

ANÁLISE DA VIABILIDADE DO CONCRETO PRODUZIDO COM BRITA CALCÁRIA, ESTADO DA ARTE.

Romário Viriato de Lima¹, Francisco Alves da Silva Júnior²

¹ Graduando do Curso Bacharelado em Ciência e Tecnologia, UFERSA, Mossoró – Rio Grande do Norte.

E-mail: romarioviriato@outlook.com

² Professor Doutor, UFERSA, Mossoró – Rio Grande do Norte. E-mail: juniorparau@ufersa.edu.br

Resumo: O Rio Grande do Norte apresenta grande reserva de calcário de boa qualidade, com isso há instalação da indústria cimentícia na região para explorar esse recurso, mas parte do calcário não é propício para fabricação de cimento, ficando ocioso. Estudos já revelaram que esse material como pedra britada pode adquirir características para brita comercial, assim uma alternativa para esse material descartado é a utilização como brita para produção de concretos. Os recentes estudos apontam que concretos com brita calcária necessitam de maiores relações água/cimento e uso de aditivos plastificantes para obter trabalhabilidades adequadas. Desta forma esse trabalho de caráter bibliográfico busca entender as propriedades desse concreto com brita calcária, como também características e formas de beneficiamento desse agregado e a influência de aditivos no traço desse tipo de concreto.

Palavras-chave: Brita calcária; concreto; trabalhabilidade; aditivo.

1 INTRODUÇÃO

O concreto é o material construtivo mais utilizado no mundo, estima-se que são consumidas cerca de 11 bilhões de toneladas deste anualmente [1]. Essa grande demanda por concreto é devido a sua enorme versatilidade frente aos demais materiais de construção, que permite a moldagem, com certa facilidade, das mais variadas formas arquitetônicas.

Os agregados graúdos constituem um componente importante no concreto, pois contribuem com cerca de 80% do peso do composto e 20% do custo [2]. Atualmente a brita é o composto mais utilizado para essa finalidade, normalmente os tipos de britas mais utilizadas para produção de concreto são as de origens graníticas e calcárias, sendo que as primeiras apresentam maior demanda no comércio para tal fim. Esse fato se dá pela falta de conhecimento das propriedades da brita calcária, aliado a algumas características menos favoráveis da rocha calcária quando comparada a granítica. Por outro lado, a brita granítica chega a custar o dobro do preço da calcária no comércio [3].

O Rio Grande do Norte é apontado como o estado que contém a maior reserva de calcário de boa qualidade do Brasil, regiões como Mato Grande, Mossoró, Vale do Açu e Chapada do Apodi tem aflorando mais de 20 mil quilômetros quadrados dessa rocha [4], que serve de matéria-prima para vários segmentos da indústria, principalmente para a fabricação de cimento. Com isso fábricas da indústria cimentícia são atraídas e se instalam na região para explorar esse recurso mineral, porém nem todo calcário disponível é propício para fabricação de cimento, sendo classificado como reserva de segundo plano. Essa fração de calcário de segundo plano pode adquirir características de brita comercial, o que viabiliza sua utilização em concretos, desse material é conhecido sua alta absorção de água, elevada presença de material pulverulento e baixa resistência quando se compara com a granítica [3].

A construção civil é um dos maiores consumidores de matérias-primas naturais, Santo *et al.* [5] afirma que a mesma utiliza entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade. Logo, discutir a viabilidade do uso da brita calcária é fundamental, pois a pedra a ser britada é um recurso natural finito e não-renovável e diversificar a fonte de matéria prima contribui com a problemática que enfrentamos, a redução dos recursos naturais. Aliado a isso, impulsionar o uso do calcário como pedra britada no Estado do Rio Grande do Norte e estados vizinhos é uma forma de agregar valor e encontrar um uso mais nobre para esse recurso natural.

Objetivamos neste trabalho realizar um estudo bibliográfico sobre a viabilidade do concreto produzido utilizando a brita calcária como agregado graúdo, para tanto será avaliado as características, métodos de beneficiamento e as propriedades do concreto produzido com esse tipo de agregado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCRETO

O concreto pode ser definido como o material resultante da mistura, em determinadas proporções de um meio aglomerante (geralmente usa-se o cimento Portland) com agregado miúdo (areia lavada), agregado graúdo (brita), água e quando necessário acrescenta-se aditivos. A água e o cimento quando misturados desenvolvem um processo chamado de hidratação e formam uma pasta que adere as partículas dos agregados, e nas primeiras horas após o preparo é possível dar a essa mistura o formato desejado [6]. O concreto quando empregado em estado plástico endurece com o tempo, ganhando resistência paralelamente, a resistência de cálculo é obtida aos 28 dias de idade do concreto [7].

A qualidade dos materiais e suas proporcionalidades (dosagem) influem diretamente nas propriedades do concreto, tanto em seu estado fresco como no estado endurecido [3]. Entende-se por dosagem a melhor proporção entre os materiais constitutivos do concreto, termo também conhecido por traço, essa proporção pode ser expressa em massa ou em volume, sendo preferível e sempre mais rigorosa a proporção expressa em massa [8]. A dosagem é especificada na seguinte ordem de materiais: Aglomerante (cimento): Agregado miúdo: Agregado graúdo: Relação água/cimento.

2.1.1 Cimento Portland

De acordo com ABNT NBR 12655 [9] Cimento Portland consiste em um aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland junto com a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio (gesso), durante a moagem é permitido adicionar a essa mistura materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e materiais carbonáticos, tudo nos teores indicados pelas normas específicas. O clínquer é a essência do cimento, pois tem a particularidade de desenvolver uma reação química na presença de água, onde torna-se pastoso, podendo ser moldado em um primeiro momento e em seguida endurece, adquirindo elevada resistência e durabilidade [6].

As adições inseridas durante a moagem permitem a fabricação de diversos tipos de cimento Portland disponível no mercado. O gesso tem a função de controlar a pega, geralmente a quantidade de gesso adicionada é pequena, cerca de 3%. As escórias de alto-forno possuem propriedade de um ligante hidráulico muito resistente, com isso o cimento com essa adição apresenta propriedades melhoradas como maior durabilidade e resistência final, já a adição de materiais pozolânicos junto ao clínquer resulta em cimentos que oferecem maior impermeabilidade aos concretos e argamassas, por fim os materiais carbonáticos são minerais moídos e calcinados que contribuem para tornar a mistura mais trabalhável, servindo como um lubrificante entre as partículas dos demais componentes do cimento [10].

No Brasil existem vários tipos de cimento Portland, que se diferenciam entre si devido a composição. O Quadro 1 apresenta os principais tipos oferecidos no mercado, ou seja, os mais empregados nas diversas obras de construção civil. As classes são as resistências garantida pelo fabricante aos 28 dias de idade.

Quadro 1: Principais tipos de cimento Portland no Brasil (ABCP [10]).

