

Carlos Tadeu Arantes Maia

Concretos fabricados com agregados graúdos disponíveis em Santarém e região oeste do Pará

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Instituto de Tecnologia
Mestrado Profissional em Processos Construtivos
e Saneamento Urbano

Dissertação orientada pelo Professor D.Sc. Paulo Sérgio Lima Souza

Belém – Pará – Brasil

2015



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROCESSOS CONSTRUTIVOS E
SANEAMENTO URBANO**

**CONCRETOS FABRICADOS COM AGREGADOS GRAÚDOS DISPONÍVEIS EM
SANTARÉM E REGIÃO OESTE DO PARÁ**

ENG. CARLOS TADEU ARANTES MAIA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano da Universidade Federal do Pará como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

Belém/Pará

2015

**CONCRETOS FABRICADOS COM AGREGADOS GRAÚDOS DISPONÍVEIS EM
SANTARÉM E REGIÃO OESTE DO PARÁ**

ENG. CIVIL CARLOS TADEU ARANTES MAIA

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Processos Construtivos e Saneamento Urbano, área de concentração Estruturas, Construção Civil e Materiais, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano (PPCS) do Instituto de Tecnologia (ITEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Aprovada em 27 de Fevereiro de 2015.

Dênio Ramam Carvalho de Oliveira, D.Sc. – Coordenador do PPCS

Paulo Sérgio Lima Souza, D.Sc. – Orientador

COMISSÃO EXAMINADORA:

Marcelo de Souza Picanço, Dr. – UFPA
(Examinador Externo)

Bernardo Borges Pompeu Neto, Dr. – UFPA
(Examinador Interno)

Belém/Pará

Fevereiro de 2015

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família que sempre me apoiou e esteve ao meu lado. Em especial à minha mãe Hormezinda Maia e meu pai Tadeu Maia que me deram o suporte e apoio incondicional para que eu conseguisse chegar até aqui. Dedico também à minha esposa Lidiana e nossa filha Bianca, que hoje, formam a base para nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

Ao professor e orientador Dr. Paulo Sérgio Lima Souza pela excelente orientação, confiança e amizade demonstrada na elaboração desta dissertação.

Aos professores da Universidade Federal do Pará que ministraram o curso de Mestrado na cidade de Santarém.

Ao professor Dr. Bernardo Pompeu pelo apoio e disponibilidade no auxílio da elaboração deste trabalho.

Ao professor Dr. Dênio Ramam pelo auxílio e apoio no desenvolver do curso e apoio a este trabalho.

Ao Instituto Federal do Pará pelo apoio durante as aulas.

Ao Instituto Luterano de Ensino Superior – Ulbra Santarém (Prof. Msc. Fernando) que cedeu o laboratório para os ensaios de caracterização de agregados.

Ao bolsista Saulo Henrique que auxiliou nos ensaios de módulo de elasticidade em Belém-PA.

Aos meus amigos engenheiros Leonardo Júnior e Paulo Cezar Junior que me deram o apoio para os ensaios em Belém-PA.

Aos colegas da turma de Mestrado, pela amizade e alegria compartilhada durante o curso.

RESUMO

A especificação em projetos de concretos com maiores resistências e um controle de qualidade mais rigoroso surgem em Santarém, advindos de um mercado da construção civil em plena ascensão. Apesar disso a cidade ainda carece do conhecimento específico das propriedades mecânicas do concreto aqui fabricado, bem como da adequação deste material aos agregados disponíveis na região. Neste contexto, tem-se na região um grande uso de agregados de baixa granulometria, denominado de quebradinho. Este trabalho tem o objetivo principal de realizar um estudo comparativo, entre os diferentes agregados graúdos disponíveis na cidade de Santarém, visando a produção de concreto estrutural. Para a obtenção deste objetivo, foram definidas três relações água/cimento (0,74, 0,54 e 0,41) para a produção dos concretos, bem como o emprego de 03 tipos de agregados graúdos disponíveis em Santarém: brita, seixo e quebradinho que geralmente são utilizados na região. Os concretos foram analisados quanto suas propriedades no estado fresco (abatimento, coesão e consumo de água) e no estado endurecido (resistência à compressão, resistência à tração por compressão diametral, resistência à tração na flexão e módulo de elasticidade). Verificou-se um menor consumo de água na utilização do seixo e resistências finais maiores para os concretos produzidos com brita. Houve ainda uma análise comparativa com relação aos custos dos insumos destes concretos, que mostrou a vantagem econômica no uso do quebradinho para concretos de 20 e 30 Mpa. Conclui-se com o resumo dos resultados obtidos neste trabalho que evidenciam claramente a possibilidade do emprego dos agregados disponíveis na região de Santarém-PA na produção de concretos.

Palavra-chave: agregado graúdo, concreto, brita, seixo, quebradinho.

ABSTRACT

The specified concrete projects with greater resistance and a more strict quality control arise in Santarém, as a result of the construction market booming. Nevertheless the city still lacks the specific knowledge of the mechanical properties of concrete manufactured here, as well as the suitability of this material to the aggregates available in the region. In this context, there is a great use in the region of low particle size aggregates, called quebradinho. Therefore this work has the main objective of carrying out a comparative study between the different coarse aggregates available in the city of Santarém, aiming to structural concrete production. To obtain this goal, three relationships were defined water / cement ratio (0.74, 0.54 and 0.41) for the production of concrete, as well as the use of 03 types of coarse aggregates available in Santarém: gravel, pebble and quebradinho which are generally used in the region. The concrete were analyzed for their properties fresh (slump test, cohesion and water consumption) and in the hardened state (compressive strength, tensile strength by diametrical compression, tensile strength in bending and modulus of elasticity). There was a lower water consumption in the use of pebble and higher ultimate strengths for concrete produced with gravel. There was also a comparative analysis with respect to input costs of these concrete, which showed the economic advantage in the use of concrete for quebradinho of 20 and 30 MPa. The work is concluded with the summary of the results in this research that clearly demonstrate the possibility of using the aggregates available in Santarém-PA region in the production of concrete.

Keyword: coarse aggregate, concrete, gravel, pebble, quebradinho

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Influência da dimensão máxima do agregado na resistência aos 28 dias.	5
Figura 2 – Resistência à compressão aos 07 dias para os concretos	7
Figura 3 – Influência do agregado na consistência do concreto medida pelo “Slump Test”	7
Figura 4 – Efeito do agregado na resistência à compressão	9
Figura 5 – Influência da dimensão máxima característica na resistência à compressão	9
Figura 6 – Relação entre a resistência à compressão (MPa) e a relação água/aglomerantes ...	11
Figura 7 – Relação entre o módulo de elasticidade e a relação água/aglomerantes	11
Figura 8 – Relação entre as resistências à compressão do concreto e da argamassa	12
Figura 9 – Areia retida nas peneiras da série normal para pesagem.....	16
Figura 10 – Brita coletada em fornecedor para os ensaios	18
Figura 11 – Seixo coletado em fornecedor para os ensaios.....	19
Figura 12 – Quebradinho coletado em fornecedor para os ensaios.....	20
Figura 13 – Curvas granulométricas dos agregados graúdos	21
Figura 14 – Mistura dos materiais em betoneira elétrica e ensaio de abatimento	23
Figura 15 – Corpos-de-prova imediatamente após moldagem e em cura saturada	24
Figura 16 – Ensaio de compressão axial executado em prensa hidráulica	27
Figura 17 – Evolução de resistência à compressão simples em corpos de prova cilíndricos...28	
Figura 18 – Concreto de seixo após rompimento à tração na compressão diametral.....	29
Figura 19 – Corpo-de-prova prismático rompido à tração na flexão	30
Figura 20 – Evolução de resistência à tração na compressão diametral.....	32
Figura 21 – Evolução de resistência à tração na flexão.....	33
Figura 22 – Módulo de elasticidade dos concretos.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados do ensaio de módulo de elasticidade dos concretos fabricados com agregados de diferentes origens mineralógicas (ALHADAS, 2008)	6
Tabela 2 – Traços em massa (MUHIT et. al., 2013)	6
Tabela 3 – Traços dosados para um metro cúbico de concreto (PATEL et. al., 2013)	8
Tabela 4 – Cimento Portland Composto Resistente a Sulfatos - CP II Z 32 RS	15
Tabela 5 – Caracterização da areia coletada.....	16
Tabela 6 – Caracterização da brita basáltica de Monte Alegre - PA.....	17
Tabela 7 – Caracterização do seixo de Santarém – PA	19
Tabela 8 – Caracterização do quebradinho.....	20
Tabela 9 – Traços em massa calculados pelo método ABCP.....	22
Tabela 10 – Consumo de água e aditivo para cada traço.....	26
Tabela 11 – Resultados de compressão axial em corpos de prova cilíndricos (10x20cm)	27
Tabela 12 – Resultados de tração na compressão diametral (10x20cm).....	30
Tabela 13 – Resultados de tração na flexão em corpos de prova prismáticos (10x10x35cm) .	31
Tabela 14 – Relação resistência à compressão x resistência à tração	34
Tabela 15 – Resultados de módulo de elasticidade	35
Tabela 16 – Relação módulo de elasticidade x resistência à compressão x NBR 6118.....	36
Tabela 17 – Custo por metro cúbico de concreto de 20 MPa.....	37
Tabela 18 – Custo por metro cúbico de concreto de 30 MPa.....	38
Tabela 19 – Custo por metro cúbico de concreto de 40 MPa.....	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVOS	3
1.2	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	3
2	REFERENCIAL TEÓRICO	4
3	DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL	13
3.1	MÉTODO DE ESTUDO	13
3.2	PLANEJAMENTO DOS ENSAIOS	14
3.3	CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL	15
3.3.1	Cimento	15
3.3.2	Areia	15
3.3.3	Agregado Graúdo.....	17
3.3.3.1	Brita	17
3.3.3.2	Seixo	18
3.3.3.3	Quebradinho	20
3.3.4	Água	21
3.3.5	Aditivo Plastificante.....	22
3.4	CÁLCULOS DAS DOSAGENS	22
3.5	ENSAIOS REALIZADOS	22
3.6	PROCEDIMENTO DE MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS-DE-PROVA	23
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	25
4.1	ANÁLISE NO ESTADO FRESCO	25
4.2	ANÁLISE NO ESTADO ENDURECIDO	26
4.2.1	Resistência à compressão	27
4.2.2	Resistência à tração.....	29
4.2.3	Módulo de elasticidade	34
4.3	COMPARAÇÃO QUANTO AO CUSTO DOS INSUMOS	37
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	41
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
	ANEXOS	45

1 INTRODUÇÃO

O recente aumento dos investimentos realizados através de obras públicas de infraestrutura e o aquecimento do mercado imobiliário em Santarém-PA e região fazem com que a construção civil nesse local comece a tomar forma de indústria através da construção de novos edifícios residenciais e comerciais, shoppings, hotéis, ampliação de portos, universidades e etc. E como na maioria das obras Brasil afora, estas também estão fazendo o uso do concreto armado como parte mais significativa da estrutura.

Neste novo contexto, começam a ser especificados concretos com desempenhos mais elevados que os antigamente utilizados em obras da região que apenas atenderiam os requisitos mínimos da NBR 6118 (ABNT, 2014). Portanto, torna-se necessário um estudo dos insumos do concreto disponíveis na região a fim de obter maior qualidade do produto final e a melhor relação custo/benefício através do correto uso desses materiais. O que resulta em um concreto com melhores propriedades físicas e conseqüentemente maior durabilidade.

BARBOZA e BASTOS (2008) relataram que na cidade de Bauru-SP o concreto era resultado de tradição construtiva e sem base técnica. Esta situação também ocorre em Santarém-PA, onde há carência de conhecimento em relação ao emprego dos agregados disponíveis na região, bem como na influência nas propriedades do concreto, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido.

Em Santarém, para a fabricação do concreto é comum ser utilizado o cimento CP II Z 32 RS e areia extraída de encostas de morros no município. Com relação ao agregado graúdo, tem-se normalmente a disposição a brita oriunda do município de Monte Alegre - PA e mais dois tipos de seixo, um com baixos teores de finos e outro constituído basicamente de grão de pequenos diâmetros, chamado na região de quebradinho. Esses dois tipos de seixos extraídos de jazidas próximas ao município. Com relação ao quebradinho, é um material pouco visto em outras regiões e que, apesar de frequentemente utilizado em Santarém, pouco se conhece sobre as propriedades mecânicas do concreto com este agregado.

Atualmente, o oeste do Pará dispõe de poucos estudos em relação à influência dos agregados disponíveis na região sobre as propriedades mecânicas dos concretos fabricados. Portanto, este estudo assim como a análise de custos dos insumos e a avaliação de um agregado pouco visto em outros lugares como o quebradinho terá valor significativo para a construção civil de Santarém-PA e região.

De acordo com MENDES (2002) mesmo o Brasil sendo um país de grande área territorial, com uma enorme variedade de materiais, contudo, são poucos os trabalhos que abordam as propriedades dos concretos levando em conta as características dos materiais locais. Dessa forma espera-se que este trabalho contribua de forma inédita para a região oeste do Pará.

A proposta de estudo apresentada nesse projeto de pesquisa justifica-se pela necessidade de conhecimento dos agregados de Santarém e região metropolitana e a influência dos mesmos no desempenho do concreto. Não se tem conhecimento de estudo semelhante nesta região, portanto este trabalho, além de avaliar os concretos fabricados com os agregados graúdos da região fornecerá subsídios técnicos aos engenheiros e arquitetos quando necessário para fabricação de concretos com estes materiais.

Considerando que grande parte do volume de concreto é ocupado pelos agregados, é de se considerar que suas propriedades físicas e químicas vão interferir significativamente nas propriedades do concreto. Como na região oeste do Pará, onde se situa o município de Santarém, faz-se uso de três agregados graúdos: a brita, o seixo e o quebradinho, as propriedades do concreto devem variar entre os concretos, portanto este trabalho visa estudar a influência desses agregados nas propriedades mecânicas dos concretos de forma a subsidiar os técnicos da região de Santarém a escolha do agregado mais adequado.

Sabendo-se que apenas o aspecto técnico não basta para subsidiar as escolhas na obras em geral, ressalta-se que faz parte deste estudo a viabilidade econômica dos concretos com os agregados em estudo. Fornecendo essa segunda análise, engenheiros, arquitetos e construtoras em geral terão melhor subsídio para escolha dos agregados das obras nessa região do Pará, haja vista tendo em mãos o aspecto técnico e o financeiro os profissionais e empresas terão total conhecimento para executarem obra com concretos com melhor custo-benefício.

Portanto o trabalho a ser apresentado a seguir tem dados e conclusões importantes não apenas para o meio acadêmico mas principalmente para os profissionais de engenharia civil. Isso pode facilitar a execução de obras de pequeno e médio porte, além de fornecer conclusões e sugestões para pesquisas futuras dos concretos da região de Santarém-PA.

1.1 OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo principal de avaliar o comportamento mecânico do concreto com os agregados disponíveis na região metropolitana de Santarém-PA. Especificamente, este trabalho objetiva analisar os concretos produzidos com os 03 tipos de agregados graúdos disponíveis em Santarém-PA: brita, seixo e quebradinho; quanto às seguintes propriedades mecânicas: resistência à compressão, resistência à tração (tração na flexão e tração por compressão diametral) e módulo de elasticidade.

Como objetivo secundário, tem-se:

- Avaliar o concreto produzido com o quebradinho.
- Comparar o concreto no estado fresco, verificando seu consumo de água, necessidade de aditivos e a coesão da mistura.
- Realizar uma análise comparativa de custos para que se tenha conhecimento de qual agregado pode resultar em um concreto com maior vantagem econômica.
- Fornecer ao meio técnico subsídios para as obras da cidade de Santarém e região metropolitana.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No capítulo 1 é realizada uma introdução à pesquisa destacando-se sua justificativa, importância e seus objetivos. No capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica que baliza este trabalho. No capítulo 3 é apresentado o desenvolvimento experimental com o planejamento dos ensaios, coleta dos insumos, caracterização dos materiais, confecção dos corpos-de-prova, procedimento de cura e ensaios realizados. O capítulo 4 apresenta análise dos resultados dos ensaios tanto no estado fresco como no estado endurecido. O capítulo 5 apresenta as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros. Na parte final são apresentados as referências bibliográficas e os anexos dos ensaios realizados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O agregado é responsável por cerca de 60 a 80% do volume do concreto sendo grande a sua importância técnica e econômica na mistura. A definição mais aceita para agregado é, segundo NETO (2005) um material granular, sem forma ou volumes definidos, de dimensões e propriedades adequadas às obras de engenharia, em particular ao fabrico de concreto e argamassas de cimento Portland.

