição mineral é acrescentada ao concreto, produz-se uma pasta com maior coesão e plasticidade.

Segundo este mesmo autor, com as adições minerais é possível reduzir os efeitos de segregação e exsudação do concreto e obtêm-se também características como menor índice de vazios e o aumento da relação do volume de sólidos para o volume de água.

4. 9 Parâmetros para avaliação do uso do resíduo como adição em concreto

Serão definidos os parâmetros para avaliar a influência do resíduo quando incorporado ao concreto. Para tal fim, será considerado o desempenho da adição do (RCG) no concreto no endurecido, conforme as normas técnicas existentes.

4. 9. 1 Para o concreto endurecido

No estado endurecido, o concreto com adição será avaliado quanto às propriedades mecânicas. No entanto, antes desta verificação devem-se seguir as orientações da NBR 5738 (ABNT 2008) para a moldagem dos corpos de prova do concreto convencional e com adição do RCG.

De acordo com Ribeiro, Pinto e Starling (2011 p. 85), os corpos de prova com dimensões de (10 x 20) cm, devem ser moldados em 2 camadas, sendo que as camadas deverão ser adensadas com 15 golpes cada. Já os corpos de prova que possuem dimensões de (15 x 30) cm, devem ser moldados em 4 camadas e 30 golpes em cada. Deve-se também desformar em 24 horas.

No entanto, será utilizado a definição da NBR 5738/2008, onde para corpos de prova cilíndricos com diâmetro de 10 cm e adensamento manual, o número de golpes para o adensamento são definidos como sendo 12 golpes.

4. 9. 1. 1 Resistência à compressão axial

A resistência à compressão será determinada seguindo as normas da NBR 5739 (ABNT 2007), que consiste em aplicar cargas nos corpos de prova, com velocidades controladas até a sua ruptura.

Segundo Ribeiro, Pinto e Starling (2011 p. 86), os corpos de prova de concreto podem ser rompidos em prazos previstos de 24 horas, 3, 7 ou 28 dias, ou em períodos mais longos.

5. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, realizou-se, em primeiro lugar, uma pesquisa bibliográfica, sobre a história de utilização das rochas e os cenários internacional e nacional das rochas ornamentais. Em seguida foi descrito o processo de desdobramento das rochas, incluindo a geração dos resíduos em especial o resíduo do corte de granito além de apresentar recentes estudos com a adição do mesmo em outros materiais.

No entanto, como o principal material de estudo é o concreto, foi realizado também, uma pesquisa bibliográfica sobre suas propriedades e como a adição do resíduo do corte de granito influencia nestes parâmetros, através da realização de testes em corpos de prova.

O Resíduo pode influenciar em determinados parâmetros relacionados ao desempenho do concreto. Para determinar qual o teor ótimo de adição do (RCG) estabeleceu-se dois traços, os quais permitiu avaliar qual é o melhor para obtenção de melhores propriedades mecânicas no concreto. Para isso foram realizados testes em corpos de prova. Os testes foram realizados para comparar as propriedades mecânicas do concreto convencional com o concreto com diferentes proporções do resíduo.

E então, definir qual a proporção ideal de resíduo. Para isso, foi levado em consideração o desempenho do concreto no estado endurecido, de acordo com as exigências estabelecidas pelas normas técnicas.

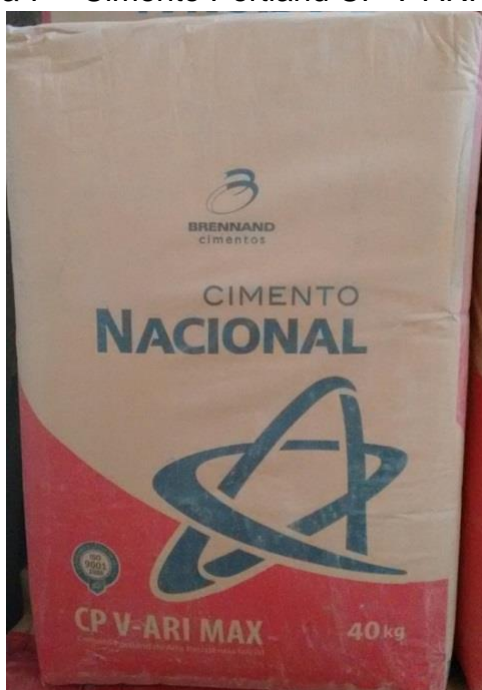
5.1 Materiais

Para a confecção dos corpos de prova, foram utilizados os seguintes materiais:

- Cimento CP V ARI
- Agregado miúdo: Areia
- Agregado graúdo: Brita
- Água para o amassamento
- Resíduo do corte do granito

Foi utilizado o cimento Portland de alta resistência inicial (ARI), cimento nacional tipo CP V ARI MAX (FIG. 7). A sua utilização reduz o tempo gasto para execução dos testes com os corpos de prova. Isto porque, atinge elevadas resistências em curtas idades o que proporciona a retirada das fôrmas em menor intervalo de tempo. Isto se fez necessário para finalizar o trabalho e apresentá-lo para avaliação. Além disso, o cimento CPV é o cimento mais puro encontrado no mercado, podendo apresentar até 5% de fíler. A menor quantidade de adições é desejável, pois assim avalia-se apenas a influência do resíduo adicionado.

Figura 7 – Cimento Portland CP V-ARI MAX



Fonte: O autor (2015)

O cimento foi doado por uma empresa da região para a confecção dos corpos de prova, também foi fornecido pela mesma empresa o agregado miúdo, no caso a areia quartzosa de rio (FIG 8A) e também o agregado graúdo, a brita (FIG. 8B), que foi lavada e seca ao ar livre. A água empregada foi proveniente da rede de abastecimento de água da cidade de Candeias /MG.

O resíduo (FIG. 8C), por sua vez, utilizado como adição no concreto, foi fornecido por uma empresa que realiza o beneficiamento de rochas ornamentais na cidade de Candeias/MG.

Figura 8 – Amostras



Fonte: O autor (2015)