Tipos de cimento Portland	Sigla	Composição (% em massa)				Classe
		Clínquer + Gesso	Escória de Alto-forno	Material Pozolânico	Material Carbonático	
Comum	CP I	100	-	-	-	25;32;40
	CP I-S	99-95	-	1-5	-	25;32;40
Composto	CP II-E	94-56	6-34	-	0-10	25;32;40
	CP II-Z	94-76	-	6-14	0-10	25;32;40
	CP II-F	94-90	-	-	6-10	25;32;40
Alto forno	CP III	65-25	35-70	-	0-5	25;32;40
Pozolânico	CP IV	85-45	-	15-50	0-5	32;40

2.1.2 Agregados

Agregado é um material granular sem forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para produção de argamassas e concretos [11]. Os agregados podem ser de origem natural, aqueles que se encontram na natureza prontos para serem utilizados não requerendo qualquer forma de transformação, ou de origem artificial, onde precisam ser trabalhados através de processos industrializados para chegar a condições de uso, como é o caso da britagem a partir de matérias primas naturais [3, 6].

Os agregados também podem ser classificados conforme a sua dimensão, a ABNT NBR 7211 [11] define como graúdo aqueles cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha 75 mm e ficam retidos na peneira com

abertura de malha de 4,75 mm, e miúdo aqueles que os grãos passam pela peneira com abertura de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 μm .

Ainda podemos classificá-los em relação ao seu peso específico aparente, onde temos os leves, são exemplos dessa categoria as vermiculitas, argilas expandidas e escórias granuladas que possuem peso médio aparente de 0,3 g/cm³ a 1,0 g/cm³; os médios que são calcários, arenito, cascalho, granito, areia, basalto e escórias cujas densidades aparentes médias variam de 1,4 g/cm³ a 1,7 g/cm³; e os pesados que tem por representantes a barita, hematita e magnetita com densidade aparente variando de 2,9 g/cm³ a 3,3 g/cm³ [2].

São exemplos de agregados as areias, os cascalhos, britas, saibro, seixo rolado e pó de pedra. Silva Júnior [3] acrescenta que ainda podemos considerar os resíduos de construção e outros materiais que possam ser compatíveis granulometricamente e que não reajam com o aglomerante para prejudicar a resistência do concreto, como resíduos industriais gerados na confecção de diversos produtos, como botões e borrachas.

2.1.2.1 Brita calcária

De acordo com Quaresma [12] O termo brita é empregado para denominar fragmentos de rochas duras originários de processos de beneficiamento de blocos maiores, como a britagem e o peneiramento, extraídos de maciços rochosos como granito, gnaiss, basalto e calcário. Para o mesmo autor supracitado qualquer rocha pode ser britada e usada na construção civil, entretanto para uso em concretos e produção de peças de cimento, algumas características indesejáveis podem impedir seu uso, no Brasil cerca de 85% da brita produzida vem do granito/gnaiss, 10% do calcário/dolomito e 5% do basalto/diabásio.

No Brasil existem cerca de 600 lavras de rocha para minerações de brita, ainda se acrescenta as minas de rochas para outros fins, com destaque para as de rochas calcárias para fabricação de cimento e cal, onde a parte que não serve para esses fins é colocada no mercado como brita para a construção civil [12]. O Quadro 2 apresenta a classificação nominal das britas conforme apresentado na ABNT NBR 7225 [13], como também a classificação comercial comumente utilizadas pelas pedreiras. A brita 1 é o produto mais utilizado pela construção civil.

Quadro 2: Classificação do agregado graúdo quanto a dimensão (Hagemann [14]).

Pedra britada Numerada	NBR 7225		Comercial	
	Tamanho nominal			
	Malha da peneira (mm)			
Número	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Brita 0	4,8	12,5	4,8	9,5
Brita 1	12,5	25,0	9,5	19,0
Brita 2	25,0	50,0	19,0	38,0
Brita 3	50,0	76,0	38,0	50,0
Brita 4	76,0	100,0	50,0	76,0
OBS: Para efeito de dosagem pode-se utilizar o $d_{máx} = 25\text{ mm}$ Para mistura da brita 1 + brita 2				

O calcário trata-se de uma rocha sedimentar estratificada em camadas, provenientes da fragmentação de outras rochas, é constituída por mais de 50% de carbonato de sódio, possuem características físicas como taxa de ruptura sob compressão em torno de 160 MPa (o granito apresenta cerca de 90MPa), idem sob flexão em torno de 20 MPa, sob tração de 8 MPa, módulo de elasticidade de 74000 MPa e coeficiente de Poisson de 0,23 [2, 6]. Os calcários possuem em sua composição principal variações de dolomita, calcita e impurezas [3].

2.1.3 Aditivos

De acordo com a ABNT NBR 11768 [15] aditivos para concretos são produtos adicionados durante o processo de preparação do concreto, em quantidade de até 5% da massa de material cimentício contida no concreto, com o objetivo de modificar propriedades do concreto no estado fresco e/ou endurecido. Os aditivos químicos atuam nas propriedades do concreto e alteram as reações de hidratação do cimento, onde melhoram a trabalhabilidade, modificam a viscosidade, atuam na retenção de água, aceleram ou retardam o tempo de pega e controlam o desenvolvimento de resistências mecânicas. A efetividade de cada aditivo pode variar conforme a concentração no concreto, podendo trazer efeitos secundários que modificam as propriedades do concreto [2].

2.1.3.1 Aditivos plastificantes e superplastificantes

Aditivos plastificantes são produtos cuja função principal é reduzir a água de amassamento para uma mesma trabalhabilidade, ou seja, atribuem uma mesma trabalhabilidade ao concreto com menor fator água/cimento, além de melhorar a coesão, a homogeneidade e diminuir a retração, já os superplastificantes são aditivos conhecidos como redutores de água de alta eficiência, por serem capazes de reduzir o teor de água três a quatro vezes mais que os aditivos plastificantes, em uma dada mistura [16].

2.2 PROPRIEDADES DO CONCRETO EM ESTADO FRESCO

O concreto é considerado em estado fresco até o momento em que se tem o início da pega do aglomerante, as principais propriedades desejáveis nesse estado são consistência, plasticidade, poder de retenção de água e trabalhabilidade. Essas propriedades permitem a obtenção de uma mistura fácil de transportar, lançar e adensar, além de evitar problemas como exsudação [6].

A trabalhabilidade do concreto fresco pode ser identificada pela maior ou menor facilidade de seu emprego para atender a determinado fim. O concreto é trabalhável quando no seu estado fresco apresenta consistência e dimensões máximas dos agregados apropriados ao tipo de obra a que se destina, no que respeita as dimensões das peças, ao afastamento e à distribuição das barras das armaduras, bem como os métodos de transporte, lançamento e adensamento que serão adotados [6]. Desta forma, a trabalhabilidade não é apenas característica inerente ao próprio concreto, pois envolve considerações relativas à natureza da obra e aos métodos de execução adotados [2].