Antes tido como um material inerte, o agregado passou a ser visto não só como um componente do concreto, mas sim um elemento capaz de influenciar o desempenho do concreto. Assim, quando esta influência passou a ser conhecida cuidou-se melhor da seleção dos agregados, sempre levando em consideração o ambiente de inserção da estrutura de concreto que estará sendo produzida (NETO 2005).

NEVILLE e BROOKS (2013) afirmaram que aproximadamente $\frac{3}{4}$ do volume de concreto são ocupados pelos agregados, então é de se esperar que sua qualidade seja de grande importância. Os agregados não só limitam a resistência do concreto, como também suas propriedades afetam significativamente a durabilidade e o desempenho estrutural do concreto.

Ainda segundo NEVILLE e BROOKS (2013) os agregados eram tidos no início como materiais inertes, de baixo custo, dispersos na pasta de cimento de forma a produzir um grande volume de concreto. Na realidade eles não são inertes, já que suas propriedades físicas, térmicas e algumas vezes químicas influenciam no desempenho do concreto, por exemplo, melhorando sua estabilidade dimensional e durabilidade em relação às da pasta de cimento. Do ponto de vista econômico, é vantajoso produzir mistura com o maior teor de agregados e a menor quantidade de cimento possível, mas a relação custo/benefício deve ser contrabalançada com as propriedades desejadas do concreto no estado fresco e endurecido.

Quanto maior a partícula do agregado, menor a área superficial a ser molhada por unidade de massa. Assim, levando a distribuição granulométrica do agregado até uma dimensão maior, será menor a demanda de água da mistura, ou seja, para uma determinada trabalhabilidade e riqueza da mistura, a relação água/cimento pode ser reduzida com consequente aumento da resistência do concreto. NEVILLE e BROOKS (2013) adverte que existe um limite para a dimensão máxima do agregado, além do qual o decréscimo da

demanda de água é contrabalançado pelos efeitos prejudiciais de uma menor superfície de aderência e pelas descontinuidades introduzidas pelas partículas muito grandes.

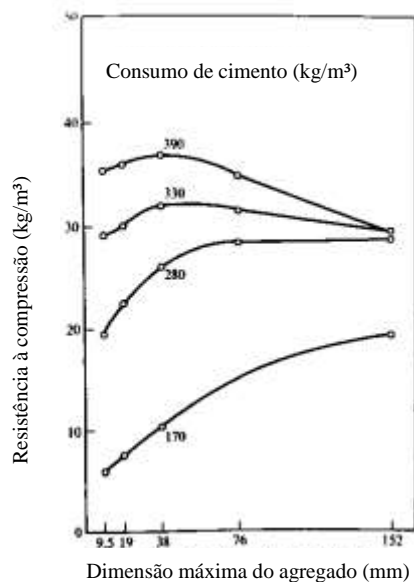


Figura 1 – Influência da dimensão máxima do agregado na resistência aos 28 dias de concreto com diferentes teores de cimento (NEVILLE e BROOKS, 2013)

FUSCO (2012) cita a Especificação Brasileira EB-4 que define: o agregado graúdo é o pedregulho natural, ou a pedra britada proveniente do britamento de rochas estáveis, de diâmetro característico superior a 4,8mm. O diâmetro máximo de 4,8mm, referido pela EB-4, é na verdade o diâmetro característico superior do agregado, que não pode ter mais de 5% de sua quantidade ultrapassada por diâmetro maior.

Os agregados, ocupantes de aproximadamente 80% do volume da maioria dos concretos fabricados atualmente exercem influência nas propriedades do concreto tanto no estado fresco quanto na resistência final. NIELSEN et. al (2002) verificou que a fração, tamanho, forma e a textura do agregado são importantes quando se objetiva avaliar a fluidez do concreto.

Muitas das propriedades mecânicas do concreto no estado fresco e endurecido sofrem influências das características do agregado, entre elas a porosidade, densidade, estabilidade, resistência mecânica, módulo de deformação, etc. A densidade e resistência do agregado, que por sua vez depende mais das características físicas como volume, tamanho e distribuição dos poros que químicas do agregado (METHA e MONTEIRO, 2008)

ALHADAS (2008) estudou a influência do agregado graúdo produzindo concretos com quatro tipos de agregados: calcário, gnaise, dolomito e basalto, obtidas de seis cidades

do Estado de Minas Gerais. Na tabela 1 nota-se que ele obteve resultados de desempenho melhor dos concretos produzidos com agregado graúdo de dolomita e basalto.

Tabela 1 – Resultados do ensaio de módulo de elasticidade dos concretos fabricados com agregados de diferentes origens mineralógicas (ALHADAS, 2008)

Traço		Módulo de Deformação (MPa)				
		3 dias	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias
C25-CA-BHZ	Ecsm	20164	28396	32510	32710	34374
C25-GN-GUA	Ecsm	17510	28738	32057	33545	35510
C25-DO-PAT	Ecsm	26287	34979	38612	39488	39925
C25-BA-UBER	Ecsm	22944	33536	36698	39457	39918

MUHIT et. AL (2013) utilizaram em seu estudo dois tipos de agregados graúdos obtidos por diferentes processos de britagem, um por impacto e outro por corte, e dosou 05 traços de concreto com 05 relações água/cimento diferentes, porém mantendo o consumo de agregado graúdo constante conforme tabela 01 abaixo.

Tabela 2 – Traços em massa (MUHIT et. al., 2013)

Amostra Grupo Nº	Cimento (kg)	Água (kg)	Agregado Miúdo (kg)	Agregado Graúdo (kg)	Fator A/C (kg)
Grupo - I	210	126	496	752	0,60
Grupo - II	241	128	463	752	0,53
Grupo - III	274	129	429	752	0,47
Grupo - IV	311	131	390	752	0,42
Grupo - V	350	133	349	752	0,38

Os concretos com agregados graúdos de britagem de impacto (A-1) tiveram menores valores de abatimento que os obtidos por processo de corte (A-2) porém maior resistência à compressão tanto para 07 dias quanto para 28 dias como pode ser visto nos gráficos abaixo.

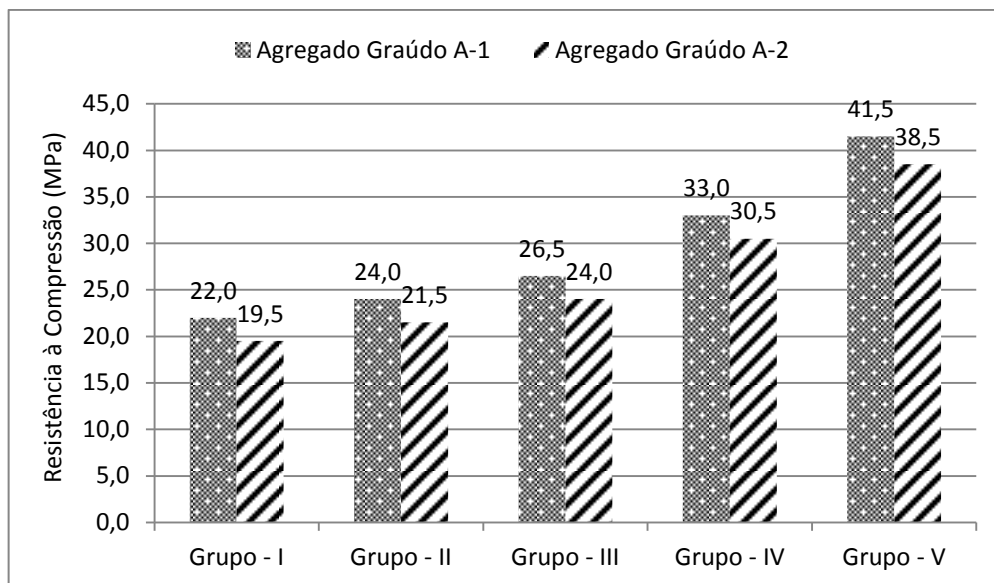


Figura 2 – Resistência à compressão aos 28 dias para os concretos com agregados graúdos A-1 e A-2 (MUHIT et. al., 2013)

CURCIC et. al. (2010) estudaram a influência de agregados britados na consistência do concreto. Para isso eles dosaram concretos com 05 tipos de agregados graúdos, sendo 01 oriundo de rio e 04 de processos de britagem fixando o consumo de cimento em 380 kg por metro cúbico e utilizando três relações água/cimento. Eles concluíram que o quantidade de água requerida no concreto depende do tipo de agregado, granulometria, forma, textura dos grãos e quantidade de finos. Conforme mostra a figura 4 eles obtiveram melhores resultados de trabalhabilidade para os concretos com agregados extraídos do rio (R).

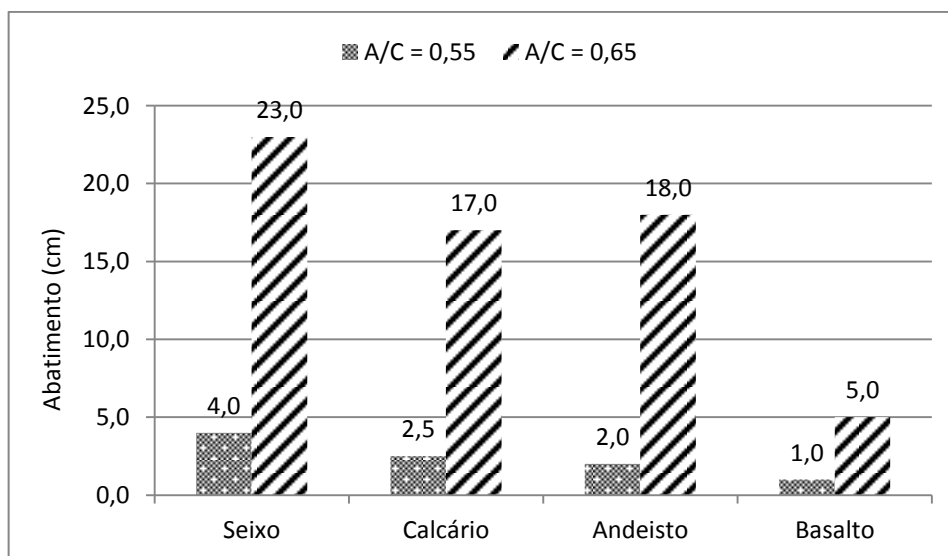


Figura 3 – Influência do agregado na consistência do concreto medida pelo “Slump Test” em função do fator água/cimento (CURCIC et. al., 2010)

RAO e PRASAD (2002) afirmaram que a rugosidade do agregado graúdo pode afetar diretamente a resistência final do concreto, pois é diretamente proporcional à tensão de aderência na interface entre o agregado e a argamassa. Esta interface chamada de zona de transição tem suas propriedades ligadas diretamente à resistência do concreto. Um agregado mais rugoso ou poroso tende a formar um concreto com uma zona de transição mais aderente.

PATEL et. al. (2013) estudaram o efeito da escolha de forma, massa específica e resistência do agregado graúdo em concretos de alto desempenho. Eles dosaram quatro traços de concreto misturando dois agregados graúdos de origens diferentes e granulometria 20 e 10 mm na proporção 60 e 40% respectivamente.

Tabela 3 – Traços dosados para um metro cúbico de concreto (PATEL et. al., 2013)

	Descrição da mistura	Fator a/c	Cimento (kg)	Cinza volante (kg)	Escória (kg)	Agregado graúdo (kg)	Areia (kg)	Água (L)
Agregado graúdo tipo A	M1	0,28	406,71	111,42	39,00	1174,00	632,00	156,00
	M2	0,30	379,60	104,00	36,40	1188,00	661,00	156,00
	M3	0,35	327,45	89,71	31,40	1208,00	721,00	157,00
	M4	0,40	286,52	78,50	27,47	1230,00	781,00	157,00
	M5	0,50	279,59	76,60	26,81	1252,00	841,00	191,50
Agregado graúdo tipo B	M1	0,28	406,71	111,42	39,00	1182,00	641,00	156,00
	M2	0,30	379,60	104,00	36,40	1193,00	667,00	156,00
	M3	0,35	327,45	89,71	31,40	1203,00	736,00	157,00
	M4	0,40	286,52	78,50	27,47	1225,00	792,00	157,00
	M5	0,50	279,59	76,60	26,81	1247,00	852,00	191,50

PATEL et. al. (2013) verificaram que os agregados graúdos do tipo A obtiveram melhores resultados tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. Concluíram também que os agregados exercem influência na resistência à compressão do concreto normal e de alto desempenho, sendo que agregados graúdos com maior massa específica e melhor distribuição granulométrica resultam em concretos com melhores propriedades mecânicas do concreto.

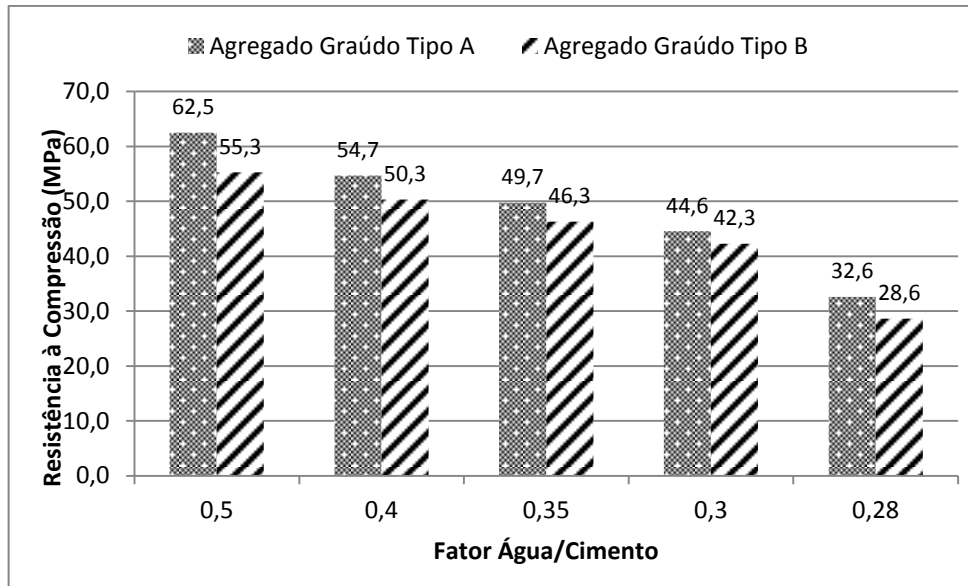


Figura 4 – Efeito do agregado na resistência à compressão (PATEL et. al., 2013)

POMPEU NETO (2004) realizou misturas de concreto com agregados gritados de basalto e granito com dimensões máximas de 9,5 e 19mm para estudar os efeitos tipo, tamanho e consumo de agregado graúdo no comportamento do concreto de moderada e alta resistência. Ele obteve resultados que mostraram que a resistência à compressão, tração, flexão e a energia de fratura do concreto para uma dada relação água/aglomerante depende do tipo, dimensões e teor de agregado.