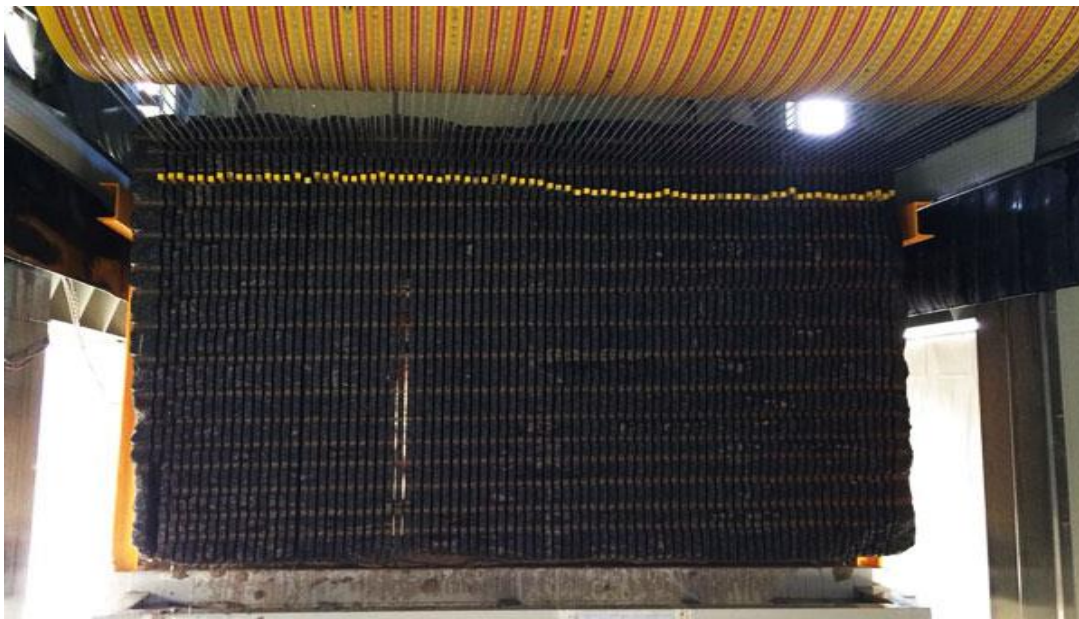
O Resíduo do corte das rochas é gerado a partir do corte dos blocos de rochas em chapas para a comercialização, esse corte é realizado através de um equipamento denominado tear (FIG. 9). Nele as lâminas do equipamento (FIG. 10), executam a serragem do bloco com o auxílio de uma lama abrasiva composta por água, cal, granalha e durante o processo o pó de pedra une a mistura.

Figura 9- Equipamento utilizado para executar o corte dos blocos, denominado Tear



Fonte: O autor (2015)

Figura 10 – Lâminas do tear



Fonte: Site Grupo Andrade (2015)

O resíduo foi coletado no pátio da empresa onde fica disposto após o corte das rochas no tear, conforme a FIG. 11. Quando coletado apresentava torrões, então foi necessário realizar o destorroamento e a secagem ao ar livre. A empresa possui três pátios para colocação do resíduo, apresentando a dimensão de 15 m x 15 m e aproximadamente 4,5 m de altura.

Figura 11- Pátio de disposição do resíduo do corte das rochas



Fonte: O autor (2015)

5.2 Métodos

Neste tópico serão apresentados os métodos utilizados para determinar a granulometria, confecção dos corpos de prova e sua resistência à compressão.

5.1.1 Caracterização dos Materiais

A seguir foram determinadas as composições granulométricas dos agregados, seguindo os procedimentos determinados pela NBR 7217 (ABNT 1987) e NBR 7211 (ABNT 2009).

Após a coleta das amostras foram realizados a secagem das mesmas em temperatura ambiente, deixando-a esfriar logo após. Em seguida, encaixou as peneiras, previamente limpas (FIG. 12), de modo a formar um único conjunto de peneiras, com a abertura de malha em ordem crescente da base para o topo e colocou-se a amostra na primeira peneira.

Figura 12 – Peneiras e balança utilizada para o ensaio de granulometria



Fonte: Prefaz – Pré-fabricados de concreto (2015)

Posteriormente, as peneiras foram submetidas à agitação mecânica por um tempo razoável e necessário para fazer a classificação do material. Em seguida as peneiras foram retiradas e foi calculada a porcentagem retida do material em cada

uma, de acordo com a massa inicial da amostra, obtendo assim a granulometria da amostra. Esse processo foi realizado para todas as amostras.

O ensaio de granulometria foi realizado pela empresa Prefaz- Pré-fabricados de concreto, localizada no município de Candeias-MG.

5.1.2 Confeção dos corpos de prova

Para a confecção dos corpos de prova as etapas foram divididas em: definição do traço de acordo com a resistência, preparo, moldagem, cura e rompimento dos corpos de prova.

Para determinar o traço, definiu se a resistência mínima aos 28 dias de 30 Mpa e a partir disso e através do estudo realizado por Barbosa e Bastos (2008 p. 5) sobre dosagens de concretos para pequenas obras representadas na TAB. 4, Determinou se a utilização do traço demarcado na mesma.

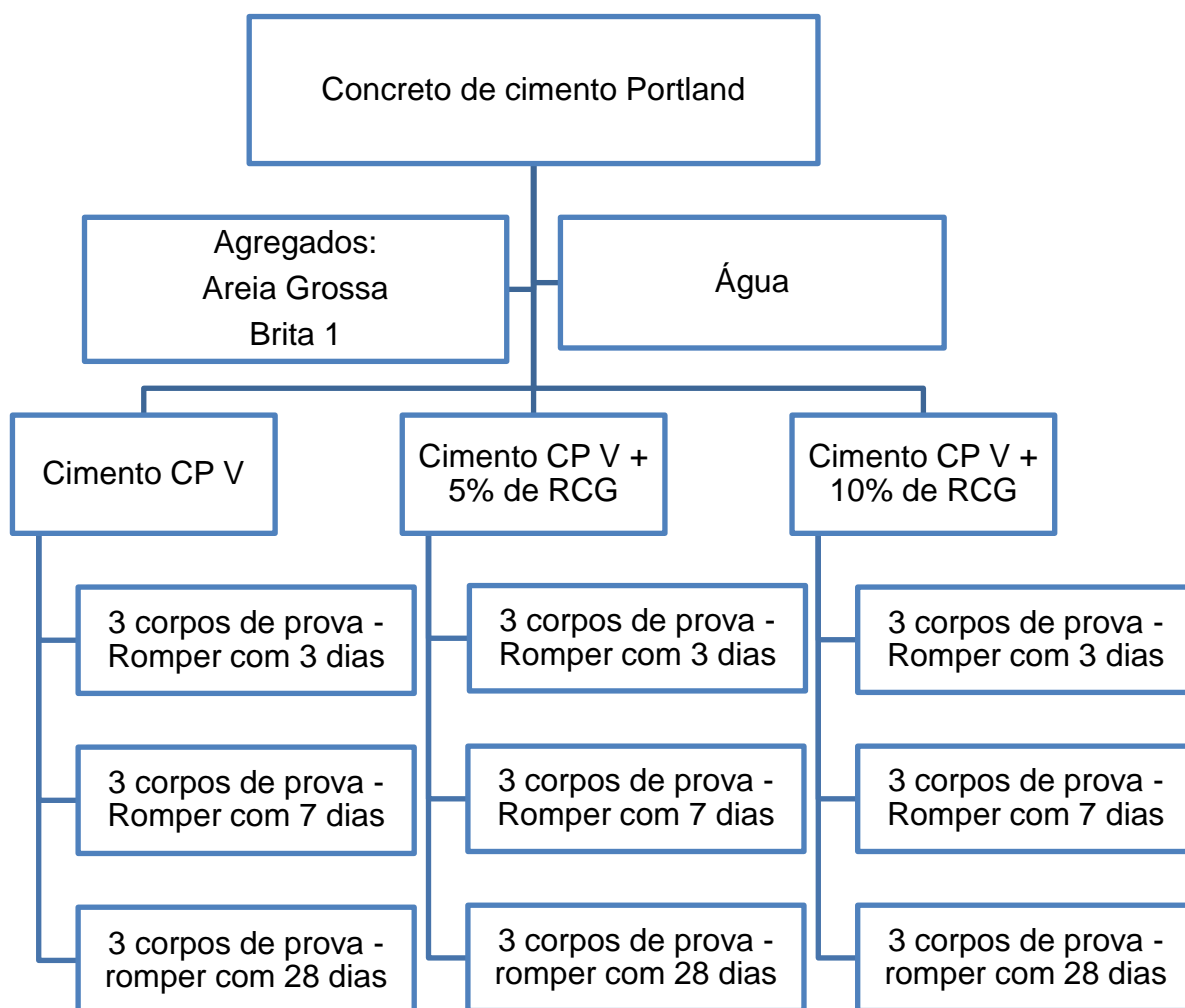
Tabela 4 - Traços de concreto com cimento CP V – ARI