A consistência é o mais importante fator que influencia na trabalhabilidade do concreto em seu estado fresco, no Brasil o processo de determinação de consistência mais utilizado, devido a simplicidade e facilidade de execução, é o ensaio que corresponde ao abatimento do concreto no interior de um cone, chamado de abatimento de tronco de cone ou *Slump Test*, este ensaio permite ajustar a quantidade de água a ser adicionada ao concreto para obtenção de uma trabalhabilidade constante para todos os concretos [6, 9]. O ensaio deve ser realizado conforme estabelece a ABNT NBR NM 67 [17].

O abatimento para lajes e sapatas de fundação deve estar entre o valor máximo de 60 ± 10 mm (quando pouco armadas) e 70 ± 10 mm (quando muito armadas). Outros autores da literatura consideram que o abatimento para sapatas armadas ou não, pavimentos e lajes, deve estar entre um limite de 75mm e 25 mm, com acréscimo de 25 mm quando a concretagem não utilizar vibração. em geral o abatimento do concreto deve ser preferencialmente próximo dos 50 mm, não devendo exceder 100mm [3].

A segregação é entendida como a separação dos constituintes da mistura, impedindo a obtenção de um concreto com características de uniformidades razoáveis. Esse fenômeno pode ocorrer durante o transporte ou e/ou lançamento, devido a movimentos bruscos, durante o adensamento em virtude da vibração excessiva ou ação da gravidade, pois os grãos graúdos e mais pesados que os tendem a assentar no fundo das formas [2, 6].

A exsudação é uma forma particular de segregação, onde a água da mistura tende a elevar-se à superfície do concreto recentemente lançado. Em virtude da exsudação o topo de cada camada de concreto se torna excessivamente úmido, que resulta em concretos poroso e menos resistentes. Ainda pode causar enfraquecimento da aderência pasta-agregado em alguns pontos e aumento da permeabilidade [2].

2.3 PROPRIEDADES DO CONCRETO EM ESTADO ENDURECIDO

2.3.1 Resistência a compressão

Dentre as características mecânicas do concreto, destaca-se a resistência a compressão axial, pois a mesma é utilizada como parâmetro principal de dosagem e controle de qualidade dos concretos destinados a obras correntes. Fatores como a relação entre as quantidades de cimento, agregados e água, idade do concreto e permeabilidade influenciam diretamente na resistência do concreto endurecido [8].

A norma ABNT NBR 5739 [18] especifica o procedimento para o ensaio de compressão axial, que consiste em aplicar compressão mecânica por meio de uma prensa hidráulica em corpos de prova cilíndricos moldados de acordo com a ABNT NBR 5738 [19], essa norma estabelece que os corpos de prova devem ter altura igual ao dobro de seu diâmetro, geralmente 20 cm de altura e 10 cm de diâmetro.

2.3.2 Resistência a tração

A maioria dos projetos estruturais baseiam-se nas características do concreto frente a tensões de compressão, no entanto muitas estruturas são projetadas conforme a resistência à tração, assim tornando necessário entender o comportamento do concreto frente a esse tipo de carregamento. O conhecimento da resistência à tração permite estimar a carga para a qual ocorre a fissuração, assim é possível estimar a durabilidade do concreto, outras características como aderência entre o concreto e a armadura, a contribuição do concreto para resistir ao cisalhamento, à torção, à retração e a contrações de temperatura estão relacionadas com sua resistência à tração [20].

A resistência a tração do concreto geralmente é obtida através de um método indireto, que é o ensaio de tração por compressão diametral, a norma ABNT NBR 7222 [21] orienta esse ensaio, onde é aplicada tensão de compressão no corpo de prova cilíndrico (similar o usado no ensaio de compressão axial) simultaneamente, por duas forças mecanizadas iguais e de sentidos opostos. Desse modo, o corpo de prova fratura devido à tração desenvolvida em planos diametralmente opostos, sendo este o valor crítico.

3. METODOLOGIA

O vigente trabalho se denomina como estado da arte. Pesquisas com essa metodologia, de caráter bibliográfico, vem se intensificando ao longo dos últimos anos, elas trazem o desafio de mapear e discutir produções acadêmicas em diferentes campos do conhecimento [22]. A literatura utilizada foi pesquisada em sites de publicação de artigos e trabalhos científicos, sendo estes: Repositório da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN e o acervo virtual da Biblioteca Orlando Teixeira – UFERSA (via SIGAA – Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas). O termo pesquisado foi “concreto com brita calcária”, sendo encontrado um trabalho na primeira fonte de pesquisa, que se tratava de uma tese de doutorado desenvolvida por um professor da UFERSA, e dez trabalhos na segunda, todos monografias desenvolvidas por alunos da UFERSA. Desses últimos foi descartado dois trabalhos, por não atender os requisitos da pesquisa.

4 ESTADO DA ARTE – CONCRETO COM BRITA CALCÁRIA

4.1 CARACTERÍSTICAS DA BRITA CALCÁRIA

Para serem usados em concretos de cimento Portland, os agregados graúdos precisam atender alguns índices de qualidade, e a norma ABNT NBR 7211 [11] especifica esses parâmetros que devem ser satisfeitos. Na literatura consultada, os autores Silva Júnior [3], Moraes [23], Paiva Filho [24] e Abreu [25] realizaram os ensaios exigidos por essa norma, tendo como amostra o agregado grão classificado como brita calcária N° 1, classificação comercial, com dimensões entre 9,5 e 19 mm.

4.1.1 Análise granulométrica

O ensaio de granulometria permite conhecer a distribuição granulométrica do agregado e representá-la através de uma curva, denominada curva granulométrica, e ainda determinar o módulo de finura do agregado. O procedimento para o ensaio de granulometria é imposto pela norma ABNT NBR NM 248 [26], que consiste em passar uma amostra por um conjunto sucessivo de peneiras com aberturas conhecidas, para obter a porcentagem da massa retida e da passante, e com esses dados ser elaborada a curva granulométrica.

Silva Júnior [3], Moraes [23] e Paiva Filho [24] realizaram este tipo de ensaio para a brita calcária, com valores limites para a brita tipo 1, o Quadro 3 ilustra os resultados, onde os limites inferior e superior são com base na ABNT NBR 7211 [11].

Quadro 3: Porcentagem retida acumulada (Autoria própria).

Porcentagem retida acumulada					
Peneira (mm)	Silva Júnior [3]	Moraes [23]	Paiva Filho [24]	Limite inferior	Limite superior
25	0,00%	0,00%	0,00%	0,00 %	5,00 %
19	1,13%	0,00%	0,44%	2,00 %	15,00 %
11,2	61,91%	54,81%	57,85%	40,00 %	65,00 %
9,5	74,84%	69,23%	78,69%	80,00* %	100,00 %
6,3	88,39%	93,06%	99,03%	92,00 %	100,00 %
4,75	91,15%	96,67%	99,75%	95,00 %	100,00 %

* Pode-se variar os limites em até cinco unidades percentuais em apenas um dos limites marcados. Essa variação pode também ser distribuída em vários limites.