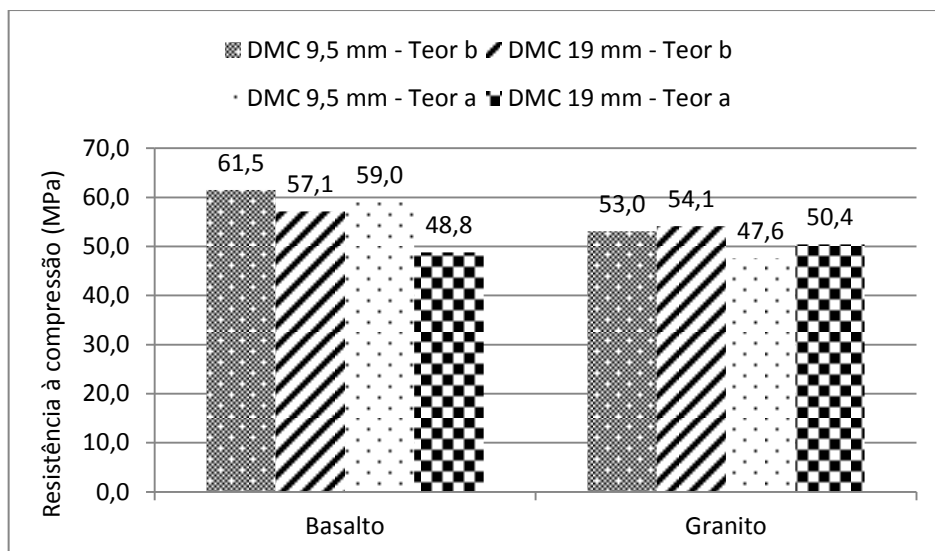


Figura 5 – Influência da dimensão máxima característica na resistência à compressão (POMPEU, 2004)

Além disso, os agregados exercem forte influência sobre o consumo de água e cimento, influenciando diretamente o custo do concreto. ARNDT et al (2007) realizaram testes com concretos similares variando a brita entre uma com forma lamelar e outra tendendo a ser mais cúbica e obteve resultados com diferença da ordem de 10% para o consumo de água a mais do nos traços onde utilizou a brita lamelar.

Utilizando o mesmo teor de cimento e mesma consistência do concreto, as misturas do concreto com agregados maiores requerem menos água de amassamento do que aquelas que contem agregados menores de acordo com NUNES (2005).

CARRIJO (2005) estudando a análise da influência da massa específica de agregados graúdos provenientes de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto estabeleceu uma correlação entre a porosidade dos agregados e o desempenho mecânico do concreto.

ÂNGULO (2005) estudou a caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição e a influência de suas características no comportamento mecânico dos concretos. Neste trabalho ele concluiu que o concreto sofreu influência do agregado graúdo no estado fresco, tendo o consumo de água e aditivo influenciados principalmente pela massa específica aparente do agregado e no estado endurecido relacionando a resistência à compressão e módulo de elasticidade com a porosidade do agregado reciclado.

MENDES (2002) realizou um estudo experimental de concreto de alto desempenho utilizando agregados graúdos disponíveis na região metropolitana de Curitiba dosou traços similares para as diferentes relações água/aglomerante de 0.35, 0.31, 0.28 e 0.26 utilizando três tipos de agregados graúdos disponíveis comercialmente na região de Curitiba: calcário, diabásio e granito. Ele encontrou resultados de efeito significativo do tipo de agregado graúdo tanto na resistência à compressão como no módulo de elasticidade como pode ser visto nas figuras 03 e 04.

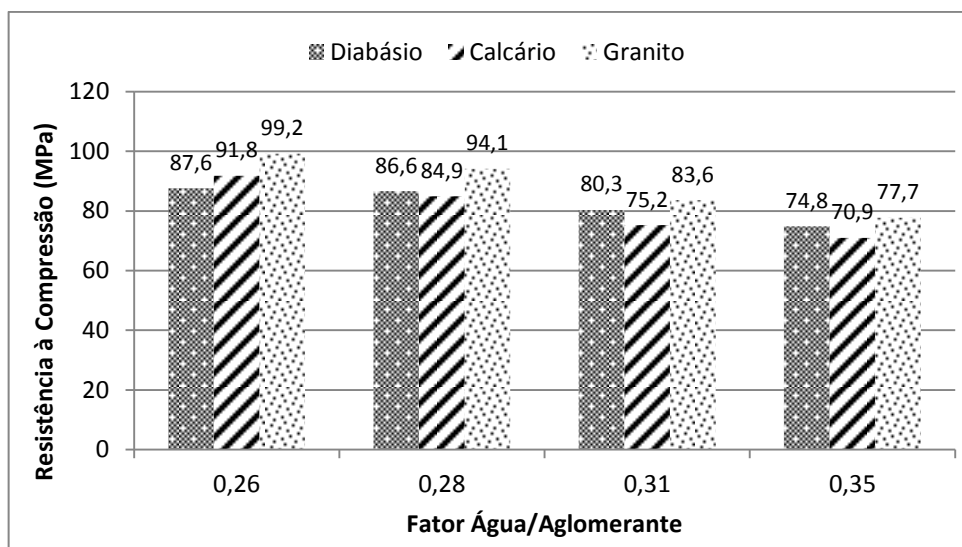


Figura 6 – Relação entre a resistência à compressão (MPa) e a relação água/aglomerantes aos 28 dias (MENDES, 2002)

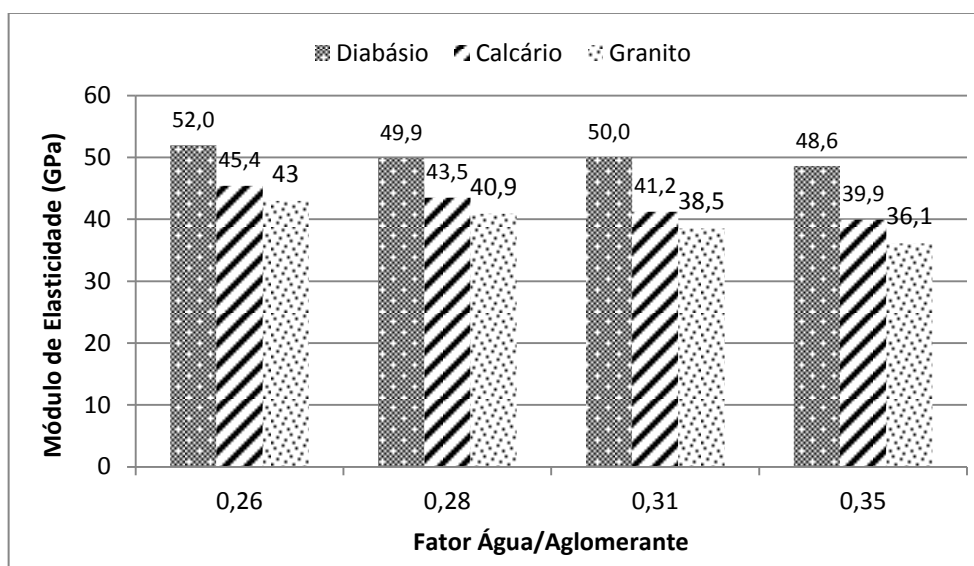


Figura 7 – Relação entre o módulo de elasticidade e a relação água/aglomerantes aos 28 dias (MENDES, 2002)

ASSUNÇÃO (2002) estudou a definição de curvas de dosagem a partir dos materiais disponíveis na região noroeste do Paraná. Durante a pesquisa ele verificou que concretos com brita 2, independentemente do tipo de areia utilizada apresentaram menores resistências que dos que os concretos confeccionados com brita 1 ou brita (1+2) mesmo tendo maior consumo de cimento e igual relação água cimento.

ADAMEK et. al. (2007) estudaram as propriedades de concretos fabricados com dois tipos de agregados leves obtidos a partir de cinza volantes de duas usinas. Eles fabricaram 10

traços de argamassas diferentes e adicionou agregados britados a partir de rochas graníticas e substituindo parte do agregado britado por dois tipos de agregados leves realizando ensaios de compressão nos corpos-de-prova as 07 e 28 dias.

Os resultados de ADAMEK et. al. (2007) indicaram que os agregados influenciaram nas propriedades do concreto tanto no estado fresco quanto endurecido. Concluíram também que os concretos obtiveram menores resistências que as argamassas em virtude da zona de transição entre a pasta de cimento e o agregado que é fragilizada pela deformação nessas áreas durante o carregamento. Os agregados leves demonstraram ter melhores resultados de resistência à compressão aos 28 dias para menores resistências superando o concreto com agregados britados em alguns concretos estudados como pode ser visto na figura 08.

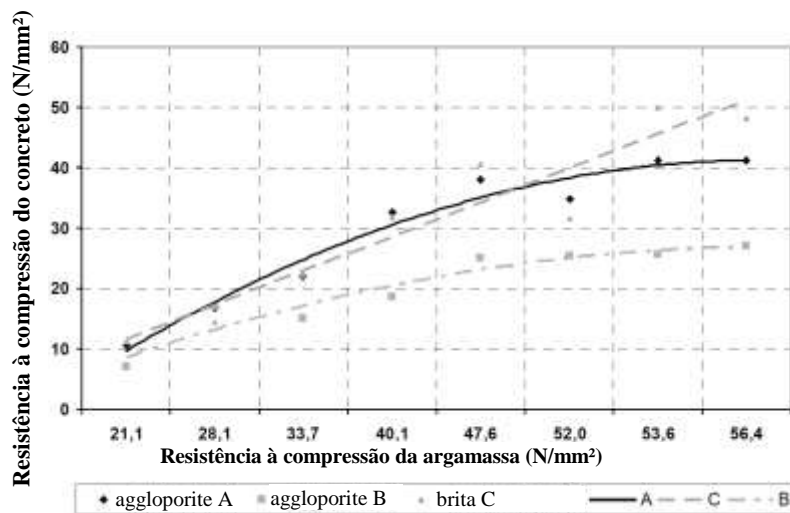


Figura 8 – Relação entre as resistências à compressão do concreto e da argamassa aos 28 dias (ADAMEK et. al., 2007)

3 DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

3.1 MÉTODO DE ESTUDO

O método de estudo para análise das propriedades mecânicas dos concretos fabricados com materiais da região Oeste do Pará consistiu nas seguintes etapas:

- Coleta dos materiais nos fornecedores locais;
- Análise dos agregados quanto à granulometria conforme NBR NM 248 (ABNT, 2003), massa unitária segundo a NBR NM 45 (ABNT, 2006) e massa específica através da NBR 9776 (ABNT, 2009);
- Cálculo das dosagens para as resistências de 20, 30 e 40 MPa para cada um dos 03 agregados graúdo através do método ABCP totalizando nove dosagens;
- Fabricação dos corpos-de-prova cilíndricos, prismáticos e para abrasão em laboratório conforme NBR 5738 (ABNT, 2003) incluindo ensaio de abatimento antes da moldagem de acordo com NBR NM 67 (ABNT, 1998);
- Ensaio de compressão simples e diametral aos 07 e 28 dias de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2007), tração na flexão aos 07 e 28 dias conforme NBR 12142 (ABNT, 2010) e módulo de elasticidade conforme NBR 8522 (ABNT, 2008);
- Análise dos resultados nos estados fresco e endurecido comparando os 03 agregados graúdos utilizados (brita, seixo e quebradinho)

3.2 PLANEJAMENTO DOS ENSAIOS

Com o intuito de organizar o programa experimental, foram definidas as variáveis de respostas relacionadas abaixo:

- Resistência à compressão axial;
- Resistência à tração por compressão diametral;
- Resistência à tração por flexão;
- Módulo de elasticidade

Após a definição das variáveis de resposta, foram definidos os parâmetros do processo, ou seja, as variáveis que podem ser alteradas e que talvez tenham algum efeito sobre as variáveis de resposta. Para uma melhor análise da comparação entre os diferentes tipos de agregados graúdos disponíveis na cidade de Santarém, optou-se pelas variáveis citadas abaixo:

- Tipos de agregados graúdos: foram utilizados 3 tipos: Brita, Seixo e quebradinho;
- Relação água/cimento: Adotaram-se três relações água/cimento (0,74, 0,54 e 0,41) por englobarem a maioria das resistências utilizadas na cidade de Santarém;
- Idade de ruptura: Foram definidas duas idades de ruptura dos corpos-de-prova, o 7º e o 28º dia. A opção pelas referidas idades deve-se as mesmas serem usualmente adotadas em estudos envolvendo tecnologia do concreto.

O objeto de estudo das propriedades físicas do concreto endurecido foram: resistência à compressão axial; resistência à compressão diametral; tração na flexão e módulo de elasticidade. Para tal foi definido moldar 04 de corpos de prova para cada propriedade (02 para rompimento aos 07 dias e 02 para 28 dias), exceto módulo de elasticidade que foram moldados 02 corpos de prova de cada traço para ensaio aos 28 dias. Resultando em 14 corpos de prova para cada traço e em 126 corpos de prova no total, sendo 90 cilíndricos (10x20 cm) e 36 prismáticos (10x10x35 cm).

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL

3.3.1 Cimento

O cimento utilizado no estudo foi o CP II Z 32 RS - Cimento Portland Composto Resistente a Sulfatos, fabricado no município de Itaituba-PA. De acordo com a norma NBR 11578 (ABNT, 1997) a menor resistência desse cimento deve ser de no mínimo 32 Mpa aos 28 dias, em um traço de água e cimento. Abaixo, a caracterização do cimento fornecida pelo fabricante:

Tabela 4 – Cimento Portland Composto Resistente a Sulfatos - CP II Z 32 RS

Composição Química (%)		Características físicas	
SiO ₂	21,41	Finura Blaine	415 m ² /kg
Al ₂ O ₃	5,72	Início de Pega	2h:25 min.
Fe ₂ O ₃	3,45	Fim de Pega	3h:30 min.
CaO	58,11	Massa Específica	3,03 g/cm ³
MgO	1,89	Resistência à compressão (MPa)	
SO ₃	3,04		
Na ₂ O	0,05	1 dia	16,36
K ₂ O	0,50	3 dias	24,54
Resíduo solúvel	6,35	7 dias	32,96
CaO Livre	0,87	28 dias	37,07

3.3.2 Areia

A areia utilizada tem coloração rosa e é extraída dos diversos morros existentes no município de Santarém, chamados de barrancos. A mesma não passa por nenhum tipo de lavagem ou peneiramento. Para a sua caracterização, utilizou-se a NBR NM 248 (ABNT, 2003), a NBR NM 45 (ABNT, 2006) e a NBR NM 52 (ABNT, 2009) para a realização do ensaio de granulometria, massa unitária e massa específica, respectivamente. Na tabela abaixo é apresentada a caracterização da mesma:

Tabela 5 – Caracterização da areia coletada

Caracterização da areia				
Peneiras (mm)	massa retida (g)	% retida	% acumulada	Normas de referência (NBR/NM)
4,80	2,00	0,23	0,00	NM 248 (ABNT, 2003)
2,40	20,00	2,30	2,00	
1,20	56,00	6,44	9,00	
0,60	86,00	9,89	19,00	
0,30	522,00	60,00	79,00	
0,15	176,00	20,23	99,00	
< 0,15	8,00	0,92	100,00	
Total	870,00	100,00		
D. máximo	2,4 mm			NM 248 (ABNT, 2003)
M. de finura	2,09			NM 248 (ABNT, 2003)
M. Unitária	1,72 kg/dm ³			NM 45 (ABNT, 2006)
M. Específica	2,63 kg/dm ³			NM 52 (ABNT, 2009)

Segundo NEVILLE e BROOKS (2003) o módulo de finura do agregado miúdo normalmente está entre 2,3 e 3,0, nota-se então pela tabela 5 que a areia ensaiada possui módulo abaixo das comumente utilizadas pois quanto menor este valor mais fino será o agregado.



Figura 09 - Areia retida nas peneiras da série normal para pesagem

3.3.3 Agregado Graúdo

3.3.3.1 Brita

Na região oeste do Pará, a brita, além de ser um material caro e geralmente tem pouca qualidade (excesso de material pulverulento) e tem formas angulares, além de uma distribuição granulométrica contínua. A mais comum na região é extraída das jazidas do município de Monte Alegre – PA. Apesar da qualidade do material, este é o agregado graúdo mais utilizado nos concretos de obras da região oeste do Pará. Na tabela abaixo é apresentada a caracterização da brita:

Tabela 6 – Caracterização da brita basáltica de Monte Alegre - PA

Caracterização da brita				
Peneiras (mm)	Massa retida (g)	% retida	% acumulada	Normas de referência (NBR/NM)
19,0	0,0	0%	0%	NM 248 (ABNT, 2003)
12,5	0,0	0%	0%	
9,5	1416,0	94%	94%	
4,8	0,0	0%	94%	
2,4	76,0	5%	99%	
1,2	0,0	0%	99%	
0,6	0,0	0%	99%	
0,3	0,0	0%	99%	
0,2	0,0	0%	99%	
< 1,2	8,0	1%	100%	
Total	1500	100%		
D. máximo		12,5 mm		NM 248 (ABNT, 2003)
M. de finura		7,86		NM 248 (ABNT, 2003)
M. Unitária		1,48 kg/dm ³		NM 45 (ABNT, 2006)
M. Específica		2,60 kg/dm ³		NM 52 (ABNT, 2009)



Figura 10 - Brita coletada em fornecedor para os ensaios

A brita em Santarém geralmente tem seus grãos cobertos com material pulverulento como pode ser visto na figura 09. Isso se dá pelo transporte e armazenamento do agregado que é feito de forma precária. Os grãos têm formatos lamelares e tendem a ser mais pontiagudos em virtude do processo de britagem em Monte Alegre-PA.