Resistência de Dosagem Esperada (Mpa) na Idade (dias)				Traço em massa									
				Para 1 Kg de cimento				Para 1m ³ de cimento					
1	3	7	28	Areia (Kg)	Pedra (Kg)	a/c	Aditivo (%) ¹	Cimento (Kg)	Areia (Kg)	Pedra (Kg)	Água (Kg)	Aditivo (Kg)	
3	9	11	15	4,13	3,87	0,90		225	929	871	203	3,4	
5	12	16	20	3,45	3,35	0,75		265	914	888	199	4,0	
10	18	22	25	2,90	2,95	0,65		306	887	903	199	4,6	
13	23	26	30	2,59	2,71	0,59	1,5	337	873	913	199	5,1	
14	26	30	35	2,31	2,49	0,54		371	857	924	200	5,6	
16	28	34	40	2,02	2,28	0,51		408	824	930	208	6,1	
18	30	36	45	1,79	2,11	0,48		444	795	937	213	6,7	
20	32	40	50	1,57	1,94	0,44		487	765	945	214	7,3	

Fonte: Adaptada de Barbosa e Bastos (2008).

A dosagem foi estabelecida a partir do traço definido anteriormente. Foram realizados três dosagens de concreto, sendo duas dosagens com diferentes porcentagens de resíduo, fazendo a substituição nas proporções de 5% e 10% da massa do cimento e uma dosagem para concreto de referência, ou seja, concreto sem adição de resíduo, conforme (FIG. 13).

Figura 13 – Fluxograma do procedimento adotado



Fonte: O Autor (2015)

O preparo do concreto, por sua vez, foi realizado manualmente com a mistura dos materiais secos na seguinte ordem: agregados graúdos, agregados miúdos, cimento. Após a homogeneização foi colocada à água até a obtenção do concreto homogêneo. O mesmo processo foi realizado com os concretos com adição, o resíduo, por sua vez, foi adicionado nas proporções definidas primeiramente no cimento e depois no processo de homogeneização dos secos.

Posteriormente, foram moldados os corpos de provas cilíndricos FIG. 14, com as dimensões de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura. Para a moldagem dos corpos de provas, primeiramente colocou-se a massa de concreto em duas partes. Conforme a norma NBR 5738/2008 para corpos de prova cilíndricos com diâmetro de 10 cm e adensamento manual, o número de golpes para o adensamento são definidos como 12 golpes. Aguardou-se um dia de cura para realizar a desforma.

Figura 14 – Moldagem corpos de prova



Fonte: O Autor (2015)

Logo após a desforma (FIG. 15) os corpos de prova foram submetidos à cura úmida, inicialmente mantidos totalmente imersos em água por 24 horas para evitar que ocorra a evaporação da mesma e depois os corpos de prova foram levados para empresa Prefaz – Pré-fabricados de concreto, localizada na cidade de Candeias-MG, lá os corpos de prova foram submetidos ao processo de cura úmida, esta por sua vez, molhando os corpos de prova de 2 em 2 horas.

Figura 15 – Corpos de prova desenformados



Fonte: O autor (2015)

Posteriormente os corpos de prova foram submetidos à ruptura por compressão na prensa FIG.16. Sendo definido o tempo de cura para esse trabalho de 3, 7 e 28 dias, sendo moldados três corpos de provas para cada caso.

Figura 16 – Prensa para compressão



Fonte: Prefaz – Pré-fabricados de concreto (2015)

5.1.3 Resistência à compressão

O rompimento dos corpos de provas aconteceu após o prazo determinado de cura de 3, 7, 28 dias. Seguindo os procedimentos determinados pela NBR 5739 (2007) realizou-se a limpeza das faces do corpo de prova e dos pratos da prensa.

Na sequência o corpo de prova foi cuidadosamente centralizado no prato inferior. Então iniciou o processo de ruptura, onde o carregamento foi aplicado continuamente e sem choques até a ocorrência da queda da força e ruptura do mesmo.

Esse processo foi seguido durante a realização dos ensaios com todos os corpos de prova.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

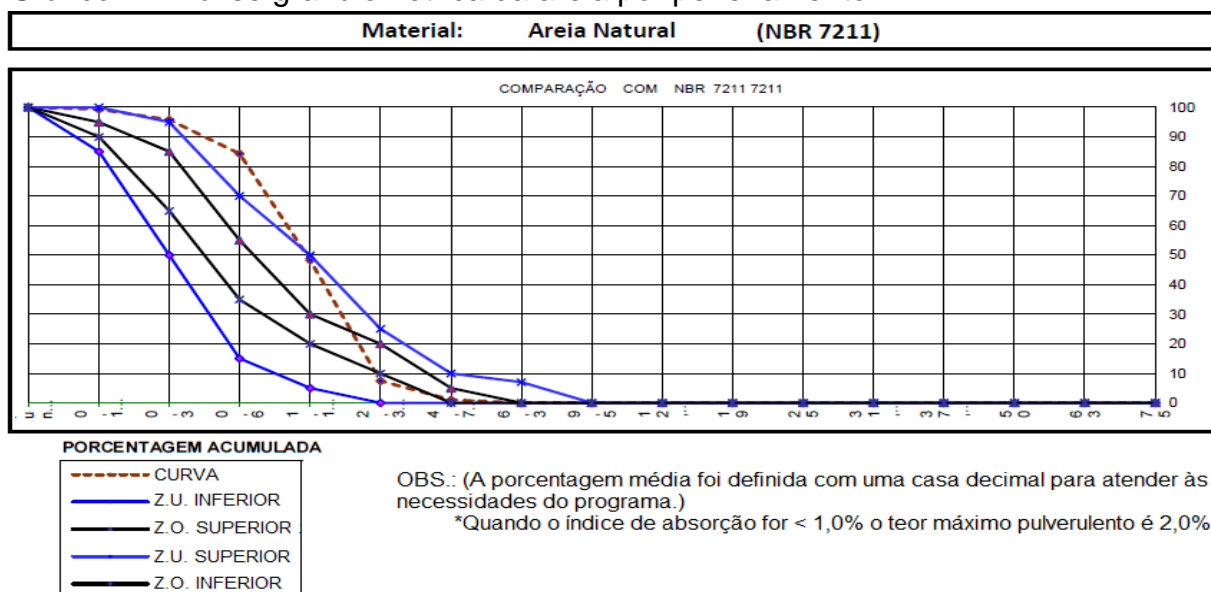
Após a realização dos ensaios, foram apresentados os resultados e em seguida a análise para se chegar aos resultados finais. Sendo primeiramente os resultados do ensaio de granulometria e logo em seguida os resultados do ensaio de compressão.