Mediante os dados do Quadro 3, é notório que a parte dos dados de Silva Júnior [3] estão um pouco abaixo dos limites inferiores, e os de Paiva Filho [24] e Moraes [23] apenas nas peneiras de 19 mm e 9,5 mm. No entanto, a norma ABNT NBR 7211 [11] afirma que em cada zona granulométrica deve ser aceita uma variação de no máximo cinco unidades percentuais em apenas um dos limites marcados*, desta forma variando o limite inferior na peneira de 9,5 mm os dados de Paiva Filho [24] se enquadram com a norma, enquanto os de Silva Junior [3] ficam bem próximos.

Comparando os dados de cada autor, fica evidente que Paiva Filho [24] obteve melhores resultados, tendo a norma como referência. Isso pode ser explicado pelo método de beneficiamento que o mesmo aplicou, o peneiramento na peneira de 4,75 mm, que foi responsável pela redução de parte dos finos da brita. Moraes [23] optou pela lavagem da brita na peneira de 4,75 mm, esse método mostrou menos eficiente que o peneiramento, mas apresentou melhoras em algumas zonas granulométricas quando comparado com os resultados de Silva Júnior [3]. A eficiência do beneficiamento pelos dois métodos pode ser avaliada mediante a comparação das porcentagens das massas retidas acumulada na peneira 4,75 mm, onde o método de peneiramento obteve um aumento 8,6% frente ao de Silva Júnior [3] que não adotou beneficiamento em seu ensaio, já o beneficiamento por lavagem aumentou em 5,52%, a massa acumulada, frente ao mesmo ensaio.

Silva Júnior [3] afirma que cerca de 92% dos materiais finos que passam na peneira de 4,75 mm é material pulverulento, alternando muito mais a argamassa para esta brita, necessitando de maior relação água/cimento, que o mesmo traço com a brita granítica. Paiva Filho [24] obteve o módulo de finura de 1,78, enquanto Moraes [23] obteve 1,66 e Silva Júnior obteve 3,17 para o mesmo índice. Ambos autores classificaram a brita com diâmetro máximo de 19 mm.

4.1.2 Massa específica e absorção de água

A norma técnica ABNT NM 53 [27] estabelece o método de determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água dos agregados graúdos, na condição saturados superfície seca, destinados ao uso em concreto.

Segundo resultados de Silva Júnior [3], Moraes [23] e Paiva Filho [24] a brita calcária, utilizada nos seus respectivos ensaios, é considerada como agregado de densidade normal, uma vez que os três autores encontraram massas específicas do agregado seco de 2,71 g/cm³, 2,68 g/cm³ e 2,73 g/cm³, respectivamente. Estando assim entre intervalo de 2,0 g/cm³ e 3,0 g/cm³. Quanto aos resultados dos ensaios de absorção de água podemos ver na Figura 1 abaixo. Moraes [23] e Paiva Filho [24] não realizaram ensaio de absorção de água para a brita granítica.

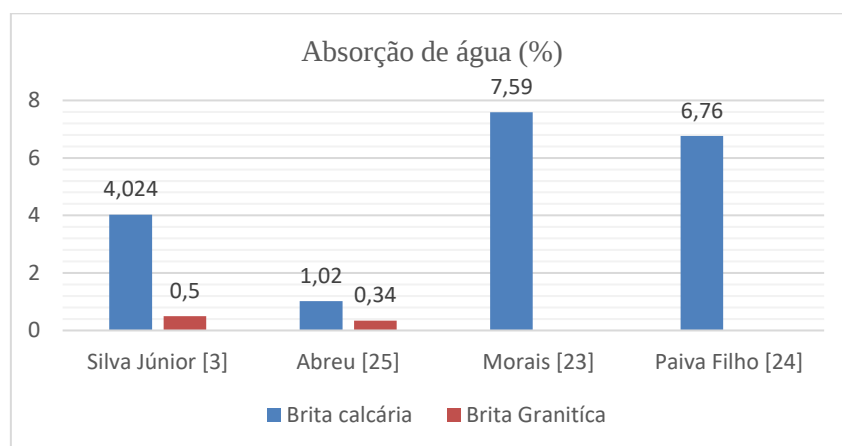


Figura 1: Absorção de água (Autoria própria).

Mediante os dados acima fica clara a alta absorção de água da brita calcária, Silva Júnior [3] constatou que a brita calcária absorve 8,05 vezes mais água que a granítica, isso implica que concretos contendo brita calcária necessitam de relações água/cimento maiores para suprir a água absorvida por esse tipo de brita, desta forma esse fator influi diretamente na preparação e consistência do traço. Esse comportamento pode ser explicado pela origem sedimentar do calcário, onde o mesmo é produto da fragmentação de outras rochas, o que contribui para uma maior porosidade e teor de partículas finas.

A elevada absorção de água da brita calcária é reforçada pelos resultados de Moraes [23] e Paiva Filho [24], no entanto Abreu [25] obteve o valor de 1,02% de absorção de água para mesma, sendo muito destoante comparado aos demais, assim é preciso ter cautela com o uso desse valor em análises.

4.1.3 Índice de forma e desgaste por abrasão “Los Angeles”

O índice de forma permite avaliar a qualidade do agregado em relação a forma dos grãos, e trata-se da média da relação entre o comprimento e a espessura dos grãos do agregado, ponderada pela quantidade de grãos de cada fração granulométrica que o compõem. A norma ABNT NBR 7809 [28] orienta o procedimento do ensaio. O desgaste por abrasão é sob as premissas da ABNT NBR 7211 [11], que afirma que o mesmo deve ser inferior a 50%, em massa, do material. O Quadro 4 apresenta os resultados da pesquisa para esses índices.

Quadro 4: Índice de forma e desgaste por abrasão (Autoria própria).

Autor	Índice de forma	Perda por abrasão (%)
Silva Júnior [3]	1,80	41,90
Abreu [25]	1,80	Não fez o ensaio
Moraes [23]	2,27	58,46*
Paiva Filho [24]	2,46	38,35

Analisando o Quadro nota-se que os resultados para os índices de forma foram satisfatórios, pois todos obedecem a recomendação normativa da ABNT NBR 7211 [11], que estabelece o limite máximo de 3. Os valores de Silva Júnior [3] e Paiva Filho [24] para perdas por abrasão estão dentro do limite da norma, logo credencia o agregado de origem calcária para uso em concretos, já os dados de Moraes [23] não satisfazem a norma, porém é preciso levar em consideração a baixa qualidade do agregado utilizado em sua pesquisa, como o mesmo afirmou em seu trabalho.

4.1.4 Massa unitária do agregado solto

A norma ABNT NBR 7251 [29] prescreve o método para determinação da massa unitária do agregado em estado solto, segundo item 3.1 dessa norma, a massa unitária do agregado trata-se do quociente entre a massa do agregado lançado em um recipiente normatizado por essa norma, pelo volume do mesmo recipiente.