3.3.3.2 Seixo

Apesar de na capital Belém-PA e região metropolitana o seixo ser um material abundantemente utilizado na fabricação de concretos, em Santarém este material já não é encontrado facilmente. É extraído geralmente de junto dos morros onde também é feita a extração da areia e do quebradinho. Portanto, apesar de pouca disponibilidade no mercado este material será também objeto de estudo pela utilização mesmo que não seja muito frequente. Assim como a brita, o seixo apresenta muito material pulverulento cobrindo a superfície dos grãos. O mesmo foi levado ao laboratório para análise conforme abaixo:

Tabela 7 – Caracterização do seixo de Santarém – PA

Caracterização do seixo				
Peneiras (mm)	massa retida (g)	% retida	% acumulada	Normas de referência (NBR/NM)
19,0	0,0	0,00%	0%	
12,5	0,0	0,00%	0%	
9,5	19,0	8,40%	8%	
4,8	771,0	89,34%	98%	
2,4	202,0	1,50%	99%	NM 248 (ABNT, 2003)
1,2	3,4	0,18%	99%	
0,6	0,4	0,04%	99%	
0,3	0,3	0,09%	99%	
0,2	0,9	0,40%	99%	
< 1,2	0,1	0,04%	100%	
Total	997,1	100%		
D. máximo	12,5 mm			NM 248 (ABNT, 2003)
M. de finura	7,79			NM 248 (ABNT, 2003)
M. Unitária	1,685 kg/dm ³			NM 45 (ABNT, 2006)
M. Específica	2,632 kg/dm ³			NM 52 (ABNT, 2009)



Figura 11 - Seixo coletado em fornecedor para os ensaios

A figura 11 mostra que o seixo em Santarém tem coloração mais avermelhada em virtude do excesso de argila no agregado. Há ainda a presença de pedregulhos de coloração mais escura oriundos do processo d extração do material.

3.3.3.3 Quebradinho

O quebradinho de seixo ou apenas quebradinho como é mais conhecido é um material específico da região oeste do Pará e consiste em uma mistura de fragmentos de seixo, areia grossa de coloração avermelhada e argila. É muito comum ser utilizado com agregado graúdo em obras na cidade de Santarém em virtude do preço inferior à brita e o próprio seixo. Este material, por não passar por nenhuma peneiração, apresenta grande variabilidade.

Tabela 8 – Caracterização do quebradinho

Caracterização do quebradinho				
Peneiras (mm)	massa retida (g)	% retida	% acumulada	Normas de referência (NBR/NM)
19,0	0,0	0,00%	0%	NM 248 (ABNT, 2003)
12,5	0,0	0,00%	0%	
9,5	0,0	0,00%	0%	
4,8	44,0	4,40%	4%	
2,4	104,0	10,40%	15%	
1,2	322,0	32,20%	47%	
0,6	422,0	42,20%	89%	
0,3	46,0	4,60%	94%	
0,2	48,0	4,80%	99%	
< 1,2	14,0	1,40%	100%	
Total	1000,0	100%		
D. máximo		4,8 mm		NM 248 (ABNT, 2003)
M. de finura		3,48		NM 248 (ABNT, 2003)
M. Unitária		1,713 kg/dm ³		NM 45 (ABNT, 2006)
M. Específica		2,608 kg/dm ³		NM 52 (ABNT, 2009)



Figura 12 - Quebradinho coletado em fornecedor para os ensaios

A figura 12 mostra o quebradinho que possui coloração vermelha e tem em sua composição alguns fragmentos de seixo. Nota-se ainda que apesar de haver alguns grãos maiores neste agregado predomina de a presença de grãos de baixa granulometria.

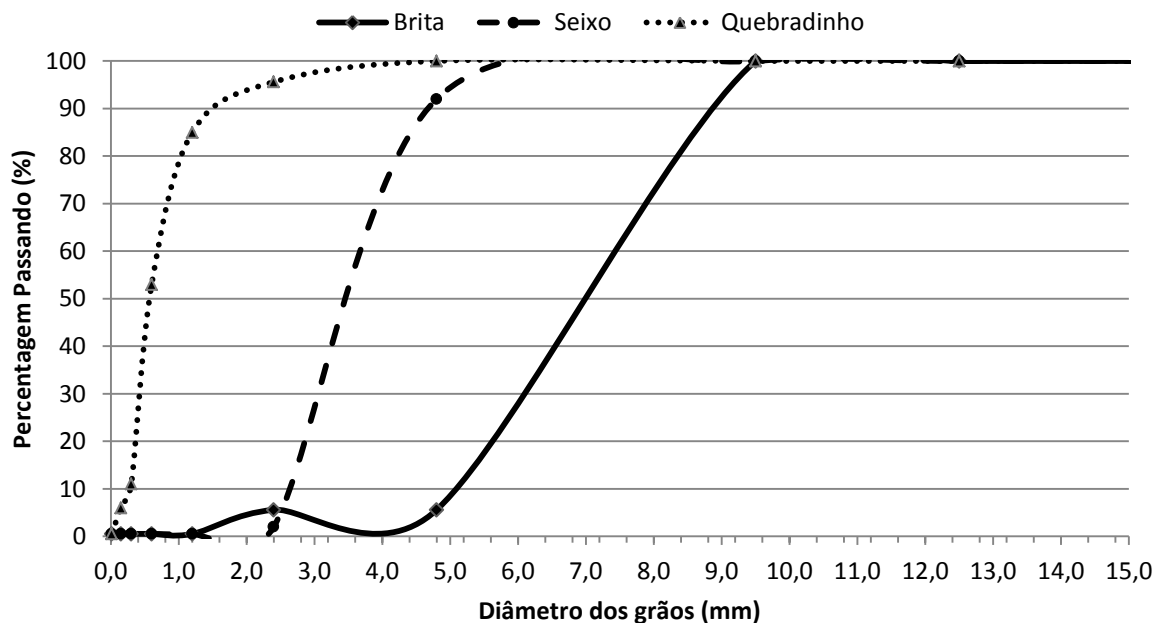


Figura 13 – Curvas granulométricas dos agregados graúdos

A figura 13 mostra que todos os agregados desta pesquisa têm uma distribuição granulométrica uniforme, ou seja, os grãos tendem a ter o mesmo tamanho, não sendo interessante para o concreto, onde a distribuição contínua é a que melhor se adequa por resultar em menos vazios quando adensada. Nota-se também que a brita tem a maior granulometria dos agregados estudados e o quebradinho é o que possui a granulometria mais baixa.

3.3.4 Água

A água utilizada em Santarém é extraída do subsolo, especificamente do Aquífero Alter do Chão, tem característica ácida com PH da ordem de 4,5 a 5,0 e teor de Ferro um pouco acima do normal, porém não possui sabor salino ou salobro. As demais informações sobre a água da região podem ser encontradas nos anexos deste trabalho.

3.3.5 Aditivo Plastificante

O aditivo utilizado é líquido de pega normal composto de sais sulfonados e carboidratos em meio aquoso, densidade $1,21 \pm 0,02$ kg/ litro, que é utilizado como plastificante de pega normal (PN), segundo a NBR 11.768 (ABNT, 1997) se utilizado na faixa de 0,30 à 0,55% sobre o peso de aglomerantes; ou como superplastificante retardador Tipo I (SP-I R), se utilizado na dosagem 0,60 à 1,00% sobre o peso de aglomerantes.

3.4 CÁLCULOS DAS DOSAGENS

A partir dos resultados de caracterização dos agregados, conhecimento das propriedades da água e do cimento pelo fabricante foi realizado o cálculo do traço para cada um dos agregados graúdos (brita, seixo e quebradinho) e para cada uma das 03 relações água/cimentos adotadas, totalizando assim 09 misturas.

O método de cálculo utilizado foi o desenvolvido pela ABCP. Como este trabalho visa analisar o concreto comumente utilizado em obra em Santarém-PA e região, foi escolhido o abatimento de 8 ± 2 centímetros para todas as misturas. Portanto os traços calculados resultaram na seguinte proporção:

Tabela 9 – Traços em massa calculados pelo método ABCP

Agregado graúdo	Fck - 20 MPa	Fck - 30 MPa	Fck - 40 MPa
BRITA	1 : 2,80 : 4,11 : 0,74	1 : 1,83 : 3,02 : 0,54	1 : 1,15 : 2,25 : 0,41
SEIXO	1 : 2,27 : 4,66 : 0,74	1 : 1,45 : 3,43 : 0,54	1 : 0,86 : 2,56 : 0,41
QUEBRADINHO	1 : 2,31 : 3,51 : 0,74	1 : 1,48 : 2,59 : 0,54	1 : 0,88 : 1,93 : 0,41

3.5 ENSAIOS REALIZADOS

No estado fresco fez-se a avaliação da consistência do concreto, seguindo os procedimentos descritos na NBR NM 67 (ABNT, 1998). No estado endurecido, para a determinação da resistência à compressão do concreto, seguiu-se a NBR 5739 (ABNT, 2007), no que se refere à velocidade de carregamento, equipamento e preparação dos corpos-de-prova. Os ensaios para a determinação da resistência à tração por compressão diametral e por

flexão dos concretos seguiram os procedimentos descritos na NBR 7222 (ABNT, 2010) e NBR 12142 (ABNT, 2010), respectivamente. Com relação ao módulo de elasticidade, os procedimentos seguiram o descrito na NBR 8522 (ABNT, 2008).

3.6 PROCEDIMENTO DE MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS-DE-PROVA

O material foi adicionado na seguinte ordem: brita, 80% da água, cimento e areia. Após a mistura dos materiais em betoneira foi realizado o ensaio de abatimento de tronco de cone. Para os concretos que não atingiram 80 ± 20 mm, foram adicionados os 20 % restantes de água e realizado um novo ensaio. Mesmo com a adição total da água calculada, caso o concreto não tenha atingido o abatimento especificado, foi adicionado o aditivo plastificante de pega normal de concreto, geralmente na proporção especificada pelo fabricante (1% do peso do cimento).



Figura 14 – (a) Mistura dos materiais em betoneira elétrica e (b) Ensaio de abatimento ou “slump test”

Com a obtenção do abatimento especificado, partiu-se para a moldagem dos corpos de prova cilíndricos e prismáticos, segundo a NBR 5738 (ABNT, 2003). Após a moldagem dos corpos-de-prova, os mesmos foram depositados na área do laboratório nas primeiras 24 horas anteriores à desmoldagem.



(a)

(b)

Figura 15 – (a) Corpos-de-prova prismáticos e cilíndricos imediatamente após moldagem;
(b) Corpos-de-prova em cura saturada de água com cal hidratada

Com 24 horas de produção do concreto realizou-se a desmoldagem dos corpos de prova, sendo que após este procedimento, os mesmos foram submetidos à cura saturada através da imersão dos mesmos em tanque com água adicionada de cal hidratada até o momento dos ensaios.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos nesta pesquisa sobre influência dos agregados graúdos nas propriedades mecânicas dos concretos produzidos em Santarém-PA e região oeste do Pará. A análise será dividida em 2 etapas, sendo elas: Análise no estado fresco e análise no estado endurecido.

4.1 ANÁLISE NO ESTADO FRESCO

Os concretos fabricados com brita consumiram mais água que os com seixo que tem forma mais arredondada, inclusive sendo necessário aditivo para alcançar o abatimento esperado nos concretos de resistência característica de 20, 30 e 40 Mpa. O que confirma as conclusões de ARNDT et al (2007) que realizaram testes com concretos similares variando a brita entre uma com forma lamelar e outra tendendo a ser mais cúbica e obtiveram resultados com diferença da ordem de 10% para o consumo de água a mais do nos traços onde utilizou a brita lamelar.

Dos concretos analisados, os com quebradinho, agregado com menor granulometria, foram os que consumiram mais água e aditivo para alcançar o abatimento proposto de 80 mm. Confirmando os resultados de NUNES (2005), que utilizou o mesmo teor de cimento e mesma consistência do concreto, as misturas do concreto com agregados maiores requereram menos água de amassamento do que aquelas que continham agregados menores.

NEVILLE e BROOKS (2013) afirmaram que partículas mais finas requerem mais água para a molhagem de suas grandes superfícies específicas, enquanto a forma irregular e textura rugosa de um agregado anguloso demandam mais água que um agregado arredondado. Portanto a forma arredondada dos grãos de seixo contribuiu para o menor consumo de água e aditivo, enquanto a forma angulosa da brita resultou em um maior consumo de água e aditivo e mais ainda o excesso de finos no quebradinho teve a maior demanda de água e aditivo de todos os concretos.

Tabela 10 – Consumo de água e aditivo para cada traço

TIPO DE AGREGADO GRAUDO	Fck 20 MPa		Fck 30 MPa		Fck 40 MPa	
	ÁGUA (L)	ADITIVO	ÁGUA (L)	ADITIVO	ÁGUA (L)	ADITIVO
BRITA	2,589	0	2,586	60 ml	2,637	150 ml
SEIXO	1,703	0	2,586	35 ml	2,637	55 ml
QUEBRADINHO	2,959	120 ml	2,994	130 ml	2,941	240 ml

A tabela 10 contém os valores de água e aditivo utilizados para cada um dos 09 traços, que foram dosados para o volume de 50 litros de concreto. Nota-se que o concreto com seixo para 20 MPa foi o único que não necessitou toda a água calculada para alcançar o abatimento de 100mm, sobraram 886 ml alterando o valor final da relação água cimento de 0,74 para 0,59. Os concretos feitos com quebradinho para as 03 resistências mostraram necessidade de adição de aditivo plastificante.

Apesar da maior demanda de água e aditivo plastificante, o concreto feito com quebradinho resultou em um material mais coeso que os outros, o que se deve ao fato deste agregado ter granulometria em valores menores que os outros, o que coincide com o relatado por CURCIC et. al. (2013). Porém mesmo os outros estando menos coesos nenhum dos concretos fabricados demonstraram ter tendência à segregação.

4.2 ANÁLISE NO ESTADO ENDURECIDO

Os corpos de prova cilíndricos foram testados quanto a: resistência à compressão axial conforme norma NBR 5739 (ABNT, 2007); tração na compressão diametral conforme norma NBR 7222 (ABNT, 2010); tração na flexão conforme norma NBR 12142 (ABNT, 1991) e módulo de elasticidade conforme norma NBR 8522 (ABNT, 2008). Importante ressaltar que foram moldados 02 corpos de prova para serem testados quanto à resistência à compressão axial, compressão diametral e tração na flexão aos 07 e 28 dias e módulo de elasticidade aos 28 dias com 02 exemplares para cada data. Os resultados dos ensaios são apresentados a seguir.

4.2.1 Resistência à compressão

Segundo NEVILLE e BROOKS (2013) a tensão na qual a fissuração significativa é iniciada é afetada pela forma do agregado: pedregulhos ou seixos lisos determinam a ocorrência de fissuras em tensões mais baixas que agregados britados rugosos e angulosos, sendo mantidas as demais condições. O efeito, idêntico tanto na tração quanto na compressão, é devido a uma melhor aderência e menor microfissuração com os agregados britados angulosos. Na tabela 11 pode-se verificar que os concretos fabricados com brita foram os que atingiram as maiores resistências, estando de acordo com os autores citados.