O ensaio de granulometria foi apresentado em gráficos. Já a resistência a compressão devido a existência de grande quantidade de corpos de prova e para melhor visualização dos resultados, adotou-se como critério para os resultados do ensaio de compressão a média aritmética simples para elaborar os gráficos e em seguida sua análise.

6.1 Ensaios de granulometria

O agregado miúdo, areia de rio, apresenta granulometria conforme o GRAF. 1 com os resultados abaixo, sendo que em anexo A está todo o relatório completo dos resultados. A partir dos resultados, conclui-se que o agregado miúdo classifica-se como areia grossa.

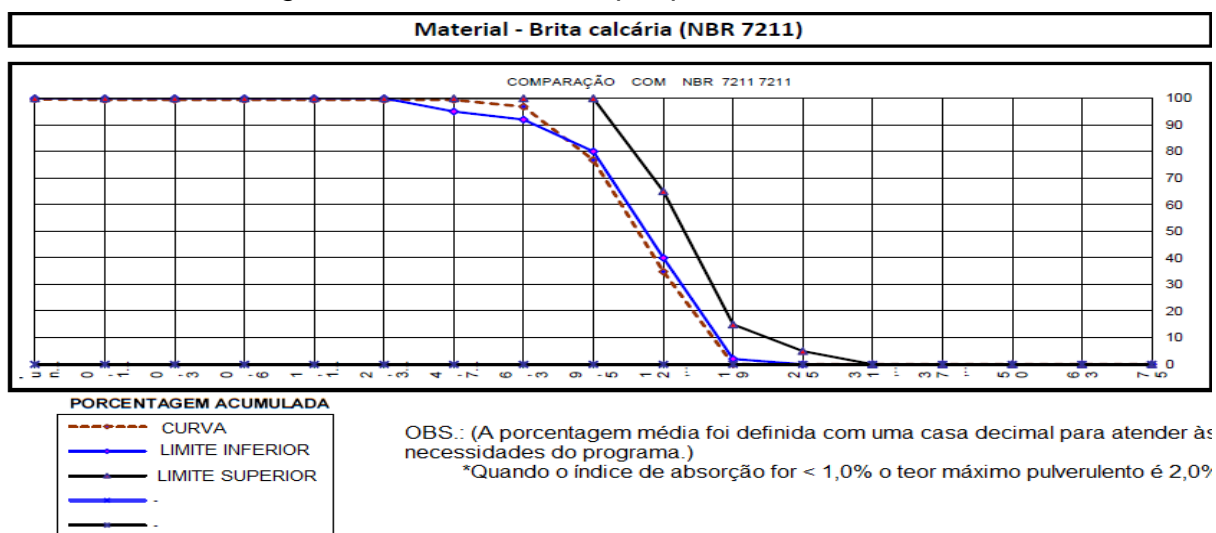
Gráfico 1- Análise granulométrica da areia por peneiramento



Fonte: Adaptada de Prefaz – Pré-fabricados de concreto (2015)

O agregado graúdo também passou pela análise granulométrica, e a partir dele foram obtidos os resultados apresentados no GRAF. 2, já o relatório completo do ensaio está no anexo A. A partir destes resultados é possível classificar como Brita 1, onde o diâmetro está compreendido entre 9,5 mm a 19 mm.

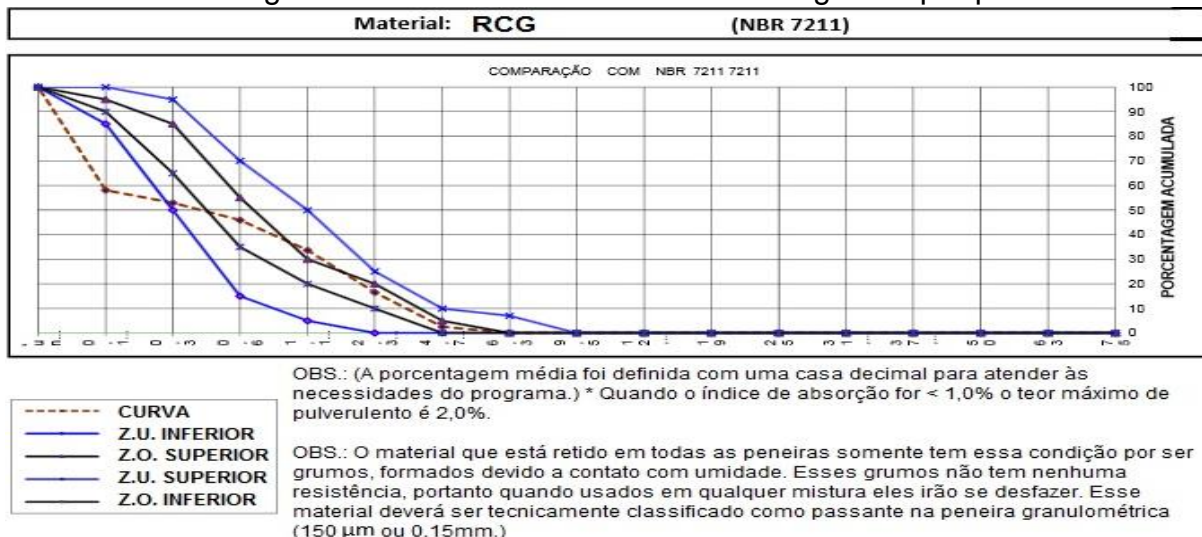
Gráfico 2 – Análise granulométrica da brita por peneiramento



Fonte: Adaptada de Prefaz – Pré-fabricados de concreto (2015)

Além das análises granulométricas dos agregados, fez-se também a granulometria do Resíduo proveniente do Corte do Granito- RCG. Após os ensaios obteve os seguintes resultados, representados no GRAF. 3. O relatório completo enviado pela empresa que realizou as análises está no anexo A

Gráfico 3- Análise granulométrica do resíduo do corte do granito por peneiramento



Fonte: Adaptada de Prefaz – Pré-fabricados de concreto (2015)

6.2 Ensaios de compressão

Os resultados dos ensaios nos corpos de prova foram recebidos da empresa executora dos ensaios Prefaz Pré-fabricados de concreto conforme TAB. 5. Para melhor visualização dos resultados calculou-se a média aritmética simples e em seguida, elaborou os gráficos abaixo.