Moraes [23] e Paiva Filho [24] obtiveram massas unitária de 1,26 g/cm³ e 1,36 g/cm³, respectivamente. Silva Júnior [3] 1,39g/cm³ e Abreu [25] 1,34 g/cm³, nota-se que todos os resultados dos autores estão entre os limites de 1,0 g/cm³ e 2,0 g/cm³, dessa forma o agregado é classificado como normal em todos os trabalhos.

Diante dos valores de massa unitária vemos que Moraes [23] obteve o menor valor (1,26 g/cm³) frente aos demais autores, isso pode ser explicado devido ao beneficiamento que realizou no agregado, a lavagem na peneira 4,75 mm, desta forma a lavagem diminui a quantidade de material que preenche os vazios do grão.

Silva Júnior [3] afirma que a brita calcária é mais propícia ao empolamento quando pretende-se trabalhar com volume, ao invés de traços em massa, uma vez que sua massa unitária da brita calcária chega ser 7,95% inferior à da brita granítica.

4.1.5 Teor de material pulverulento

O teor de material pulverulento é determinado conforme ensaio normatizado pela ABNT NBR 7211 [11], onde a mesma indica o limite máximo de 1% para agregados graúdos, podendo considerar até 6,5% de material pulverulento nos casos de agregados graúdos que seus finos não interfiram nas propriedades do concreto. O Quadro 5 fornece alguns resultados obtidos na pesquisa.

Quadro 5: Teor de material pulverulento (Autoria própria).

Autor	Teor de material pulverulento (%)	
	Brita calcária	Brita granítica
Silva Júnior [3]	8,16	0,38
Abreu [25]	5,02	0,29
Moraes [23]	30,00	não fez o ensaio
Paiva Filho [24]	2,72	não fez o ensaio

Paiva Filho [24] obteve o melhor resultado para esse índice, isso é explicado devido o método de beneficiamento que o mesmo aplicou na brita, que foi o peneiramento na 4,75 mm, desta forma se confirma mais uma vez a capacidade que o peneiramento tem em reduzir os finos do agregado. Já com os números de Moraes [23] é preciso ter cautela, pois o mesmo obteve um valor muito discrepante, fato esse que pode ser explicado pela baixa qualidade do agregado, como o autor mesmo relata em seu trabalho.

Os dados de Silva Júnior [3] e Abreu [25] foram obtidos a partir de agregados naturais, sem passar por processo de beneficiamento, esses dados só reforçam a necessidade do processo de beneficiamento para redução dos finos. Quando se compara com a brita granítica, é observado um aumento de 7,78% e 4,73% no teor de finos, para os resultados de Silva Júnior [3] e Abreu [25], respectivamente.

4.2 PROPRIEDADES DO CONCRETO COM BRITA CALCÁRIA

4.2.1 Trabalhabilidade

O concreto com brita calcária ainda é uma incógnita que necessita de análises mais complexas, conhecer as suas propriedades como trabalhabilidade e resistência mecânica é fundamental para qualquer tipo de aplicação. O Quadro 6 mostra resultados de abatimentos de tronco de cone (*Slump-test*) para alguns traços estudados pelos autores da bibliografia consultada. Os traços abordados são especificados conforme seus respectivos títulos denominados pelos autores, e suas proporções são expressas em massa, da seguinte forma: cimento: areia: brita calcária: relação a/c. O procedimento de ensaio adotado pelos autores foi conforme definido no item 2.2.

Quadro 6: Abatimentos - *Slump-test* (Autoria própria).

Autor	Traço		Beneficiamento	Aditivo (%)		Abatimento (mm)
	Id	Composição		Usado / Recomendado	Tipo	
Silva Júnior [3]	C1	1:2,5:3,5:0,60	Nenhum	0 / 0,2 a 0,3	Plastificante	Nenhum
	C1-01	1:2,5:3,5:0,55		2,4 / 0,2 a 0,3		25
	C1-02	1:2,5:3,5:0,55		3,0 / 0,2 a 0,3		15
	C1-03	1:2,5:3,5:0,60		3,0 / 0,2 a 0,3		75
	C1-04	1:2,5:3,5:0,65		3,0 / 0,2 a 0,3		160
	C2	1:2,5:3,5:0,65		0 / 0,2 a 0,3		25
Fonseca [30]	T	1:2,5:3,5:0,60	Nenhum	0 / 0,3 a 1	Superplastificante	Nenhum
	T5	1:2,5:3,5:0,65		10 / 0,3 a 1		30
	T6	1:2,5:3,5:0,70		10 / 0,3 a 1		120
Victor [31]	B	1:2,5:3,5:0,60	Lavagem	0 / 0,3 a 1	Plastificante	Nenhum
	B1	1:2,5:3,5:0,70		10 / 0,3 a 1		Fluído
	B3	1:2,5:3,5:0,70		1 / 0,3 a 1		35
Pereira [32]	TCP	1:2,5:3,5:0,60	Peneiramento e lavagem	10 / 0,3 a 1	Plastificante	0
	TCP-5	1:2,0:2,5:0,60		8 / 0,3 a 1		84
	TCPL	1:2,0:2,5:0,60		4 / 0,3 a 1		80
Gonzaga [33]	TR	1:2,0:2,5:0,60	Lavagem	4 / 0,3 a 55	Plastificante	80
Pinheiro [34]	TR	1:2,0:2,5:0,60	Lavagem	4 / 0,3 a 55	Plastificante	80
Paiva Filho [24]	TR	1:2,0:2,5:0,60	Peneiramento	4,5 / 0,3 a 1	Plastificante	80
	T2	1:1,5:2,0:0,60				120
	T4	1:1,5:1,5:0,60				240
	T5	1:1,0:1,5:0,60				250

Antes de qualquer análise é preciso entender os parâmetros de trabalhabilidades que os autores almejavam, sendo que Silva Júnior [3] e Victor [31] buscavam uma trabalhabilidade para pisos, em que o abatimento estivesse na faixa entre 25 e 75 mm. Fonseca [30] buscava uma trabalhabilidade adequada para uso estrutural, com abatimento entre 50 e 200 mm e Pereira [32] almejava um abatimento de 80 mm $\pm$ 10 mm. Gonzaga [33] e Pinheiro [34] não especificaram o abatimento desejado em seu trabalho. Já Paiva Filho [24] não adotou uma trabalhabilidade padrão, pois o mesmo buscava entender o comportamento do concreto frente a reduções de agregados no traço.

A partir dos resultados do Quadro acima fica evidente a dificuldade em conseguir uma boa trabalhabilidade com o uso da brita calcária em proporções habituais sem nenhum beneficiamento e/ou incrementação de algum tipo de aditivo. Silva Júnior [3] através de seu traço C1 comprovou esse problema, sendo posteriormente reforçado por Fonseca [30] e Victor [31] através de seus traços T e B, respectivamente. Nesses traços não foi possível obter uma mistura entre os materiais, devido à alta absorção de água da brita calcária que consumiu grande parte da água da mistura.