Tabela 11 – Resultados de compressão axial em corpos de prova cilíndricos (10x20cm)

F _{cj} (MPa)	Agregado	7 dias		28 dias	
		CP1 (MPa)	CP2 (MPa)	CP3 (MPa)	CP4 (MPa)
20	Brita	15,0	11,7	20,6	18,9
	Seixo	14,9	13,8	18,1	17,9
	Quebradinho	13,5	12,8	19,3	16,9
30	Brita	21,9	16,9	34,4	31,8
	Seixo	23,7	22,1	31,6	28,7
	Quebradinho	21,3	18,5	25,7	23,7
40	Brita	31,1	27,6	37,7	30,5
	Seixo	27,5	27,1	32,1	32,0
	Quebradinho	29,6	29,1	39,0	29,1



Figura 16 – Ensaio de compressão axial executado em prensa hidráulica

RAO e PRASAD (2002) afirmaram que a rugosidade do agregado graúdo pode afetar diretamente a resistência final do concreto, pois é diretamente proporcional à tensão de aderência na interface entre o agregado e a argamassa. Esta interface chamada de zona de transição tem suas propriedades ligadas diretamente à resistência do concreto. Um agregado mais rugoso ou poroso tende a formar um concreto com uma zona de transição mais aderente.

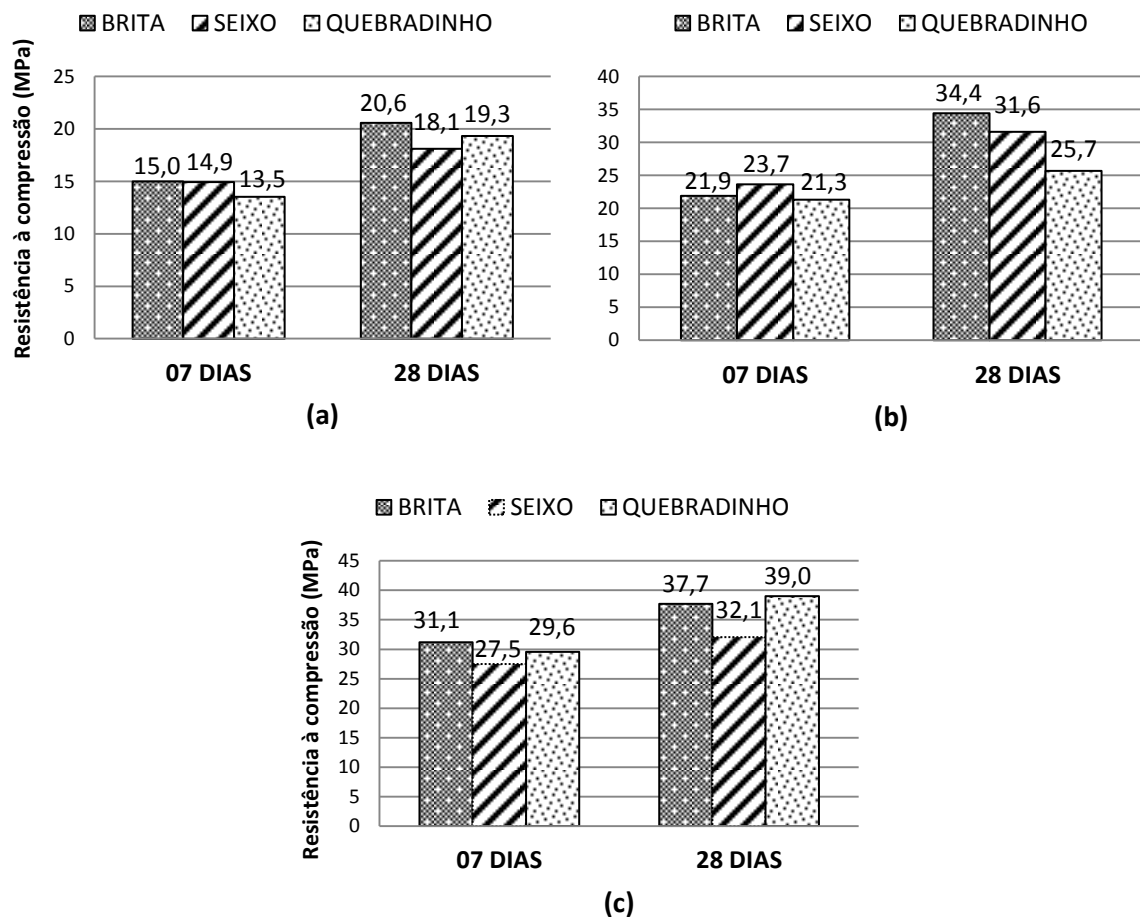


Figura 17 – Evolução de resistência à compressão simples em corpos de prova cilíndricos.

(a) 20 MPa; (b) 30 MPa; (c) 40 MPa

A figura 18 mostra que o seixo atingiu as maiores resistências nas idade de 07 dias nos concretos de 20 e 30 MPa, porém aos 28 dias a evolução da resistências destes foram menores que a dos concreto com brita, estando de acordo com as conclusões de RAO e PRASAD (2002). Os concretos com quebradinho tiveram uma evolução similar à dos com brita porém com resistências inferiores. O concreto que atingiu maior resistência à compressão simples aos 28 dias foi o fabricado com quebradinho para 40 MPa e fator água cimento de 0,41 alcançando carga máxima no ensaio de 39,02 MPa.

4.2.2 Resistência à tração

POMPEU NETO (2004) estudando a influência dos agregados graúdos em concretos verificou que a resistência à tração do concreto é influenciada pelo tipo de agregado e tem relação direta com a compressão simples. Essa influência também pode ser vista nos resultados deste trabalho, onde os concretos feitos com brita obtiveram melhores resultados na compressão simples, na tração na compressão diametral assim como na tração na flexão, da mesma forma o quebradinho com os menores resultados tanto na compressão quanto na tração aos 28 dias.



Figura 18 – Concreto de seixo após rompimento à tração na compressão diametral

A figura 19 mostra que concreto teve rupturas na argamassa, nota-se pelos agregados graúdos, neste caso o seixo, estão geralmente intactos. Portanto a resistência do agregado não tem influência direta na resistência do concreto como detalhado pois de acordo com NUNES (2005) a exceção dos concretos leves e de alta resistência, os agregados são bem mais resistentes que a matriz e a zona de transição do concreto, onde geralmente ocorre a ruptura.

Tabela 12 – Resultados de tração na compressão diametral (10x20cm)

F _{tj} (MPa)	Agregado	7 dias		28 dias	
		CP1 (MPa)	CP2 (MPa)	CP3 (MPa)	CP4 (MPa)
20	Brita	2,0	1,5	2,2	2,1
	Seixo	1,7	1,1	1,9	1,7
	Quebradinho	1,2	1,1	1,7	1,2
30	Brita	2,7	2,7	3,1	2,7
	Seixo	2,0	1,9	2,1	2,0
	Quebradinho	1,6	1,4	2,1	2,0
40	Brita	2,3	2,4	3,5	3,1
	Seixo	2,0	1,7	2,8	2,7
	Quebradinho	2,5	2,5	2,6	2,5

BRESCOVIT et al (2011) estudaram o efeito do teor do agregado graúdo na resistência à tração em concretos e concluíram que a resistência à tração na flexão e na compressão diametral são proporcionais a resistência à compressão do concreto sendo da ordem de 11% e 6,5% respectivamente. Neste trabalho, voltado para concretos com desempenho normal os resultados de tração à flexão foram de 16% e os de tração na compressão diametral foram de 8,5% da resistência à compressão axial do concreto.



Figura 19 – Corpo-de-prova prismático rompido à tração na flexão

Como pode ser visto na figura 20, todas as linhas de ruptura de tração na flexão se situaram entre as duas linhas centrais, o que valida os ensaios de acordo com a NBR 12142 (ABNT, 2010).

Tabela 13 – Resultados de tração na flexão em corpos de prova prismáticos (10x10x35cm)

F _{tj} (MPa)	Agregado	7 dias		28 dias	
		CP1 (MPa)	CP2 (MPa)	CP3 (MPa)	CP4 (MPa)
20	Brita	2,8	2,7	3,3	2,7
	Seixo	2,3	2,1	2,3	2,1
	Quebradinho	4,1	3,5	4,3	3,9
30	Brita	4,7	4,4	6,0	5,4
	Seixo	2,9	2,0	4,4	3,6
	Quebradinho	4,1	3,5	4,7	0,9
40	Brita	4,6	3,7	5,5	1,6
	Seixo	4,9	4,7	6,3	5,5
	Quebradinho	5,4	4,8	5,7	4,4

ROHDEN (2011) estudando a influência da dimensão máxima e resistência do agregado graúdo nas propriedades mecânicas dos concretos concluiu que o consumo de água tem maior efeito na resistência a tração de concretos do que a dimensão máxima ou a resistência à compressão da rocha dos agregados. Neste trabalho, apesar do consumo de água ter sido similar para concreto de mesmas resistências, obteve-se resultados de resistência à tração maiores em até 40% para os concretos produzidos com brita como pode ser visto na tabela 13.

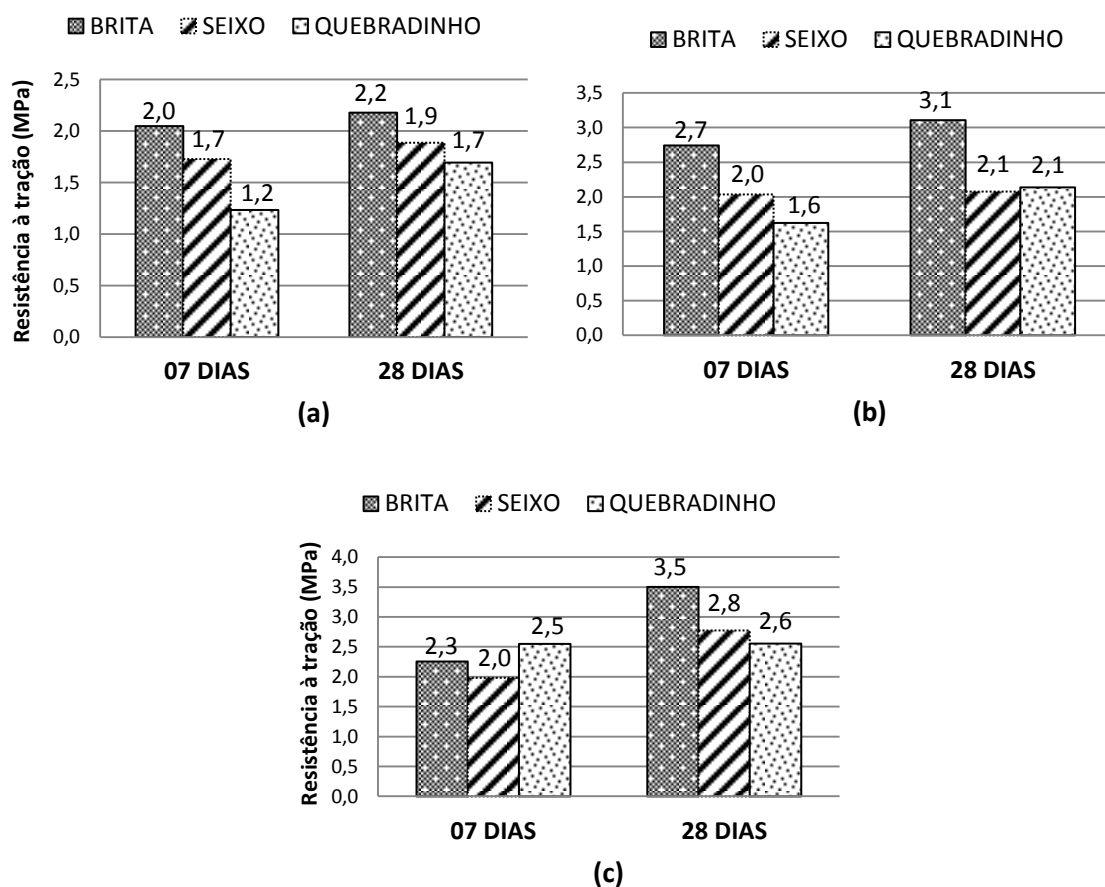


Figura 20 – Evolução de resistência à tração na compressão diametral. (a) 20 MPa; (b) 30 MPa; (c) 40 MPa

NEVILLE e BROOKS (2013) citam que em misturas reais de mesma trabalhabilidade, um agregado arredondado demanda menos quantidade de água que agregados angulosos e, portanto, as resistências à flexão dos concretos são semelhantes. Os resultados de tração na compressão diametral foram bem semelhantes para os concretos de mesma resistência como pode ser visto na figura 21, porém com resultados maiores para os concretos com brita devido à sua superfície mais áspera e que ocasiona uma zona de transição entre o agregado e a pasta mais densa apesar de ter sido utilizada uma mesma relação água/cimento para os concretos de mesma resistência.

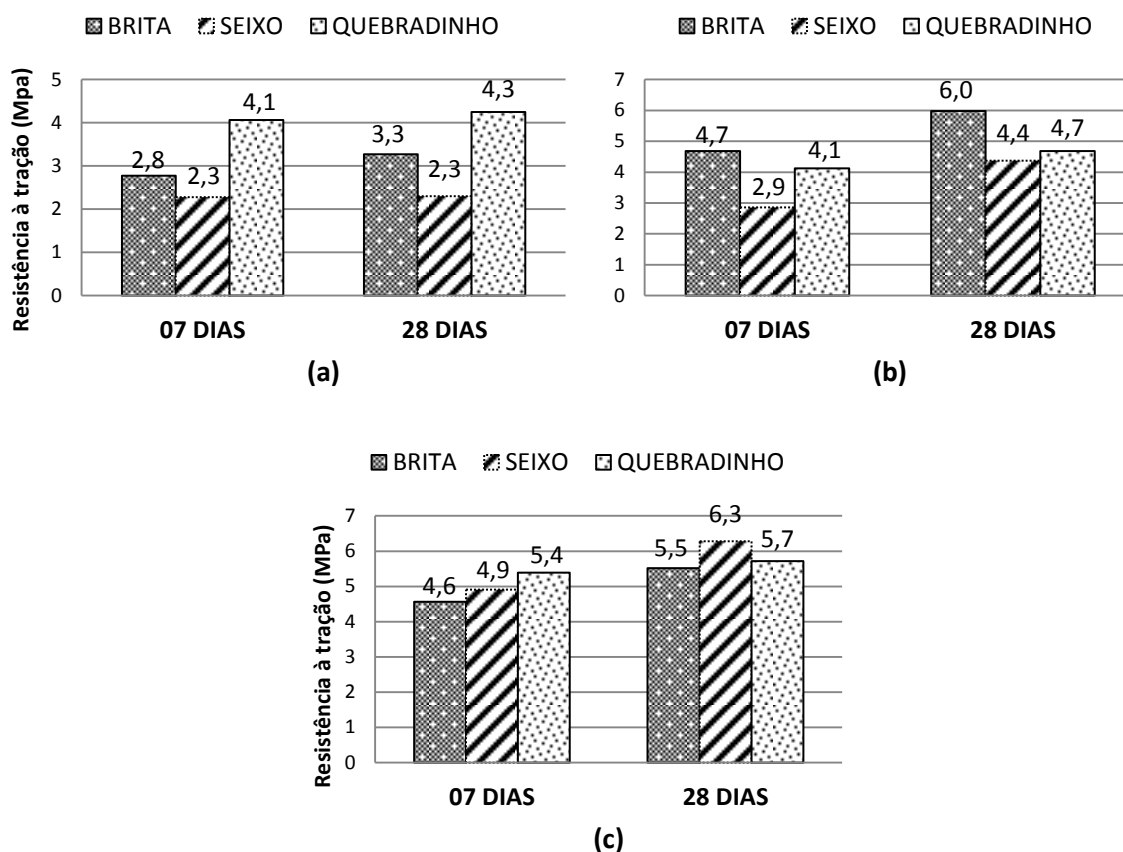


Figura 21 – Evolução de resistência à tração na flexão. (a) 20 MPa; (b) 30 MPa; (c) 40 MPa

MENDES (2002) estudando o concreto a partir de agregados graúdos disponíveis na região de Curitiba verificou que embora a diferença de valores de resistência à tração não tenham sido significativas para os agregados diferentes, esta resistência aumenta à medida que a relação água/aglomerante diminui e a resistência à compressão também aumenta, porém em proporções menores. A figura 22 mostra essa diferença onde os concretos feitos para a resistência de 40 MPa tiveram resultados de tração maiores que os demais e sendo quase duas vezes superiores aos de 20 MPa.