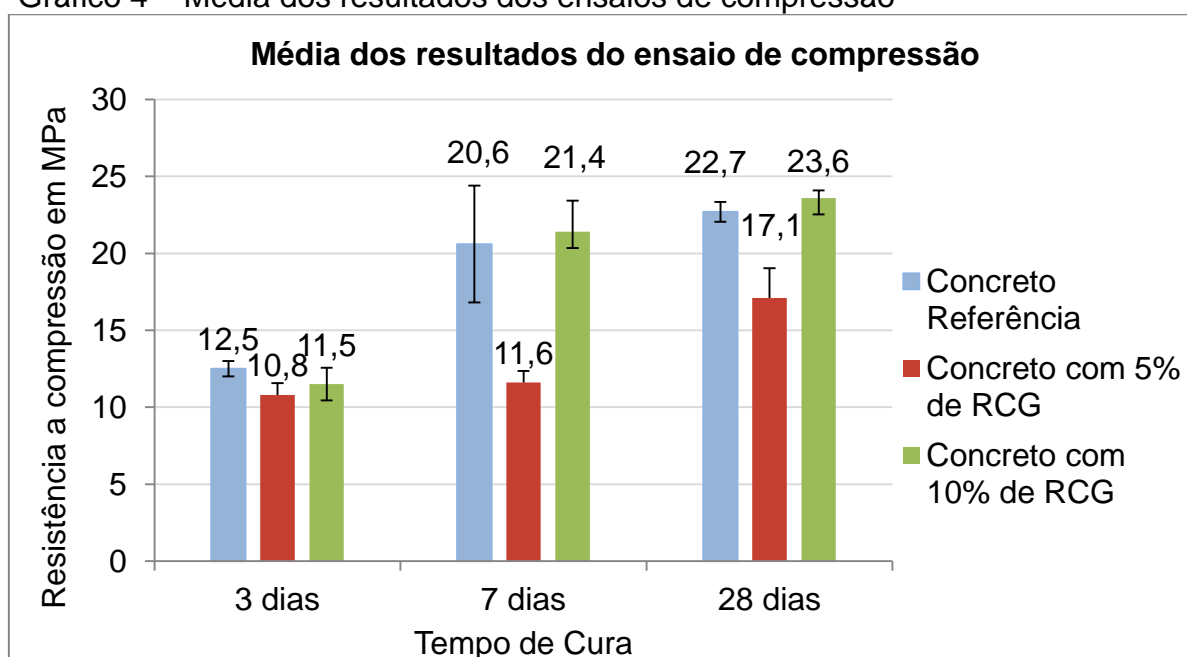
Tabela 5 – Resultados do ensaio de compressão

Traço	Resistência a compressão de corpos de prova cilíndricos								
	Resistência em MPA								
	03 dias			7 dias			28 dias		
Concreto Referência	12	12,5	13	14,4	20,6	21,3	22	22,7	23,3
Concreto com 5% de RCG	9,7	10,8	11,2	11,6	11,6	12,9	17,1	17	20,4
Concreto com 10% de RCG	11,1	11,5	13,1	18,9	21,4	22,9	23,1	23,6	24,1

Fonte: Adaptada da Prefaz- Pré-fabricados de concreto (2015)

A média dos resultados dos ensaios de compressão para cura de 3, 7 e 28 dias, para o concreto de referência, concreto com 5% e 10% de adição do resíduo do corte de rochas são retratados no GRAF.4.

Gráfico 4 – Média dos resultados dos ensaios de compressão



Fonte: O autor(2015)

Analisando o gráfico anterior, pode-se notar que a média dos valores de resistência à compressão com cura de 3 dias, obteve-se pouca variação com as diferentes adições utilizadas se comparado ao concreto de referência.

Para 7 dias, o resultado dos ensaios a compressão houve uma modificação nos resultados. Primeiramente, a média do concreto com a adição na porcentagem de 5% do resíduo permaneceu praticamente estável, ou seja, o crescimento da resistência se comparado à média do mesmo material rompido com três dias apresentou pouca variação.

Já para o concreto com 10% de adição com cura de 7 dias e 28 dias, a média dos resultados foi próximo aos resultados do concreto de referência. Portanto, para a ruptura de 7 dias o concreto que aparentemente obteve melhor desempenho foi o concreto com 10% de adição do resíduo de corte de rochas.

Enquanto isso, o concreto com 5% de adição e cura de 28 dias, aumentou a resistência se comparado ao de 3 e 7 dias, porém não atingiu a resistência do concreto de referência.

6.2.1 Análise dos resultados

Os resultados obtidos para o concreto com 5% de adição não apresentaram resultado satisfatório se comparado ao concreto de referência. Se comparado a outros estudos, como os realizados por Ergün (2010) e Aruntas et.al. (2010), que adicionaram a mesma quantidade de 5% do resíduo no concreto, conclui-se que os resultados obtidos não foram adequados. Contudo não foi possível determinar o motivo, uma vez que se trata de um resíduo extremamente heterogêneo e foi coletado diretamente em terreno aberto onde o mesmo é disposto e fica em contato com intempéries.

Portanto, para discutir sobre o que realmente pode ter influenciado a obter esse resultado abaixo do esperado seria necessário realizar a análise química e análise da microestrutura. Desta maneira, realizando a análise química seria possível verificar quais os constituintes estão presentes no resíduo e com a análise da microestrutura como o resíduo influenciou na densificação do concreto.

Os estudos sobre adições minerais, informam que o teor de adição que apresenta melhores resultados em concreto são as porcentagens entre 8 e 10%.

Com isso, os resultados obtidos e apresentados confirmam esse teor, uma vez que, o concreto com 10% foi o que apresentou melhor resultado.

De acordo com Gonçalves (2000. p. 73), o RCG quando adicionado ao concreto promove o refinamento e densificação na estrutura dos poros, portanto, auxilia no aumento da resistência a compressão. Portanto, “isso ocorre devido ao melhor empacotamento das partículas na presença do filer do granito” (BARCARJI et.al, 2013 p. 21)

No entanto, Gonçalves (2000. p. 73), ainda afirma que “esta adição não provoca aumentos significativos e que este comportamento é esperado em adições que não apresentam atividade pozolânicas.”.

7. CONCLUSÃO

A melhor forma de reduzir o impacto ambiental gerado pelos resíduos é estudar uma maneira de reutilizá-los. Para isso, deve-se seguir a metodologia adequada, a partir das definições em normas atuais e realizar estudos. Isto é necessário para comprovar que a reutilização do resíduo é viável e atinge o desempenho desejado para o concreto com substituição parcial da massa do cimento pelo resíduo.

Para o concreto com 10% da massa de cimento substituída pelo resíduo o resultado foi satisfatório, uma vez que atingiram valores próximos à resistência a compressão do concreto de referência. Podendo então, ser utilizado em concretos para obras de pequeno porte, visto que o traço utilizado neste estudo é para este fim.

No entanto, para os concretos com adição de 5%, pode-se concluir que é conveniente realizar outros ensaios para justificar o que realmente aconteceu e o que influenciou para obtenção dos resultados de resistência à compressão do concreto com essa porcentagem estarem abaixo dos valores obtidos para o concreto de referência.

8. SUGESTÃO DE FUTUROS ESTUDOS

Neste tópico serão apresentados alguns ensaios e análises que poderão ser realizados para melhor justificar os resultados obtidos para adição de 5% do resíduo no concreto, entre eles: análise química do resíduo, sendo uma para o resíduo coletado ainda no estado líquido e outro para resíduo disposto em contato com intempéries. Posteriormente, análise da microestrutura quando o resíduo for adicionado ao concreto nas proporções de 5%. E por fim, fazer os ensaios de compressão e tração. Outra análise que pode ser realizada mediante o tema do trabalho é sobre a durabilidade e se o concreto com adição apresentará alguma anomalia com o passar do tempo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – procedimento de moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro. 2008.

_____. **NBR 5739**: Ensaio de compressão de corpos - de - prova cilíndricos. Rio de Janeiro. 2007.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro. 2009.