Visando corrigir esse problema de baixo abatimento, alguns autores optaram pelo uso de plastificantes e aumento da relação água/cimento. No entanto é preciso ser conservador em relação ao aumento da relação água/cimento em concretos, pois pode vir a contribuir com problemas como exsudação e perda de resistência. Já os plastificantes podem aumentar o abatimento sem variação no fator a/c, porém retardam o tempo de pega do concreto.

O uso de plastificante se mostrou promissor na melhora do abatimento, Silva Júnior [3] comprovou por meio de seu traço C1-03, onde pela primeira vez se obteve um abatimento dentro da faixa de trabalhabilidade procurada (75 mm), porém o mesmo autor supracitado usou grande porcentagem de plastificante, cerca de 10 vezes o recomendado pelo fabricante. Fonseca [30] em seus traços T5 e T6 fez o mesmo procedimento, atentando-se para o fato de o mesmo usar um aditivo diferente de Silva Júnior [3], porém só veio conseguir uma trabalhabilidade satisfatória com o aumento da relação água/cimento. Desta forma os aditivos permitem melhorar as condições de abatimentos, sendo possível trabalhar com traços contendo brita calcária com relação água/cimento entre 0,60 e 0,70, porém a necessidade de teores elevados destes podem vir a onerar o custo do concreto, sendo preciso uma análise de custo benefício.

O grande desafio de trabalhar com concreto contendo brita calcária é o alto consumo de água na mistura, e isso está atrelado a elevada presença de material pulverulento no agregado, que dificultam o processo de hidratação do concreto e consequentemente sua trabalhabilidade. Diante disso os autores Victor [31], Pereira [32], Gonzaga [33] e Paiva Filho [24] tentaram amenizar essas partículas indesejadas por meio de processos como peneiramento e lavagem do agregado. Victor [31] lavou a brita em água corrente e deixou-a secar por cerca de 7 dias ao ambiente

para posteriormente usar. O traço denominado de B, pelo mesmo autor, apesar de apresentar mistura entre os materiais devido à baixa presença de material pulverulento não apresentou abatimento. No entanto, o beneficiamento por lavagem reduziu o teor de material fino, o que é comprovado mediante o abatimento do traço B1, que com as mesmas proporções e porcentagem de aditivo que o traço T6 de Fonseca [30] apresentou abatimento fluído (180 a 250mm), ou seja, tinha mais água presente na mistura, o que viabiliza a diminuição da quantidade de plastificante. Ainda analisando o traço B3, do mesmo autor, fica notório que mesmo com uma redução de 90% de aditivo, comparado ao traço T6 de Fonseca [30], foi obtido trabalhabilidade adequada para pisos entre 25 e 75 mm.

Pereira [32] buscou encontrar um novo traço de concreto com brita calcária, para isso além de beneficiar o agregado por lavagem e/ou peneiramento, ainda estudou o comportamento do traço mediante redução de parte do agregado miúdo e adotou o fator água/cimento constante. O traço TCP-5 mostra abatimento satisfatório para a faixa fixada pelo autor, mesmo com a redução da quantidade de aditivo para 8%, isso é explicado devido ao beneficiamento no agregado somado a redução do agregado miúdo no traço, com isso se tem mais água na mistura e consequentemente maiores abatimentos. Isso ainda é reforçado pelo traço TCPL onde o agregado é peneirado e lavado na peneira 4,75 mm, que mesmo com redução de 50% de plastificante com relação ao traço anterior apresentou maior abatimento, portanto demonstrando a importância do beneficiamento. Gonzaga [33] e Pinheiro [34] através de seus traços TR reforçam os dados de Pereira [32].

Paiva Filho [24] continuou diminuindo as porcentagens de agregados miúdos e graúdos em seus traços, que estabelecendo uma relação água/cimento e quantidade de aditivo constante, observou que quanto menores as proporções de agregado na mistura, maiores eram os abatimentos. De seu traço TR para o traço de menor concentração de agregados, T5, o abatimento aumentou cerca de 215%. Apesar de resultados satisfatórios de trabalhabilidade para traços com proporções de agregados menores e redução na quantidade de plastificantes, é preciso levar em consideração que quanto menos agregado em um traço de concreto mais quantidade de aglomerante é necessário, com isso concretos elaborados desta forma podem se tornar caros, o que pode inviabilizar o uso.

Portanto, a partir dos trabalhos analisados nota-se que a trabalhabilidade é influenciada diretamente por algumas características indesejáveis da brita calcária, como alta absorção de água e elevado teor de finos, e isso faz com que seja necessário maior relação água/cimento e quantidades elevadas de aditivos plastificantes para se obter uma boa trabalhabilidade. O aumento desses dois componentes pode vir a contribuir com fenômenos indesejáveis no concreto, como o aumento do tempo de pega e exsudação. Os métodos de beneficiamento contribuem para a diminuição do fator água/cimento e porcentagem de plastificante, o peneiramento e lavagem do agregado na peneira 4,75 mm apresentou melhores resultados para trabalhabilidade.

4.2.2 Resistência a compressão axial

Os ensaios de resistência a compressão axial realizados pelos autores da bibliografia consultada foram feitos de acordo a norma ABNT NBR 5739 [18] conforme procedimento explicado no 2.3.1 deste trabalho.

A Figura 2 demonstra os valores de resistência a compressão para os traços trabalháveis encontrados pelos autores. Esses dados foram obtidos após os corpos de prova passarem 28 dias em imersão em água para cura, após o desmolde, exceto Victor [31] que rompeu seus corpos de prova após 21 dias de cura e Pereira [32] que optou em aplicar cura em ambiente interno, onde os corpos de prova foram cobertos com auxílio de plásticos.

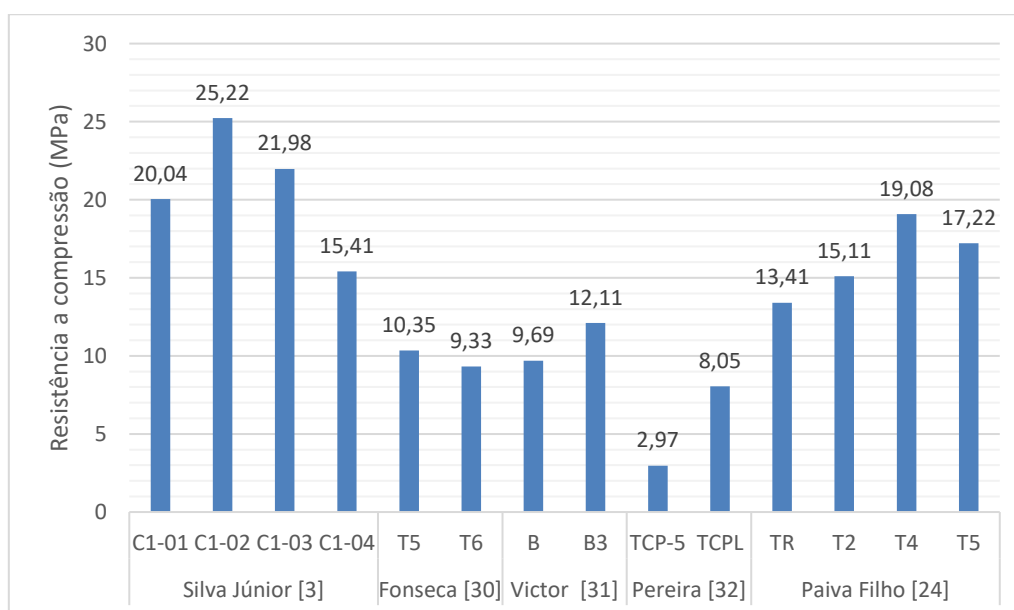


Figura 2: Resistência a compressão (Autoria própria).