4.2.3 Relação resistência à compressão x resistência à tração

Tabela 14 – Relação resistência à compressão x resistência à tração

Fck (MPa)	Agregado	7 dias					28 dias				
		Fcj (MPa)	Ftjd(MPa)	Ftjd / Fcj (%)	Ftjf(MPa)	Ftjf / Fcj (%)	Fcj (MPa)	Ftjd(MPa)	Ftjd / Fcj (%)	Ftjf(MPa)	Ftjf / Fcj (%)
20	Brita	15,0	2,0	14%	2,8	18%	20,6	2,2	11%	3,3	16%
	Seixo	14,9	1,7	12%	2,3	15%	18,1	1,9	10%	2,3	13%
	Quebradinho	13,5	1,2	9%	4,1	30%	19,3	1,7	9%	4,3	22%
30	Brita	21,9	2,7	13%	4,7	21%	34,4	3,1	9%	6,0	17%
	Seixo	23,7	2,0	9%	2,9	12%	31,6	2,1	7%	4,4	14%
	Quebradinho	21,3	1,6	8%	4,1	19%	25,7	2,1	8%	4,7	18%
40	Brita	31,1	2,3	7%	4,6	15%	37,7	3,5	9%	5,5	15%
	Seixo	27,5	2,0	7%	4,9	18%	32,1	2,8	9%	6,3	20%
	Quebradinho	29,6	2,5	9%	5,4	18%	39,0	2,6	7%	5,7	15%
Média				9%	-	18%	-	-	9%	-	16%

*Fcj – resistência à compressão axial

**Ftjd – resistência à tração na compressão diametral

***Ftjd – resistência à tração na flexão

A tabela 14 apresenta os resultados de compressão simples e os de tração e em seguida faz uma proporção entre esses valores. Nota-se que os valores de tração na compressão diametral foram em média equivalente a 9 % da resistência à compressão. A resistência à tração foi 18 % e 16 % em média equivalente à resistência à compressão dos concretos aos 07 e 28 dias respectivamente.

A resistência à tração é proporcional à resistência à compressão, porém esta proporcionalidade não é direta e diminui quando se aumenta a resistência à compressão como foi verificado por POMPEU NETO (2006) e pode ser visto na tabela 14.

4.2.4 Módulo de elasticidade

POMPEU NETO (2004) concluiu que o efeito do tipo de agregado graúdo é significativo no módulo de elasticidade quando comparado à resistência à compressão. Nota-se na tabela 11 que quando o concreto com seixo obteve menor resistência à compressão, isso foi válido também para o módulo de elasticidade. É possível verificar também que os

concretos com brita para 30 MPa e o com quebradinho para 40 MPa foram os que alcançaram maiores resistências à compressão e módulo de elasticidade proporcionalmente.

Tabela 15 – Resultados de módulo de elasticidade

Fck (MPa)	Agregado	Eci - 28 dias		Fc - 28 dias	
		CP1 (GPa)	CP2 (GPa)	CP3 (MPa)	CP4 (MPa)
20	Brita	23,8	22,8	18,0	16,6
	Seixo	31,9	30,4	32,5	29,5
	Quebradinho	31,9	27,7	32,4	24,4
30	Brita	37,3	27,0	44,5	23,3
	Seixo	29,9	23,1	28,4	17,0
	Quebradinho	27,8	26,4	24,7	22,2
40	Brita	36,3	34,0	42,0	37,0
	Seixo	32,9	31,3	34,4	31,2
	Quebradinho	40,7	40,2	52,9	51,4

RODHEN (2011) e SOUZA (2003) verificaram que o módulo de elasticidade aumenta a medida que o fator água/cimento diminui e RODHEN (2011) constatou ainda a influência da resistência à compressão do agregado graúdo no módulo de elasticidade do concreto. A partir dos dados da tabela 14 há a confirmação do visto pelos autores, onde os concretos de 40 MPa tiveram melhores resultados para módulo de elasticidade por terem menores fatores a/c que os demais.

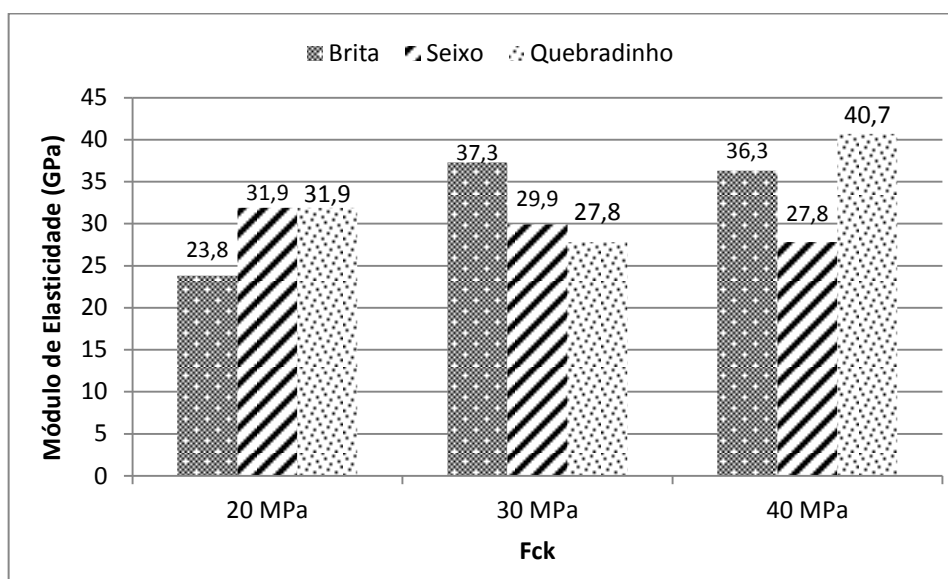


Figura 22 – Módulo de elasticidade dos concretos

4.2.5 Relação módulo de elasticidade x resistência à compressão x NBR 6118 (ABNT, 2014)

Tabela 16 – Relação módulo de elasticidade x resistência à compressão x NBR 6118

Fck (MPa)	Agregado	Fcj (MPa)	Eci ensaio (GPa)	Eci - NBR 6118 (GPa)
20	Brita	15,0	23,8	26,0
	Seixo	14,9	31,9	19,5
	Quebradinho	13,5	31,9	20,6
30	Brita	21,9	37,3	31,5
	Seixo	23,7	29,9	24,5
	Quebradinho	21,3	27,8	25,8
40	Brita	31,1	36,3	37,5
	Seixo	27,5	32,9	26,4
	Quebradinho	29,6	40,7	30,5

A tabela 16 apresenta uma comparação dos valores de módulo de elasticidade obtidos nos ensaios em laboratório e os valores calculados através da estimativa recomendada pela NBR 6118 (ABNT, 2014). Os valores obtidos através de ensaio foram em sua maioria superiores aos estimados através de cálculo da referida norma, o que demonstra que os concretos fabricados com os agregados graúdos disponíveis na região oeste do Pará podem ser utilizados como concreto estrutural, pois estão em conformidade com a norma brasileira.

Analisando a tabela 16 pode-se observar ainda os resultados de módulo de elasticidade para os concretos com seixo foram sempre muito superiores aos estimados através da NBR 6118 (ABNT, 2014), e o com quebradinho para resistência à compressão de 40MPa obteve o melhor resultado de todos os concretos estudados.

4.3 COMPARAÇÃO QUANTO AO CUSTO DOS INSUMOS

NEVILLE e BROOKS (2013) relataram que, além dos requisitos físicos, não se deve esquecer o aspecto econômico, ou seja, o concreto deve ser produzido com materiais que possam ser produzidos com baixo custo. Eles indicam que os principais fatores que determinam a viabilidade econômica do agregado são: sua área superficial, visto que influencia a quantidade de água necessária para molhagem completa dos sólidos, o volume relativo ocupado pelo agregado, a trabalhabilidade da mistura, e a tendência de segregação.

Para BERNARDO e HELENE (2011) este tipo de análise é muito importante para todos os casos, pois uma dosagem eficiente é aquela que chega ao traço de concreto para suprir as necessidades técnicas ao menor custo possível. Em locais onde há situações específicas, como no caso do Norte do Brasil, onde o custo do agregado graúdo é elevado em comparação a outras regiões, esta análise é fundamental. Neste trabalho foram comparados os concretos de mesma resistência em relação ao custo dos insumos, obtendo resultados de melhor custo benefício do concreto feito com quebradinho para as resistências de 20 e 30 MPa e do seixo nas resistências de 40 MPa.

Os valores de custos dos insumos foram obtidos nos fornecedores de Santarém-PA, nota-se que o cimento e os agregados graúdos com exceção do quebradinho têm valores acima da média nacional, o que confirma o citado por BERNARDO e HELENE(2011). Não foi considerado valor para a água devido a mesma geralmente ser extraída do subsolo através de poços artesianos ou fornecido pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) mas sem o uso de hidrômetros, apenas uma taxa fixa, portanto apesar de se ter um custo para a extração da mesma não vale aqui mencionar devido o alto número de variáveis a que a mesma está submetida.

Tabela 17 – Custo por metro cúbico de concreto de 20 MPa

INSUMO	PREÇO	UND	BRITA		SEIXO		QUEBRADINHO	
			CONSUMO	PREÇO	CONSUMO	PREÇO	CONSUMO	PREÇO
CIMENTO	0,64	R\$/KG	270,33	R\$ 173,01	270,33	R\$ 173,01	304,12	R\$ 194,64
AREIA	17,5	R\$/M³	0,287	R\$ 5,02	0,233	R\$ 4,07	0,266	R\$ 4,66
BRITA	145	R\$/M³	0,426	R\$ 61,73		R\$ -		R\$ -
SEIXO	130	R\$/M³		R\$ -	0,480	R\$ 62,42		R\$ -
QUEBRADINHO	30	R\$/M³		R\$ -		R\$ -	0,411	R\$ 12,32
ADITIVO	4,5	R\$/L	0	R\$ -	0	R\$ -	2,28	R\$ 10,26
			CUSTO/M³	R\$ 239,77	CUSTO/M³	R\$ 239,50	CUSTO/M³	R\$ 221,88

Nota-se pela tabela 15 que o concreto feito com quebradinho para 20 MPa dosado neste trabalho custa aproximadamente 7% a menos que os demais apesar de ter um consumo de cimento superior aos demais em mais de 30 kg por metro cúbico de concreto. Isto mostra o alto custo do agregado e seu valor significativo para o custo total do concreto em Santarém-PA.

Tabela 18 – Custo por metro cúbico de concreto de 30 MPa

INSUMO	PREÇO	UND	BRITA		SEIXO		QUEBRADINHO	
			CONSUMO	PREÇO	CONSUMO	PREÇO	CONSUMO	PREÇO
CIMENTO	0,64	R\$/KG	367,39	R\$ 235,13	367,39	R\$ 235,13	413,32	R\$ 264,52
AREIA	17,5	R\$/M³	0,256	R\$ 4,48	0,201	R\$ 3,52	0,231	R\$ 4,05
BRITA	145	R\$/M³	0,426	R\$ 61,73		R\$ -		R\$ -
SEIXO	130	R\$/M³		R\$ -	0,480	R\$ 62,42		R\$ -
QUEBRADINHO	30	R\$/M³		R\$ -		R\$ -	0,411	R\$ 12,32
ADITIVO	4,5	R\$/L	1,16	R\$ 5,22	0,68	R\$ 0,78	1,80	R\$ 8,08
			CUSTO/M³	R\$ 306,56	CUSTO/M³	R\$ 301,86	CUSTO/M³	R\$ 288,97

Para concretos de 30 MPa o concreto feito com quebradinho também mostrou ligeira vantagem econômica sendo aproximadamente 4% mais barato que os demais. O concreto com brita se tornou o mais caro dos três analisados, sendo que a diferença para o concreto feito com seixo se deu pela necessidade de utilização do aditivo plastificante.

Tabela 19 – Custo por metro cúbico de concreto de 40 MPa

INSUMO	PREÇO	UND	BRITA		SEIXO		QUEBRADINHO	
			CONSUMO	PREÇO	CONSUMO	PREÇO	CONSUMO	PREÇO
CIMENTO	0,64	R\$/KG	492,99	R\$ 315,51	492,99	R\$ 315,51	554,61	R\$ 354,95
AREIA	17,5	R\$/M³	0,215	R\$ 3,77	0,161	R\$ 2,81	0,186	R\$ 3,25
BRITA	145	R\$/M³	0,426	R\$ 61,73		R\$ -		R\$ -
SEIXO	130	R\$/M³		R\$ -	0,480	R\$ 62,42		R\$ -
QUEBRADINHO	30	R\$/M³		R\$ -		R\$ -	0,411	R\$ 12,32
ADITIVO	4,5	R\$/L	2,84	R\$ 12,77	1,04	R\$ 2,95	4,58	R\$ 20,63
			CUSTO/M³	R\$ 393,78	CUSTO/M³	R\$ 383,70	CUSTO/M³	R\$ 391,14

Nos concretos de maiores resistência deste trabalho, os de 40 MPa, o com seixo foi o que obteve maior vantagem econômica em relação aos demais, tendo uma vantagem ligeira de pouco mais de 2%, ficando os com quebradinho e com brita em segundo e terceiro lugares com valores muito próximos. O que mostra que quanto mais se aumenta a resistência do

concreto a relevância do custo do cimento aumenta, então o agregado que consumir menos cimento, como o seixo deste trabalho, torna o concreto mais vantajoso financeiramente.

Vale ressaltar que os concretos foram dosados para alcançar a resistência à compressão de 20, 30 e 40 MPa, sendo que alguns dos concretos estudados neste trabalho não alcançaram a resistência final aos 28 dias. Recomenda-se, portanto que a utilização destes agregados em concretos de obras ou centrais de concreto seja avaliada técnica e financeiramente antes de iniciar a execução dos serviços conforme preconiza a NBR 12655 (ABNT, 2006).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a finalização do trabalho pode-se constatar que o mesmo atingiu o seu objetivo principal, visto que foram analisados os concretos produzidos com os 03 tipos de agregados graúdos disponíveis em Santarém-PA: brita, seixo e quebradinho; quanto à resistência à compressão, resistência à tração (tração na flexão e tração por compressão diametral) e módulo de elasticidade.

Com relação ao objetivo secundário, teve-se também a sua obtenção, pois se conseguiu avaliar o concreto produzido com o quebradinho, além de comparar o concreto no estado fresco, verificando seu consumo de água, necessidade de aditivos e a coesão da mistura. Realizou-se ainda a análise comparativa de custos e, portanto, a partir de todas as análises e conclusões foi possível fornecer ao meio técnico subsídios para as obras da cidade de Santarém e região metropolitana.

Em função de o trabalho ter alcançado os objetivos inicialmente propostos, tem-se que a sua execução possibilitou a retirada de algumas considerações a cerca dos ensaios realizados, conforme colocado abaixo:

No estado fresco observou-se maior demanda de água para os concretos com quebradinho em virtude de sua baixa granulometria e excesso de material pulverulento, em seguida da brita que em virtude de sua forma lamelar consumiu mais água que os concretos fabricados com seixo, agregado graúdo mais arredondado dos estudados. Apesar da maior demanda de água e aditivo plastificante, o concreto feito com quebradinho resultou em um material mais coeso que os outros, porém mesmo os outros estando menos coesos nenhum dos concretos fabricados demonstraram ter tendência à segregação.

Nos ensaios de resistência à compressão simples foram obtidos os melhores resultados para os concretos feitos com brita, em virtude de sua superfície mais angulosa e áspera que os com seixo. Os concretos com quebradinho tiveram bons resultados de resistência à compressão de todos e o que atingiu o maior valor foi o concreto com este agregado graúdo.