_____. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – Preparo, Controle e Recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

ALBUQUERQUE, T, O; LIMA, N, L, A. **Adições minerais ao concreto: melhores propriedades, maior economia e mais sustentabilidade**. 2014.10 p. Artigo – Universidade Veiga de Almeida – UVA, Rio de Janeiro – RJ, 2014.

ALENCAR, C, L, A. Histórico do uso da pedra. **Manual de caracterização, aplicação, uso e manutenção das principais rochas comerciais no Espírito Santo: rochas ornamentais**. 1º ed. Itapemirim, ES: Instituto Euvaldo Lodi, 2013. Cap. 1. p. 15 total 242

ALMEIDA, F. Instituto do patrimônio histórico e artístico nacional. **Manual de conservação das cantarias**. [S.l.]. 2000. Disponível em: <<http://www.iphan.gov.br/baixaFcdAnexo.do?id=3091>>. Acesso em: 27 de fev. 2015

ARQUE. Um passeio pelas artes e arquiteturas, 2015. Disponível em: <http://arque.com.br/arque_no_brasil/mg/sabara/igreja_do_rosario.htm>. Acesso em: 11 Fev. 2015

ARUNTAŞ, Hüseyin Yılmaz *et al.* Utilization of waste marble dust as an additive in cement production. **Materials & Design**, v. 31, n. 8, p. 4039-4042, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **Abirochas em notícia/ Abinews**: Brasil é destaque no mercado internacional de rochas ornamentais. Ano 1 nº 1. São Paulo, SP: Editora Denize Kistemann Chiodi, 2015, p. 6-7. Disponível em: <http://www.ivolution.com.br/mais/fotos/6/17/3408/Abirochas_em_Noticia_1.pdf>. Acesso em: 08 Mar. 2015.

BABISK, M, P; ROCHA, J, C; LOURO, L, H, L. Aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais na fabricação de vidros. In: VII Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 23, 2009, Fortaleza. **Anais do XXIII Simpósio Geologia do Nordeste**. Fortaleza: CETEM/ MCT, 2009. p.95 - 104. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/files/docs/livros/2009/livro-anais-completo.pdf>>. Acesso em: 26 Ago. 2014

BARBOSA, M, R; BASTOS, P, S. Traços de concreto para obras de pequeno porte. 2008. UNESP, Faculdade de Engenharia de Bauru, Departamento de Engenharia Civil

BARCARJI, E; PEREZ; E, W, R; HAMER, L; LIMA, M, A; MARTINS, M,V; NETO, T, F, C. **Análise do efeito de adição de diferentes teores de pó de granito nas propriedades mecânicas do microconcreto.** Revista Eletrônica De Educação Da Faculdade Araguaia. Goiânia- GO: Faculdade Araguaia, 2013. V 4. P. 11-24.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Rochas Ornamentais de Revestimento – Sumário Mineral 2014.** Brasília, DF, 2014. Disponível em: <<http://www.dnmp.gov.br/dnmp/sumarios/rochas-ornamentais-de-revestimento-sumario-mineral-2014/view.>> Acesso em: 14 Abril de 2015.

CALMON, J, L. Resíduos industriais e agrícolas. In: IBRACON – INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** 1. ed. São Paulo: Ipsis Gráfica e Editora, 2007. 2 v. p.1591-1627.

CIMENTO no Brasil. Cimento.org. 31 Ago 2013. Disponível em: <<http://cimento.org/cimento-no-brasil/>>. Acesso em: 25 Mai. 2015.

CUIDANDO das pedras. **REVISTA MAIS EXPRESSÃO**, Indaiatuba, SP: edição n. 41, p. 24-31, Fev/Mar. 2014. Disponível em: <http://issuu.com/cesar.chagas/docs/expressao_41>. Acesso em: 10 Mar. 2015.

CUNHA, J, C. Os incas. **A história das construções: do Panteão de Roma ao Panteão de Paris.** Belo Horizonte, MG: Autêntica Editora Ltda, 2012. v.4. cap.13. p. 247-352.

ERGÜN, Ali. Effects of the usage of diatomite and waste marble powder as partial replacement of cement on the mechanical properties of concrete. **Construction and building materials**, v. 25, n. 2, p. 806-812, 2011.

FILHO, C, C. **Balanco das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento em 2012.** 1. ed. Belo Horizonte, MG, 2013. Disponível em: <http://www.ivolution.com.br/mais/fotos/6/17/1161/Informe_01_2013.pdf.> Acesso em: 09 mar. 2015.

_____. **Balanco das Exportações, Importações, Produção e Consumo Interno Brasileiro de Rochas ornamentais em 2014.** 1.ed. Belo Horizonte, MG, 2015. Disponível em: <http://www.ivolution.com.br/mais/fotos/6/17/3397/Informe_01_2015.pdf.> Acesso em: 14 Mar. 2015.

_____. Informações setoriais de interesse para o seminário da Apex/abirochas. Cenário mundial do setor de rochas ornamentais. In: FEIRA DE VITÓRIA, 2012, Vitória - ES Disponível em: <http://www.marmorecia.com.br/Informa%C3%A7%C3%B5es%20para%20APEX%20Feira%20de%20Vitoria.htm>. Acesso em: 10 de Mar. 2015.

_____. Panorama técnico-econômico do setor de rochas ornamentais no Brasil. **REVISTA GEOCIÊNCIAS**, São Paulo, v.23, n.1/2, p. 5-20, 2004. Disponível em: <http://www.revistageociencias.com.br/23_1/1.pdf>. Acesso em: 09 Mar. 2015.

FONSECA, G, C. Adições minerais e as disposições normativas relativas à produção de concreto no Brasil: uma abordagem epistêmica. 2010. 105 p. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

FREIRE, L, C; QUEIROZ, J, P, C. Aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais para confecção de blocos paisagísticos. In: VII Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 23, 2009, Fortaleza. **Anais do XXIII Simpósio Geologia do Nordeste**. Fortaleza: CETEM/ MCT, 2009. p.179. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/files/docs/livros/2009/livro-anais-completo.pdf> . Acesso em: 26 Ago. 2014

GLANCE, Y, J. Egito antigo. **Livro a historia da arquitetura**. São Paulo: Editora Loyola, 2007. p.18-21

GONÇALVES, J, P. **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos**. 2000. 120 p. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

GRUPO ANDRADE. Qualidade e confiança. Disponível em: <http://www.andradesa.com.br/pt/grupo-andrade/>. Acesso em: 22 de Setembro de 2015

HELENE, P; ANDRADE, T. Concreto de Cimento Portland. In: IBRACON – INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 1. ed. São Paulo: Ipsis Gráfica e Editora, 2007. 2 v. p. 905-944

MALAMUT, G. ERP e SOA: Proposta de uma Metodologia integrada de implementação. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.sage.coppe.ufrj.br/index.php/publicacoes/teses/2008/20-gilberto-malamut-fevereiro2008/file>>. Acesso em: 03 de Mar 2015.

MONTANI, C. Estrutura industrial. In:_____. XXV Relatório mármore e rochas no mundo 2014 – Dossiê Brasil 2014. Brasília: Aldus, 2014. p. 10-11. Disponível em: <<http://issuu.com/abirochas/docs/dossierbrazil2014>>. Acesso em: 20 de Dez. 2014.