A partir dos dados de Silva Júnior [3] nota-se a influência do aditivo plastificante e relação água/cimento na resistência do concreto, pois analisando os traços C1-01 e C1-02 vemos que o aumento da proporção de plastificante contribui para o ganho de resistência, Silva Júnior [3] argumenta que o aumento de plastificante permite um melhor empacotamento e consequentemente resulta em menor porosidade. Aliado a isso os traços C1-03 e C1-04 expõem a queda de resistência devido o aumento da relação água/cimento, pois quanto mais água na mistura mais poroso será o concreto e assim resultando em resistências mais baixas. Os traços de Fonseca [30] reforçam essa premissa.

O traço B3 de Victor [31] sob as mesmas condições do traço T6 de Fonseca [30], reduzindo somente a quantidade de plastificante, cerca 90%, apresentou ganho de resistência de 2,42 MPa, o que reforça a influência do plastificante na mistura, que usos em excessos resultam em resistências mais baixas. Desta forma é mais viável retirar o material pulverulento da brita para reduzir a quantidade de aditivo plastificante da mistura, contribuindo com ganho de resistência e economia no traço.

Ao analisarmos os traços TCP-5 e TCPL de Pereira [32] nota-se que o processo de beneficiamento por peneiramento e lavagem reduz em 50% a quantidade de plastificante, e com isso a resistência sofre um aumento de cerca de 270%, desta forma esse tipo de beneficiamento se mostra promissor, mais ainda é preciso avaliar o custo benefício, uma vez que esse processo gasta quantidade considerável de água, além do teor de plastificante ainda está acima do recomendado.

Paiva Filho [24] adotou a relação água/cimento e o teor de plastificante constante, desta forma buscou investigar os efeitos da redução de agregados nas propriedades do concreto, à medida que foi diminuindo a quantidade de agregados seus traços obtiveram ganho de resistência, mas todas elas se apresentaram inferiores a 20 MPa. Embora os traços de Paiva Filho [24] apresentaram bons abatimentos e resistências maiores comparados a maioria dos outros autores, é preciso ser conservador, pois a medida que se diminui a quantidade de agregados é preciso repor em massa com aglomerantes, que são produtos caros que pode inviabilizar o concreto.

4.2.3 Resistência a tração por compressão diametral

Como definido no item 2.3.2 deste trabalho, todo procedimento para realização do ensaio de tração por compressão diametral é normatizado pela ABNT NBR 7222 [21]. Na Figura 3 podemos ver os resultados deste ensaio obtido por alguns autores da bibliografia consultada, sendo que alguns não realizaram este procedimento.

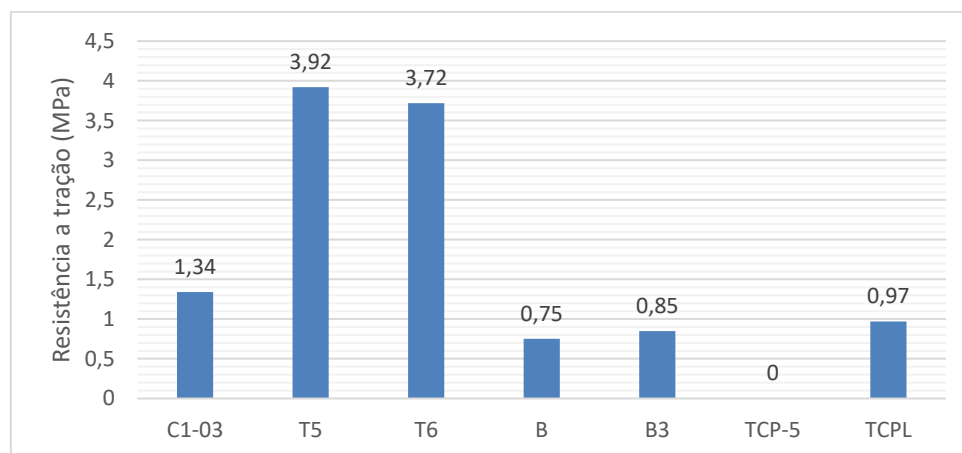


Figura 3: Resistência a tração (Autoria própria).

Fica evidente que os valores para resistência a tração por compressão diametral, são influenciados diretamente pelos mesmos fatores que os de compressão axial, fatores como presença elevada de água e teor de aditivo em excesso influem diretamente nessa propriedade. Isso pode ser comprovado mediante os resultados Victor [31] que com a redução da porcentagem de aditivo de seu traço B para B3 observou-se um aumento de resistência, cerca de 0,1 MPa. Isso é reforçado por Pereira [32] que ao reduzir em 50% a porcentagem de plastificante do traço TCP-5 para o traço TCPL conseguiu um ganho de resistência considerável, uma vez que o primeiro não resistia a esse tipo de carregamento. Os traços de Fonseca [30] realçam a influência da quantidade de água no concreto, pois ao aumentar a relação água cimento do traço T5 para o T6 notou-se perda de resistência, cerca de 0,2 MPa.

5. CONCLUSÕES

A brita calcária apresenta granulometria e índices de forma que viabiliza seu uso como agregado, aliado a isso, as amostras avaliadas neste trabalho mostraram desgastes por abrasão dentro dos parâmetros estabelecidos pela norma.

A alta absorção de água da brita calcária e elevada presença de material pulverulento faz com que concretos com esse tipo de agregado necessitem de maior relação água/cimento e uso de aditivos plastificantes para atingir trabalhabilidades adequadas. Isso resulta em concretos que necessitam de maior tempo pra pega, no estado fresco, e apresentam baixas resistências no estado endurecido.

Os métodos de beneficiamentos contribuem para redução da concentração de plastificante no traço, o peneiramento e lavagem ao mesmo tempo na peneira de 4,75 mm de abertura de malha obteve melhores resultados para trabalhabilidade.

Nenhum autor da bibliografia consultada obteve um traço indicado para o uso estrutural, conforme a ABNT NBR 6118 [35]. Mas alguns traços por apresentarem resistência superior a 15 Mpa podem ser usados em fundações de obras provisórias conforme ABNT NBR 6118 [35].