A resistência à tração foi maior para os concretos fabricados com brita e para os concretos com maior resistência à compressão. Os resultados foram proporcionais à resistência à compressão onde na tração à flexão foram da ordem de 16% e na tração à compressão diametral foram de 8,5% da resistência à compressão axial do concreto.

Nos ensaios de módulo de elasticidade foi verificada também sua relação com a

resistência à compressão, onde os concretos com brita e quebradinho tiveram melhores resultados dos que os com seixo e ainda maiores valores de módulo de elasticidade quando o fator água cimento foi menor, ou seja, nos concretos para 40 MPa.

Na análise comparativa de custos o concreto com quebradinho foi o que teve menores valores para os concretos de 20 e 30 MPa e o com seixo para 40 MPa. Percebe-se então que quanto mais elevada é a resistência do concreto, a relevância do custo do cimento aumenta, logo o agregado que consumir menos cimento, como o seixo deste trabalho se torna mais vantajoso financeiramente.

O trabalho desenvolvido foi importante ao analisar os concretos fabricados com os agregados disponíveis em Santarém e região oeste do Pará, além do concreto feito com quebradinho um agregado graúdo muito utilizado nessa região que demonstrou formar um concreto coeso e resistente além de ter uma boa vantagem econômica em concretos de 20 e 30 MPa apesar do maior consumo de cimento.

Portanto, considerando a ausência de trabalhos anteriores similares em concretos com os agregados da região de Santarém-PA, esta pesquisa foi pioneira e serve de fundamentação tanto para escolhas técnicas e econômicas na fabricação de concretos em obras da cidade quanto para base de elaboração de futuros trabalhos.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Seguem abaixo algumas sugestões de continuidade deste trabalho:

- Realização de ensaios de abrasão hidráulica nos concretos com esses agregados para melhor análise de desempenho;
- Estudos voltados para a fabricação do concreto com quebradinho a fim de viabilizar sua utilização em usinas de concreto ou fábricas de pré-moldados;
- Avaliação da durabilidade dos concretos fabricados com quebradinho;
- Concretos de alto desempenho fabricados com agregados disponíveis em Santarém-PA;
- Concretos auto-adensáveis fabricados com agregados disponíveis em Santarém-PA;
- Comparação quanto à densidade e permeabilidades dos concretos produzidos.
- Análise das microestruturas dos concretos produzidos com esses agregados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÁMEK, J., JURÁNKOVÁ V., KUCHARCZYKOVÁ, B. – “Porous Aggregate Strength And Its Influence On Lightweight Concrete Strength”. Modern Building Materials, Structures and Techniques, 9th International Conference, Lithuania, 2007.

ALHADAS, M.F.S. “Estudo da Influência do Agregado Graúdo de Diferentes Origens Mineralógicas nas Propriedades Mecânicas do Concreto”, Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Construção Civil – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, Belo Horizonte, 2008

ANGULO, S. C., Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição e a influência de suas características no comportamento mecânico dos concretos. Tese (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Agregados - Determinação da composição granulométrica, NBR NM 248, Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios, NBR NM 45, Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa aparente, NBR NM 52, Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, NBR NM 67, Rio de Janeiro, 1998

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova , NBR 5738, Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Concreto – Ensaio de compressão em corpos-de-prova cilíndricos, NBR 5739, Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Concreto –, NBR 6118, Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Concreto - Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão, NBR 8522, Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Cimento Portland composto - Especificação, NBR 11578, Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos, NBR 11768, Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Concreto — Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos, NBR 12142, Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Concreto — Preparo, controle e recebimento, NBR 12655, Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Execução de estruturas de concreto, NBR 14931, Rio de Janeiro, 2004.

ASSUNÇÃO, J. W., Curvas de Dosagem para Concretos convencionais e Aditivados confeccionados com Materiais da região Noroeste do Paraná. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil –, UFSC, Florianópolis, 2002.

BARBOZA, M.R.; BASTOS, P.S.S. “Traços de concreto para obras de pequeno porte”, Revista Concreto & Construções, n. 52, pp. 32-26, Out. 2008.

BERNARDO, F. Tutikian, HELENE Paulo, “Concreto: Ciência e Tecnologia”, 1 ed., capítulo 12, São Paulo, Ibracon, 2011.

BRESCOVIT, A. S.; KIRCHHEN, A. P.; ROHDEN, A. B. “Efeito do teor de agregado graúdo na resistência à tração do Concreto de Alto Desempenho (CAD)”, Salão de Iniciação Científica, UFRGS, Porto Alegre, RS, 2011; <http://hdl.handle.net/10183/48704>

CARRIJO, P. M., Análise da Influência da massa específica de Agregados graúdos Provenientes de Resíduos de Construção e Demolição no Desempenho Mecânico do Concreto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CURCIC, T. C., DESPOTOVIC. I., RISTIC. N, “Influence of Crushed Stone Aggregate Type on Concrete Consistency”, Architecture and Civil Engineering, vol. 8, No 1, 2010, pp. 99 – 109.

FUSCO, P. B., Tecnologia do Concreto Estrutural: tópicos aplicados. 2. Ed., São Paulo, Pini, 2012.

MENDES, S. E. S., Estudo Experimental de Concreto de Alto Desempenho Utilizando Agregados Graúdos Disponíveis na Região Metropolitana de Curitiba. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil –, UFPR, Curitiba, 2002.

METHA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. Concreto – Microestrutura, Propriedades e Materiais. Ed. PINI. São Paulo, 2008.

MUHIT, I. B., HAQUE S., ALAM R., “Influence of Crushed Coarse Aggregates on Properties of Concrete.” American Journal of Civil Engineering and Architecture 1, no. 5 103-106, 2013.

NEVILLE, A. M., BROOKS, J. J., Tecnologia do Concreto – tradução: Rui Alberto Cremonini – 2. Ed., Porto Alegre, Bookman, 2013.

NETO, C.S., “Agregados para concreto”, Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações”- Cap. 11. In: Isaia, G. C (Ed.), IBRACON, 2005, São Paulo

NIELSEN L. F., THRANE L.N., GEIKER, M.R., BRANDL M. - On the effect of coarse aggregate fraction and shape on the rheological properties of self-compacting concrete. Cement, Concrete and Aggregates 2002; 24:3-6.

NUNES, F.W.G., “Resistência e Módulo de Elasticidade de Concretos Usados no Rio de Janeiro” – Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação de Engenharia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2005.

PATEL, P. J., PATEL, M. A., PATEL, H. S. – “Effect of Coarse Aggregate Characteristics on Strength Properties of High Performance Concrete Using Mineral and Chemical Admixtures”. International Journal of Civil Engineering and Technology 2013; 89-95.

POMPEU NETO, B. B., Efeitos do tipo, tamanho e teor de agregado graúdo na Resistência e Energia de Fratura do Concreto. Tese de D. Sc., UNICAMP/CAMPINAS, São Paulo, SP, Brasil, 2004

RAO, G.A., PRASAD R.B. – “Influence of the roughness of aggregate surface on the interface bond strength”. Cement and Concrete Research 2002; 32: 253-257.

ROHDEN, A. B. Efeito da resistência e da dimensão máxima característica do agregado graúdo nas propriedades mecânicas do concreto de alto desempenho. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2011.

SOUZA, P. S. Verificação da influência do uso de metacaulim de alta reatividade nas propriedades mecânicas do concreto de alta resistência. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

ANEXOS

Anexo 1 – TRAÇOS CALCULADOS PARA A BRITA

ABCP-20	
a/c:	0,74
Abatimento: 80 + 20	mm
Dmax:	19 mm
Cágua:	200 m ³
Ccimento:	270,33
Cagraúdo:	1110
Camiúdo:	756,15
Teor-areia:	2,80
Teor-brita:	4,11
Traço:	1; 2,80; 4,11; 0,74
a:	48,05 %
h(%)	9,36

ABCP-30	
a/c:	0,54
Abatimento: 80 + 20	mm
Dmax:	19 mm
Cágua:	200 m ³
Ccimento:	367,39
Cagraúdo:	1110
Camiúdo:	673,80
Teor-areia:	1,83
Teor-brita:	3,02
Traço:	1; 1,83; 3,02; 0,54
a:	48,40 %
h(%)	9,30

ABCP-40	
a/c:	0,41
Abatimento: 80 + 20	mm
Dmax:	19 mm
Cágua:	200 m ³
Ccimento:	492,99
Cagraúdo:	1110
Camiúdo:	567,25
Teor-areia:	1,15
Teor-brita:	2,25
Traço:	1; 1,15; 2,25; 0,41
a:	48,85 %
h(%)	9,22

Anexo 2 – TRAÇOS CALCULADOS PARA O SEIXO

ABCP-20	
a/c:	0,74
Abatimento:	80 + 20 mm
Dmax:	19 mm
Cágua:	200 m ³
Ccimento:	270,33
Cagraúdo:	1260
Camiúdo:	614,66
Teor-areia:	2,27
Teor-seixo:	4,66
Traço:	1; 2,27; 4,66; 0,74
a:	41 %
h(%)	9,32

ABCP-30	
a/c:	0,54
Abatimento:	80 + 20 mm
Dmax:	19 mm
Cágua:	200 m ³
Ccimento:	367,39
Cagraúdo:	1260
Camiúdo:	532,31
Teor-areia:	1,45
Teor-seixo:	3,43
Traço:	1; 1,45; 3,43; 0,54
a:	41,66 %
h(%)	9,26

ABCP-40	
a/c:	0,41
Abatimento:	80 + 20 mm
Dmax:	19 mm
Cágua:	200 m ³
Ccimento:	492,99
Cagraúdo:	1260
Camiúdo:	425,76
Teor-areia:	0,86
Teor-seixo:	2,56
Traço:	1; 0,86; 2,56; 0,41
a:	42,17 %
h(%)	9,18

Anexo 3 – TRAÇOS CALCULADOS PARA O QUEBRADINHO

ABCP-20	
a/c:	0,74
Abatimento:	80 + 20 mm
Dmax:	9,5 mm
Cágua:	225 m ³
Ccimento:	304,12
Cagraúdo:	1068,75
Camiúdo:	703,30
Teor-areia:	2,31
Teor-quebra	3,51
Traço:	1; 2,31; 3,51; 0,74
a:	49 %
h(%)	10,84

ABCP-30	
a/c:	0,54
Abatimento:	80 + 20 mm
Dmax:	9,5 mm
Cágua:	225 m ³
Ccimento:	413,32
Cagraúdo:	1068,75
Camiúdo:	610,66
Teor-areia:	1,48
Teor-quebra	2,59
Traço:	1; 1,48; 2,59; 0,54
a:	48,93 %
h(%)	10,75

ABCP-40	
a/c:	0,41
Abatimento:	80 + 20 mm
Dmax:	9,5 mm
Cágua:	225 m ³
Ccimento:	554,61
Cagraúdo:	1068,75
Camiúdo:	490,79
Teor-areia:	0,88
Teor-quebrad	1,93
Traço:	1; 0,88; 1,93; 0,41
a:	49,45 %
h(%)	10,64

Anexo 4 – LAUDOS DE CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO FORNECIDO PELO FABRICANTE

Material: Cimento Portland Composto Resistente a Sulfatos							
Data de Fabricação: 17/07/14				Tipo: CP II-Z-32 RS			
COMPOSIÇÃO QUÍMICA							
Ensaio	Norma	Unidade	Resultado	Limites da Norma NBR 11578/1991			
Perda ao Fogo-PF	NBR NM 18	%	5,46	≤ 6,5 %			
Dióxido de Silício-SiO ₂	NBR NM 11-2	%	21,41	Não aplicável			
Óxido de Alumínio-Al ₂ O ₃	NBR NM 11-2	%	5,72	Não aplicável			
Óxido de Ferro-Fe ₂ O ₃	NBR NM 11-2	%	3,45	Não aplicável			
Óxido de Cálcio-CaO	NBR NM 11-2	%	58,11	Não aplicável			
Óxido de Magnésio-MgO	NBR NM 11-2	%	1,89	≤ 6,5 %			
Anidrido Sulfúrico-SO ₃	NBR NM 16	%	3,04	≤ 4,0 %			
Óxido de Sódio-Na ₂ O	NBR NM 17	%	0,05	Não aplicável			
Óxido de Potássio-K ₂ O	NBR NM 17	%	0,50	Não aplicável			
Resíduo Insolúvel-R.I.	NBR NM 22	%	6,35	≤ 16,0 %			
CaO Livre	NBR NM 13	%	0,87	Não aplicável			
Anidrido Carbônico - CO ₂	NBR NM 20	%	3,01	≤ 5,0 %			
COMPOSIÇÃO POTENCIAL (Bogue)			MÓDULOS QUÍMICOS				
Silicato Tricálcico-C ₃ S		-	Fator de Saturação de CaO-FSC	-			
Silicato Dicalcico-C ₂ S		-	Módulo de Silica-MS	-			
Aluminato Tricálcico-C ₃ A		9,32%	Módulo de Alumina-MA	-			
Ferro Aluminato Tetracálcico-C ₄ AF		10,50%	Sulfato de Cálcio-CaSO ₄	5,17%			
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO - MECÂNICA							
Ensaio	Norma	Unidade	Resultado	Limites da Norma NBR 11578/1991			
Finura na peneira 75 µm	NBR 11579	%	3,5	≤ 12,0 %			
Finura na peneira 45 µm	NBR 12826	%	15,8	Não aplicável			
Massa Específica Real	NBR NM 23	g/cm ³	3,03	Não aplicável			
Área Específica - Blaine	NBR NM 76	m ² /kg	415	≥ 260 m ² /Kg			
Consistência Normal	NBR NM 43	%	26,4	Não aplicável			
Tempo de Início de Pega	NBR NM 65	h:min	2:25	≥ 1h			
Tempo de Fim de Pega	NBR NM 65	h:min	3:30	≤ 10h			
Expansibilidade à Quente	NBR 11582	mm	0,0	≤ 5,0 mm			
Resistência à Compressão (MPa) - (NBR 7215/1996)							
Idade (dias)	Corpo-de-prova n ^o				Média	Desvio relativo máximo (%)	Limites da Norma NBR 11578/1991
	1	2	3	4			
1	16,366	15,976	15,586	**	16,0	2,6	Não aplicável
3	24,545	24,156	23,766	24,351	24,2	1,8	≥ 10 MPa
7	32,963	32,963	32,377	32,377	32,7	1,0	≥ 20 MPa
28	37,068	36,962	36,898	37,268	37,0	0,7	≥ 32 MPa
Observações relativas à amostra							
Área Específica - Blaine: 4.150 cm ² /g							
Equivalente alcalino em Na ₂ O (0,658xK ₂ O%+Na ₂ O%): 0,38 %							