O MÁRMORE e o granito na historia. **Revista rochas de qualidade**, São Paulo- SP, [2010?]. Disponível em: <<http://www.revistarochas.com.br/noticia/Artigos/o-marmore-e-o-granito-na-historia->>>. Acesso em: 09 de Fev. 2015.

PIMENTA, D. S. **Produção de concreto convencional com a utilização de pó de brita**. 2012. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012. Disponível em:

<http://www.ct.ufpb.br/coordenacoes/ccgec/images/arquivos/TCC/TCC-Dhiego_Saraiva.pdf>. Acesso em: 22 Mai. 2015

PONT DU GARD. Pont du gard. História de uma ponte notável. 2004. Disponível em: <<http://pontdugard.com/pt/pont-du-gard/historia-de-uma-ponte-notavel>> Acesso em 21 Fev. 2015.

REVISTA ABRIL. Viaje Aqui. *Machu Pichu.* Disponível em: <<http://viajeaqu.abril.com.br/cidades/peru-machu-picchu>>. Acesso em: 10 Fev. 2015.

REVISTA GEOCIÊNCIAS, São Paulo, v.23, n.1/2, p. 5-20, 2004. Disponível em: <http://www.revistageociencias.com.br/23_1/1.pdf>. Acesso em: 09 Mar. 2015.

RIBEIRO, C, C; PINTO, J, D, S; STARLING, T. *Materiais de Construção Civil.* 3. Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG; Escola de Engenharia da UFMG, 2011. 112 p.

SABARÁ. Passeando por sabará. Disponível em: <<http://www.sabaranet.com.br/igrosario.asp>>. Acesso em: 10 Mar. 2015

SILVA, M, G. Cimentos Portland com adições minerais. In: IBRACON – INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** 1. ed. São Paulo: Ipsis Gráfica e Editora, 2007. 1 v. p.761-793.

SOUZA, J, G. **Análise ambiental do processo de extração e beneficiamento de rochas ornamentais com vistas a uma produção mais limpa: aplicação em Cachoeira de Itapemirim –ES.** 2007. 30 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Análise Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, Juiz de Fora, 2007. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/Jos%C3%A9-Gon%C3%A7alves-de-Souza.pdf>>. Acesso em: 02 Nov. 2014

SOUZA, J, N; RODRIGUES, J, K, G; NETO, P, N, S. **Utilização do resíduo proveniente da serragem de rochas graníticas como material de enchimento em concretos asfálticos usinados a quente.** [S.L.: s.n.]. [200-]. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/artigos/utilizacao_do_residuo_proveniente_da_serragem_de_rochas_graniticas_como_material_de_enchimento_em_concretos_asfalticos_usinados_a_quente.html>. Acesso em: 02 Nov. 2014.

VILLELA, C, M. ARTES e ofícios: A cantaria mineira. *Vitruvius.* Ano 04, out. 2003. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.041/646>>. Acesso em: 04 de Mar. de 2015

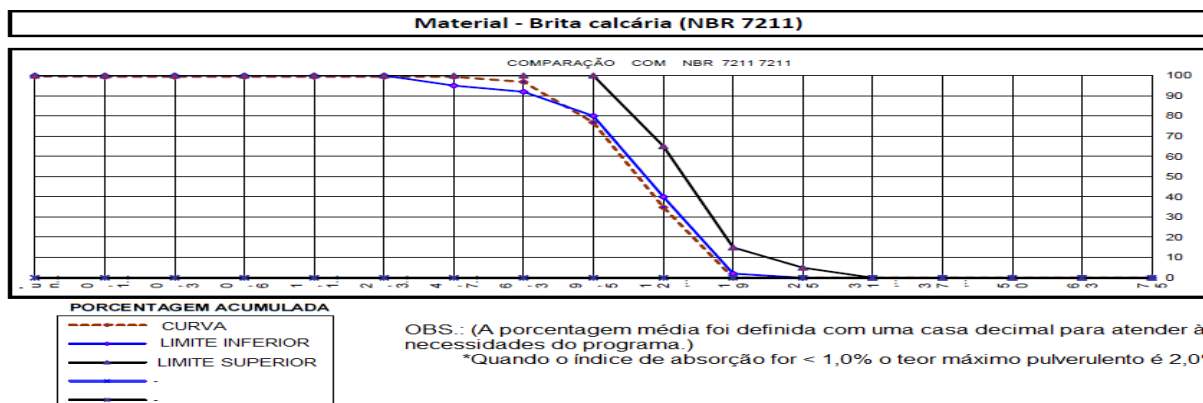
ANEXO A – RELATÓRIOS DOS ENSAIOS

Figura 17 – Relatório Granulométrico da Brita calcária

UNIDADE		Prefaz - Candeias / MG				CERTIFICADO	01-2015
NORMA		ABNT NBR 7211 / 2009				DATA	01/09/15
MATERIAL		Brita calcária				COLETA	
PROCEDÊNCIA						NF Nº	
GRANULOMETRIA (NBR7211)							
Peneira (mm)	Peso retido (g)		Quantidade Retida				
	M1	M2	M1	M2	MÉDIA	ACUM.	
75	0	0				0%	
63	0	0				0%	
50	0	0				0%	
37,5	0	0				0%	
31,5	0	0				0%	
25	0	0				0%	
19	0	0				0%	
12,5	430	0	34,8%		34,8%	35%	
9,5	518	0	41,9%		41,9%	77%	
6,3	248	0	20,1%		20,1%	97%	
4,75	31	0	2,5%		2,5%	99%	
2,36	4	0	0,0%		0,0%	99%	
1,18	0	0	0,0%		0,0%	99%	
0,6	0	0	0,0%		0,0%	99%	
0,3	0	0	0,0%		0,0%	99%	
0,15	0	0	0,0%		0,0%	99%	
Fundo	4	0	0,3%		0,3%	100%	
Total	1235	0	100,0%		100%		
Módulo de Finura	6,73	Diâmetro Máximo	19,0				


ENSAIO	RESULTADOS	
Massa Unitária (NBR 7251)	-	kg/dm ³
Massa Esp. (sss) (NM 52)	-	kg/dm ³
Massa Esp. (s) (NM52)	-	kg/dm ³
Absorção (NM52)	-	%
Torrões de Arg. (NBR 7218)	-	%
Mat. Pulverulento (NM 46)	-	%
Imp. Orgânicas (NM 49)	<	300p.p.m.
Ab. Los Angeles (NM 51)	0	%

LIMITES (NBR 7211)		
AGREGADO MIÚDO		
Torrões de Argila	3,0	%
	3	%
Material Pulverulento	5	%
Impureza Orgânica	<	300 p.p.m.
AGREGADO GRAÚDO		
	1,0	%
	2,0	%
Torrões de Argila	3,0	%
	1,0	%
Material Pulverulento	2,0*	%