Para pesquisas futuras é preciso estudar novas técnicas de beneficiamento do agregado afim de reduzir ainda mais o teor de finos que prejudicam as propriedades do concreto, como também continuar variando as proporções de agregados na mistura e entender o comportamento do concreto frente a essa adversidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IBRACON – Instituto Brasileiro de Concreto. Disponível em < http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/revista_concreto_53.pdf. > Acesso em 25 de Julho de 2018.
- [2] BAUER, L. A. Falcão. Materiais de construção. 5 ed. revisada. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- [3] SILVA JÚNIOR, Francisco Alves da. Avaliação do efeito da adição do resíduo de borracha de pneu e brita calcária na formação de compostos cimentícios. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais. Natal, 2014.
- [4] IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. Disponível em < http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD_CHAVE=153706. > Acesso em 08 de Agosto de 2018.
- [5] Santo, J. O. et al. Resíduos da indústria da construção civil e seu processo de reciclagem para minimização dos impactos ambientais. Ciências exatas e tecnológicas. Maceió, v.1, n.1, p. 73-84, maio 2014.
- [6] ARAUJO, R.C.L.; RODRIGUES, E.D.H.; FREITAS, E.G.A. Materiais de construção. Rio de Janeiro: Editora Universiade Rural, 2000.
- [7] HERMETO BUENO, C. F. Tecnologia de materiais de construção. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. MG. 2000.
- [8] TUTIKIAN, B.; HELENE, Paulo. Dosagem dos Concretos de Cimento Portland. In: Geraldo C. Isaia. (Org.). Concreto: Ciência e Tecnologia. 1 ed. São Paulo: Ibracon, 2011, v. 1, p. 415-451.
- [9] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015. 29p.
- [10] ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Guia Básico de Utilização do Cimento Portland. 7ªed. São Paulo: ABCP, 2002. 28p.
- [11] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211 – Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009. 9p.
- [12] QUARESMA, L. F. Agregados para construção civil. Perfil de brita para construção civil. MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA Contrato Nº 48000.003155/2007-17: Desenvolvimento de estudos para elaboração do plano duodecenal (2010-20130) de geologia, mineração e transformação mineral. Bando Internacional para a reconstrução e desenvolvimento. 2009. Disponível em < www.mme.gov.br/.../P22_RT30_Perfil_de_brita_para_construxo_civil.p.. >. Acesso em 25 de julho de 2018.
- [13] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7225 – Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009. 9p.
- [14] HAGEMANN, S. E. Apostila de Materiais de Construção Básicos. Universidade Aberta do Brasil e Instituto Federal Sul-rio-grandense, 2011. Disponível em:< http://tics.ifsul.edu.br/matriz/conteudo/disciplinas/_pdf/apostila_mcb.pdf>, acesso em 26 julho 2018.
- [15] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11768 – Aditivos químicos para concreto de cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2011. 19p.
- [16] FRANZAK, Cibele Cristine Mello. Estudo comparativo entre os dois tipos de aditivos para um mesmo traço em concreto auto-adensável. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2012.
- [17] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67 – Determinação da Consistência pelo Abatimento. Rio de Janeiro, 1998.
- [18] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739 – Concreto: ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico. Rio de Janeiro, 2007. 9p.
- [19] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738 – Concreto: procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova. Rio de Janeiro, 2008. 1p.

-
- [20] Farias, L.A. et al. Ensaios de tração direta em corpos de prova de concreto. Universidade Federal de Goiás. Disponível em < <http://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20081127104112-209.pdf> > Acesso em 11 de setembro de 2018.
- [21] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222 – Argamassa e concreto – determinação da resistência a tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2008. 3p.
- [22] Ferreira, N.S.A. As pesquisas denominadas “estado da arte”. Educação & Sociedade, ano XXIII, no 79, Agosto/2002.
- [23] MORAIS, Andressa Adna Cavalcante. Análise Comparativa Da Brita Calcária, Beneficiada De Diferentes Formas, Para Utilização Em Concreto Como Agregado Graúdo. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi Árido, Mossoró, 2016.
- [24] PAIVA FILHO, Julio Cesar de. Análise Da Resistência a Compressão e Consistência de Concreto Produzido Com Brita Calcária e Aditivo Plastificante. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.
- [25] ABREU, Ana Cristina Fernandes. Análise Comparativa Dos Agregados Graúdos, Britas Calcária E Granítica, E Dos Agregados Miúdos, Resíduos De Borracha De Pneu E Areia, Para Utilização Em Concreto. 2014.67 f. TCC. (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2014.
- [26] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248 – Agregados – determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 6p.
- [27] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53 – Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2003. 6p.
- [28] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS. NBR 7809 – Agregado graúdo - Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1983. 3p.
- [29] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS. NBR 7251 – Agregado em estado solto - Determinação da unitária. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1982. 3p.
- [30] FONSECA, J. G. Uso de brita calcária em concreto. Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Mossoró/RN, 2016.
- [31] VICTOR, Sheila Grazielle da Costa. Efeito do uso da brita calcária lavada nas propriedades mecânicas do concreto. 2015. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.
- [32] PEREIRA, D. D. Avaliação da influência de plastificante na trabalhabilidade do concreto com brita calcária beneficiada para eliminar o material pulverulento. Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Mossoró/RN, 2016.
- [33] GONZAGA, Lidia Bruna Teles. Análise do comportamento do concreto utilizando brita calcária lavada, com substituição parcial do agregado miúdo por resíduos de borracha de pneu. Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Mossoró/RN, 2016.
- [34] PINHEIRO, Natan Icaro Barreto. Estudo de viabilidade do concreto utilizando brita calcária Lavada com substituição parcial do agregado miúdo por Resíduos de borracha de pneu. Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Mossoró/RN, 2016.
- [35] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2007. 221p.
-



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às quatorze horas e vinte e cinco minutos do dia dezessete de setembro de dois mil e dezoito, na sala 06 do Centro de Engenharias, Leste, UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de trabalho de conclusão de curso de autoria do aluno **ROMÁRIO VIRIATO DE LIMA**, aluno do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia desta universidade, N° de matrícula 2015010908, com o título **“ANÁLISE DA VIABILIDADE DO CONCRETO PRODUZIDO COM BRITA CALCÁRIA, ESTADO DA ARTE”**. A Banca Examinadora ficou assim constituída por três membros: Prof. Dr. FRANCISCO ALVES DA SILVA JÚNIOR, presidente da banca e orientador do Trabalho de Conclusão de Curso; Prof. FRANCISCO ROSENDO SOBRINHO e Prof. FELIPE AUGUSTO DANTAS DE OLIVEIRA, como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, tendo o aluno obtido as seguintes notas: **9,0; 9,0; 9,0**. Apuradas as notas verificou-se que o aluno foi **aprovado** com média geral **9,0**. E para constar, eu, FRANCISCO ALVES DA SILVA JÚNIOR, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Mossoró, 17 de setembro de 2018.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

Prof. Dr. FRANCISCO ALVES DA SILVA JÚNIOR – UFERSA
Presidente e orientador

Prof. FRANCISCO ROSENDO SOBRINHO – UFERSA
Primeiro Membro

Prof. FELIPE AUGUSTO DANTAS DE OLIVEIRA - UFERSA
Segundo Membro