Material: Cimento Portland Composto Resistente a Sulfatos				Tipo: CP II-Z-32 RS			
Data de Fabricação: 05/08/14							
COMPOSIÇÃO QUÍMICA							
Ensaio	Norma	Unidade	Resultado	Limites da Norma NBR 11578/1991			
Perda ao Fogo-PF	NBR NM 18	%	5,69	≤ 6,5 %			
Dióxido de Silício-SiO ₂	NBR NM 11-2	%	22,94	Não aplicável			
Óxido de Alumínio-Al ₂ O ₃	NBR NM 11-2	%	6,78	Não aplicável			
Óxido de Ferro-Fe ₂ O ₃	NBR NM 11-2	%	3,87	Não aplicável			
Óxido de Cálcio-CaO	NBR NM 11-2	%	55,09	Não aplicável			
Óxido de Magnésio-MgO	NBR NM 11-2	%	1,97	≤ 6,5 %			
Anidrido Sulfúrico-SO ₃	NBR NM 16	%	2,76	≤ 4,0 %			
Óxido de Sódio-Na ₂ O	NBR NM 17	%	0,20	Não aplicável			
Óxido de Potássio-K ₂ O	NBR NM 17	%	0,55	Não aplicável			
Resíduo Insolúvel-R.I.	NBR NM 22	%	8,45	≤ 16,0 %			
CaO Livre	NBR NM 13	%	0,56	Não aplicável			
Anidrido Carbônico - CO ₂	NBR NM 20	%	4,36	≤ 5,0 %			
COMPOSIÇÃO POTENCIAL (Bogue)			MÓDULOS QUÍMICOS				
Silicato Tricálcico-C ₃ S		-	Fator de Saturação de CaO-FSC		-		
Silicato Dicálcico-C ₂ S		-	Módulo de Sílica-MS		-		
Aluminato Tricálcico-C ₃ A		11,42%	Módulo de Alumina-MA		-		
Ferro Aluminato Tetracálcico-C ₄ AF		11,78%	Sulfato de Cálcio-CaSO ₄		4,69%		
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO - MECÂNICA							
Ensaio	Norma	Unidade	Resultado	Limites da Norma NBR 11578/1991			
Finura na peneira 75 µm	NBR 11579	%	4,3	≤ 12,0 %			
Finura na peneira 45 µm	NBR 12826	%	20,0	Não aplicável			
Massa Específica Real	NBR NM 23	g/cm ³	3,04	Não aplicável			
Área Específica - Blaine	NBR NM 76	m ² /kg	471	≥ 260 m ² /Kg			
Consistência Normal	NBR NM 43	%	27,4	Não aplicável			
Tempo de Início de Pega	NBR NM 65	h:min	2:15	≥ 1h			
Tempo de Fim de Pega	NBR NM 65	h:min	3:00	≤ 10h			
Expansibilidade à Quente	NBR 11582	mm	0,0	≤ 5,0 mm			
Resistência à Compressão (MPa) - (NBR 7215/1996)							
Idade (dias)	Corpo-de-prova n ^o				Média	Desvio relativo máximo (%)	Limites da Norma NBR 11578/1991
	1	2	3	4			
1	16,366	16,560	16,755	**	16,6	1,4	Não aplicável
3	23,377	22,792	22,403	22,597	22,8	2,5	≥ 10 MPa
7	28,247	28,442	28,637	28,831	28,5	1,2	≥ 20 MPa
28	39,870	39,477	39,281	40,066	39,7	1,1	≥ 32 MPa
Observações relativas à amostra.							
Área Específica - Blaine: 4.710 cm ² /g							
Equivalente alcalino em Na ₂ O (0,658xK ₂ O%+Na ₂ O%): 0,56 %							

**Anexo 5 – RELATÓRIOS DE ANÁLISE DA ÁGUA EXTRAÍDA DO SUBSOLO
UTILIZADA PARA FABRICAÇÃO DE CONCRETOS EM SANTARÉM-PA**

DATA DA COLETA: 03/07/14

HORA DA COLETA: 15h 28min

DATA DA ENTRADA NO LABORATÓRIO: 03/07/14

RESULTADOS

• ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

PARÂMETROS	UNIDADES	METODOLOGIA	AMOSTRA	V.M.P
COLIFORMES TOTAIS	NPM / 100 ml	Membrana Filtrante	Ausentes	Ausente
COLIFORMES FECAIS	NPM / 100 ml	Membrana Filtrante	Ausentes	Ausente

• ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

PARÂMETROS	UNIDADES	METODOLOGIA	AMOSTRA	V.M.P
ALCALINIDADE TOTAL	mgL ⁻¹ CaCo3	Titulometria	0,00	N.A.
AMÔNIA (COMO NH ₃)	mg L ⁻¹ NH ₃	Colorimétrico	0,00	1,5
CLORO RESIDUAL LIVRE	mg Cl/L	Colorimétrico	1,54	02 – 2,0
CONDUTIVIDADE ELETRICA	µS.cm1	Condutivímetro	118,8	N.A.
COR	mg L ⁻¹ Pt/Co	Cloroplatinado	0,00	15,0
DUREZA TOTAL	mg/CaCO3L	Titulometria	9	500
FERRO TOTAL	mg/ L ⁻¹ Fe	Ácido Tioglicólico	0,06	0,3
FLUORETO	mg/ L ⁻¹ F	Colorimetria	0,08	1,5
NITRATO	mg NO3/L	NTD	2,59	10,0
NITRITO	mg NO2/L	NTD	0,00	1,0
ODOR	-	-	N.O.	N.O.
PH A 25 °C	-	Phmetro	4,88	6,0 a 9,5
SULFATO	mg L ⁻¹ So ₄	Cloro de Bário	8,10	250,0
SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	NTU	Cone de Imhoff	<1,0	NA
SÓLIDOS TOTAIS	mg/ L	Condutivímetro	80,2	1.000,0
TURBIDEZ	UT	Nefelométrico	0,14	5

u.f.c. Unidade formadora de colônia por mililitro. V.M.P. – Valor Máximo Permitido pela Legislação.

N.O. – Não objetável

NMP – Número mais provável em 100 mililitros UH – Unidade de escala de Hazen (de platina-cobalto)

N.A. – Não padronizado

NOTA: 1-Os métodos de análises foram realizados conforme especificados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPFC, 22ª edição.

2-O PH ácido é característico das águas subterrâneas da região.

CONCLUSÃO

Utilizando metodologias apropriadas e analisando os resultados obtidos dos parâmetros bacteriológicos e físico-químicos em questão, verifica-se que a amostra satisfaz os valores máximos permitidos, para potabilidade pela Portaria nº 2914 de 12/12/2011 da ANVISA/ MS.

**Anexo 5 – RELATÓRIOS DE ANÁLISE DA ÁGUA EXTRAÍDA DO SUBSOLO
UTILIZADA PARA FABRICAÇÃO DE CONCRETOS EM SANTARÉM-PA**

RESPONSÁVEL PELA COLETA: O Laboratório

DATA DA COLETA: 03/07/14

HORA DA COLETA: 15h 30min

DATA DA ENTRADA NO LABORATÓRIO: 03/07/14

RESULTADOS

• ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

PARÂMETROS	UNIDADES	METODOLOGIA	AMOSTRA	V.M.P
COLIFORMES TOTAIS	NPM / 100 ml	Membrana Filtrante	Ausentes	Ausente
COLIFORMES FECAIS	NPM / 100 ml	Membrana Filtrante	Ausentes	Ausente

• ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

PARÂMETROS	UNIDADES	METODOLOGIA	AMOSTRA	V.M.P
ALCALINIDADE TOTAL	mgL ⁻¹ CaCo3	Titulometria	0,00	N.A.
AMÔNIA (COMO NH ₃)	mg L ⁻¹ NH ₃	Colorimetrico	0,00	1,5
CLORO RESIDUAL LIVRE	mg Cl/L	Colorimetrico	0,56	02 – 2,0
CONDUTIVIDADE ELETRICA	µS.cm1	Conduvívmetro	45,3	N.A.
COR	mg L ⁻¹ Pt/Co	Cloroplatinado	0,00	15,0
DUREZA TOTAL	mg/CaCO3L	Titulometria	12	500
FERRO TOTAL	mg/ L ⁻¹ Fe	Ácido Tioglicólico	0,00	0,3
FLUORETO	mg/ L ⁻¹ F	Colorimetria	0,10	1,5
NITRATO	mg NO3/L	NTD	1,69	10,0
NITRITO	mg NO2/L	NTD	0,00	1,0
ODOR	-	-	N.O.	N.O.
PH A 25 °C	-	Phmetro	5,51	6,0 a 9,5
SULFATO	mg L ⁻¹ So ₄	Cloro de Bário	4,58	250,0
SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	NTU	Cone de Imhoff	<1,0	NA
SÓLIDOS TOTAIS	mg/ L	Conduvívmetro	30,6	1.000,0
TURBIDEZ	UT	Nefelométrico	0,42	5

u.f.c. Unidade formadora de colônia por mililitro. V.M.P. – Valor Máximo Permitido pela Legislação.

N.O. – Não objetável

NMP – Número mais provável em 100 mililitros UH – Unidade de escala de Hazen (de platina-cobalto)

N.A. – Não padronizado

NOTA: 1-Os métodos de análises foram realizados conforme especificados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPFC, 22ª edição.

2-O PH ácido é característico das águas subterrâneas da região.

CONCLUSÃO

Utilizando metodologias apropriadas e analisando os resultados obtidos dos parâmetros bacteriológicos e físico-químicos em questão, verifica-se que a amostra satisfaz os valores máximos permitidos, para potabilidade pela Portaria nº 2914 de 12/12/2011 da ANVISA/ MS.

RESPONSÁVEL PELA COLETA: O Laboratório

DATA DA COLETA: 03/07/14

HORA DA COLETA: 15h 28min

DATA DA ENTRADA NO LABORATÓRIO: 03/07/14

RESULTADOS

• ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

PARÂMETROS	UNIDADES	METODOLOGIA	AMOSTRA	V.M.P
COLIFORMES TOTAIS	NPM / 100 ml	Membrana Filtrante	Ausentes	Ausente
COLIFORMES FECAIS	NPM / 100 ml	Membrana Filtrante	Ausentes	Ausente

• ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

PARÂMETROS	UNIDADES	METODOLOGIA	AMOSTRA	V.M.P
ALCALINIDADE TOTAL	mgL ⁻¹ CaCo3	Titulometria	0,00	N.A.
AMÔNIA (COMO NH ₃)	mg L ⁻¹ NH ₃	Colorimétrico	0,00	1,5
CLORO RESIDUAL LIVRE	mg Cl/L	Colorimétrico	1,54	02 - 2,0
CONDUTIVIDADE ELETRICA	µS.cm1	Condutivímetro	118,8	N.A.
COR	mg L ⁻¹ Pt/Co	Cloroplatinado	0,00	15,0
DUREZA TOTAL	mg/CaCO3L	Titulometria	9	500
FERRO TOTAL	mg/ L ⁻¹ Fe	Ácido Tioglicólico	0,06	0,3
FLUORETO	mg/ L ⁻¹ F	Colorimetria	0,08	1,5
NITRATO	mg NO3/L	NTD	2,59	10,0
NITRITO	mg NO2/L	NTD	0,00	1,0
ODOR	-	-	N.O.	N.O.
PH A 25 °C	-	Phmetro	4,88	6,0 a 9,5
SULFATO	mg L ⁻¹ So ₄	Cloreto de Bário	8,10	250,0
SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	NTU	Cone de Imhoff	<1,0	NA
SÓLIDOS TOTAIS	mg/ L	Condutivímetro	80,2	1.000,0
TURBIDEZ	UT	Nefelométrico	0,14	5

u.f.c. Unidade formadora de colônia por mililitro. V.M.P. – Valor Máximo Permitido pela Legislação.

N.O. – Não objetável

NMP – Número mais provável em 100 mililitros UH – Unidade de escala de Hazen (de platina-cobalto)

N.A. – Não padronizado

NOTA: 1-Os métodos de análises foram realizados conforme especificados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPFC, 22ª edição.

2-O PH ácido é característico das águas subterrâneas da região.

CONCLUSÃO

Utilizando metodologias apropriadas e analisando os resultados obtidos dos parâmetros bacteriológicos e físico-químicos em questão, verifica-se que a amostra satisfaz os valores máximos permitidos, para potabilidade pela Portaria nº 2914 de 12/12/2011 da ANVISA/ MS.

Anexo 6 – FICHA TÉCNICA DO ADITIVO UTILIZADO NA PESQUISA

Aditivo plastificante de pega normal com alto poder de redução de água para concreto.

Descrição do Produto	<p>Sikament[®] PF 171 é um aditivo líquido de pega normal, com uma ampla faixa de dosagem, permitindo trabalhar com diversos tipos de concreto.</p> <p>Atende aos requisitos da norma ABNT NBR 11.768/ 2011 nos tipos:</p> <ul style="list-style-type: none">■ ABNT NBR 11.768/ 2011 tipo PN, DR 0,30 à 0,55%;■ ABNT NBR 11.768/ 2011 tipo SP-I R, DR 0,60 à 1,00%.
Usos	<p>O uso de Sikament[®] PF 171 é recomendado para todos os tipos de concreto quando se pretende maior plasticidade ou redução de água de amassamento.</p> <p>É normalmente utilizado nos seguintes serviços:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Concreto em locais com clima quente;■ Concretos bombeados;■ Concretos aparentes;■ Concretos dosados em central;■ Concreto massa;■ Concreto protendido;■ Pavimentos de concreto.
Características/ Vantagens	<ul style="list-style-type: none">■ Proporciona ao concreto alta plasticidade ou excelentes reduções de água;■ Permite a racionalização da produção nas usinas de concreto, fabricando diversos tipos de concreto com apenas um aditivo;■ Maior durabilidade do concreto;■ Melhora o acabamento superficial e a impermeabilidade do concreto;■ Melhora as resistências mecânicas finais à compressão e a uniformidade do concreto;■ Não contém adição de cloretos;■ Atua como plastificante ou superplastificante, dependendo da dosagem;■ Facilidade no bombeamento do concreto.
Dados do Produto	
Forma/ aspecto	Líquido
Cor	Marrom
Embalagem	Tambor de 200 Litros, Granel e Container de 1000 l;
Estocagem	
Condições de estocagem / Validade	12 meses a partir da data de produção se estocado apropriadamente, nas embalagens originais e intactas, em temperaturas entre +5°C e +35°C. Protegido da luz direta do sol e do gelo.
Dados Técnicos	
Composição básica	Sais sulfonados e carboidratos em meio aquoso.
Densidade	1,21 ± 0,02 kg/ litro
pH	6,0 ± 1,0

Informação do Sistema

Detalhes da Aplicação	Sikament [®] PF 171 deve ser adicionado junto com a água de amassamento ou após a homogeneização dos materiais com a água. Nunca deve ser adicionado o Sikament [®] PF 171 com os componentes secos do concreto (cimento e agregado).
Influência da temperatura	Em temperaturas entre +5°C e +35°C, o produto não sofrerá nenhuma alteração físico-química a ponto de alterar o desempenho do produto.
Consumo / Dosagem	Dosagem recomendada: Como plastificante de pega normal (PN), segundo a ABNT NBR 11.768/ 2011: 0,30 à 0,55% sobre o peso de aglomerantes (cimento e adições, se houver); Como superplastificante retardador Tipo I (SP-I R), segundo a ABNT NBR 11.768/ 2011: 0,60 à 1,00% sobre o peso de aglomerantes (cimento e adições, se houver). A dosagem ótima deverá ser determinada através de ensaios experimentais com o traço e os materiais da obra, podendo a mesma está fora das faixas indicativas acima.
Efeitos em caso de superdosagem	Em casos de superdosagem o concreto poderá ter: forte exsudação, segregação e retardo excessivo, podendo levar ao não endurecimento do concreto ou a perda de resistência do mesmo.
Compatibilidade	Este aditivo é compatível com outros aditivos da linha Sika, para tanto, sugere-se entrar em contato com o Departamento Técnico Sika Brasil.
Armazenamento a granel e limpeza dos tanques	Para este tipo de estocagem, seguir as recomendações da Sika no documento técnico: "Instruções de armazenamento a granel e limpeza dos tanques de aditivos e adições Sika". Este pode ser encontrado no site da Sika ou solicitado ao Departamento Técnico Sika Brasil.
Base dos Valores	Todos os dados técnicos aqui contidos são baseados em testes de laboratórios. Medidas de valores em condições reais podem variar devido a condições fora de nosso controle.
Informações de Segurança e Ecologia	Para maiores informações sobre manuseio, estocagem e disposição dos resíduos consulte a versão mais recente de nossa Ficha de Segurança do Material que contém os dados disponíveis, das propriedades físicas, de ecologia, de toxicidade, e outros dados de segurança pertinentes.
Nota Legal	As informações e em particular as recomendações relacionadas com a aplicação e utilização final dos produtos Sika, são fornecidas de boa fé e baseadas no conhecimento e experiência dos produtos sempre que devidamente armazenados, manuseados e aplicados em condições normais. Na prática, as diferenças no estado do material, das superfícies, e das condições de aplicação no campo, são de tal forma imprevisíveis que nenhuma garantia a respeito da comercialização ou aptidão para um determinado fim em particular, nem qualquer responsabilidade decorrente de qualquer relacionamento legal, poderão ser inferidas desta informação, ou de quaisquer recomendações por escrito, ou de qualquer outra recomendação dada. Os direitos de propriedade de terceiros deverão ser observados. Todas as encomendas aceitas estão sujeitas às nossas condições de venda e de entrega vigentes. Os usuários deverão sempre consultar as versões mais recentes das fichas técnicas dos respectivos produtos, que serão entregues sempre que solicitadas.