Gilson Luciano Porto
Laboratorista

Figura 18 – Resultado granulométrico areia natural

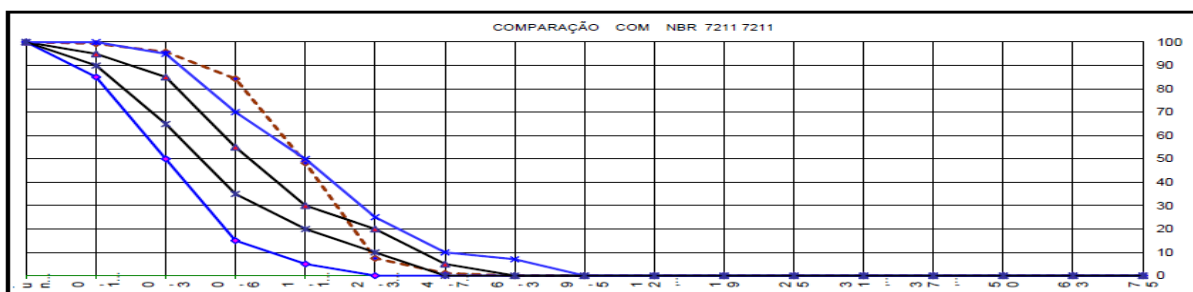
 CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADO			
UNIDADE:	PREFAZ - CANDEIAS / MG	CERTIFICADO	30/2015
NORMA	ABNT NBR 7211 / 2009	DATA	01/09/15
MATERIAL:	Areia Natural	COLETA	
PROCEDÊNCIA:		NF Nº	

GRANULOMETRIA (NBR7211)						
Peneira (mm)	Peso retido (g)		Quantidade Retida			
	M1	M2	M1	M2	MÉDIA	ACUM.
75	0	0				0%
63	0	0				0%
50	0	0				0%
37,5	0	0				0%
31,5	0	0				0%
25	0	0				0%
19	0	0				0%
12,5	0	0				0%
9,5	0	0				0%
6,3	0	0				0%
4,75	9	0	1,1%		1,1%	1%
2,36	54	0	6,4%		6,4%	7%
1,18	346	0	40,9%		40,9%	48%
0,6	305	0	36,0%		36,0%	84%
0,3	97	0	11,5%		11,5%	96%
0,15	30	0	3,5%		3,5%	99%
Fundo	6	0	0,7%		0,7%	100%
Total	847	0	100,0%		100,0%	
Módulo de Finura	3,36		Diâmetro Máximo	4,8		

ENSAIO	RESULTADOS	
Massa Unitária (NBR 7251)	-	kg/dm ³
Massa Esp. (sss) (NM 52)	-	kg/dm ³
Massa Esp. (s) (NM52)	-	kg/dm ³
Absorção (NM52)	-	%
Torrões de Arg. (NBR 7218)	0,00	%
Mat. Pulverulento (NM 46)	-	%
Imp. Orgânicas (NM 49)	-	300p.p.m.
Ab. Los Angeles (NM 51)	0	%

LIMITES (NBR 7211)		
AGREGADO MIÚDO		
Torrões de Argila	3,0	%
Material Pulverulento	3	%
	5	%
Impureza Orgânica	<	300 p.p.m.
AGREGADO GRAÚDO		
Torrões de Argila	1,0	%
	2,0	%
	3,0	%
Material Pulverulento	1,0	%
	2,0*	%

Material: Areia Natural (NBR 7211)



PORCENTAGEM ACUMULADA


--- CURVA
— Z.U. INFERIOR
— Z.O. SUPERIOR
— Z.U. SUPERIOR
— Z.O. INFERIOR

OBS.: (A porcentagem média foi definida com uma casa decimal para atender às necessidades do programa.)

*Quando o índice de absorção for < 1,0% o teor máximo pulverulento é 2,0%.

Gilson Luciano Porto
Laboratorista

Figura 19 – Relatório granulométrico do resíduo de rochas ornamentais

 CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADO			
UNIDADE:	PREFAZ - CANDEIAS / MG	CERTIFICADO	30/2015
NORMA	ABNT NBR 7211 / 2009	DATA	01/09/15
MATERIAL:	Resíduo de corte de rochas ornamentais	COLETA	
PROCEDÊNCIA:		NF Nº	

GRANULOMETRIA (NBR7211)						
Peneira (mm)	Peso retido (g)		Quantidade Retida			
	M1	M2	M1	M2	MÉDIA	ACUM.
75	0	0				0%
63	0	0				0%
50	0	0				0%
37,5	0	0				0%
31,5	0	0				0%
25	0	0				0%
19	0	0				0%
12,5	0	0				0%
9,5	0	0				0%
6,3	0	0				0%
4,75	20	0	2,6%		2,6%	3%
2,36	110	0	14,0%		14,0%	17%
1,18	134	0	17,1%		17,1%	34%
0,6	96	0	12,2%		12,2%	46%
0,3	55	0	7,0%		7,0%	53%
0,15	40	0	5,1%		5,1%	58%
Fundo	329	0	42,0%		42,0%	100%
Total	784	0	100,0%		100,0%	
Módulo de Finura	2,10		Diâmetro Máximo	4,8		

ENSAIO	RESULTADOS	
Massa Unitária (NBR 7251)	-	kg/dm³
Massa Esp. (sss) (NM 52)	-	kg/dm³
Massa Esp. (s) (NM52)	-	kg/dm³
Absorção (NM52)	-	%
Torrões de Arg. (NBR 7218)	0,00	%
Mat. Pulverulento (NM 46)	-	%
Imp. Orgânicas (NM 49)	-	300p.p.m.
Ab. Los Angeles (NM 51)	0	%

LIMITES (NBR 7211)		
AGREGADO MIÚDO		
Torrões de Argila	3,0	%
Material Pulverulento	3	%
	5	%
Impureza Orgânica	<	300 p.p.m.
AGREGADO GRAÚDO		
Torrões de Argila	1,0	%
	2,0	%
	3,0	%
Material Pulverulento	1,0	%
	2,0*	%

Material: RCG (NBR 7211)




OBS.: (A porcentagem média foi definida com uma casa decimal para atender às necessidades do programa.) * Quando o índice de absorção for < 1,0% o teor máximo de pulverulento é 2,0%.

- - - - - CURVA
 - - - - - Z.U. INFERIOR
 - - - - - Z.O. SUPERIOR
 - - - - - Z.U. SUPERIOR
 - - - - - Z.O. INFERIOR

OBS.: O material que está retido em todas as peneiras somente tem essa condição por ser grumos, formados devido a contato com umidade. Esses grumos não tem nenhuma resistência, portanto quando usados em qualquer mistura eles irão se desfazer. Esse material deverá ser tecnicamente classificado como passante na peneira granulométrica (150 µm ou 0,15mm.)

 Gilson Luciano Porto
 Laboratorista

Figura 20 – Resultados do ensaio de ruptura a compressão dos corpos de prova

 RESISTÊNCIAS A COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS											
Data de rompimento	Traço	Slump (mm)	Resistência em MPa								
			03 dias			07 dias			28 dias		
18/09/15	Concreto referência	-	12,0	12,5	13,0	14,4	20,6	21,3	22,0	22,7	23,3
23/09/15	RCG 5%	-	9,7	10,8	11,2	11,6	11,6	12,9	17,1	17,2	20,4
13/10/15	RCG 10%	-	11,1	11,5	13,1	18,9	21,4	22,9	23,1	23,6	24,1

Fonte: Prefaz – Pré-fabricados de concreto (2015)