



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Mateus Gomes Silva

A INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR
RESÍDUO DE BRITAGEM NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO

Palmas – TO

2019

Mateus Gomes Silva

A INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR
RESÍDUO DE BRITAGEM NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof. Dra. Michele Ribeiro Ramos.

Palmas – TO

2019

Mateus Gomes Silva

A INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR
RESÍDUO DE BRITAGEM NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof. Dra. Michele Ribeiro Ramos.

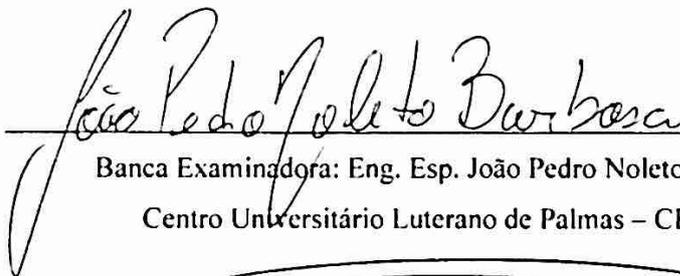
Aprovado em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA



Orientadora: Prof. Dra. Michele Ribeiro Ramos.

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Banca Examinadora: Eng. Esp. João Pedro Noletto Barbosa.

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Banca Examinadora: Prof. Me. Murilo de Pádua Marcolini.

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2019

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Esquema geral do processo de britagem	12
Figura 2 Procedimento <i>slump test</i>	18
Figura 3 Análise de Consistência	18
Figura 4 Ensaio de Tração do Concreto	21
Figura 5 Fluxograma de trabalho	27
Figura 6 - Composição Granulométrica: agregado miúdo	33
Figura 7- Granulométrica: agregado graúdo	34
Figura 8 - Composição Granulométrica: resíduo de britagem (Pedreira A).....	35
Figura 9 - Composição Granulométrica: resíduo de britagem (Pedreira B).....	36
Figura 10 Gráfico abatimento.....	38
Figura 11 Gráfico resistências	40
Figura 12 Gráfico teor de absorção de água	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Classificação de resíduos sólidos segundo NBR 10.004 (2004)	11
Quadro 2 Classificação do Estágio de Britagem segundo Figueira et al (2004)	13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Abatimento do tronco de cone recomendável para vários tipos de construção.....	22
Tabela 2 Estimativas dos teores de água e ar	23
Tabela 3 Correlação entre a/c e resistência à compressão.....	24
Tabela 4 Volume de agregado graúdo por m ³ de concreto.....	25
Tabela 5 Programa experimental.....	30
Tabela 6 - Características físicas da areia.....	32
Tabela 7 - Características físicas da brita	33
Tabela 8 - Características físicas do resíduo de britagem (Pedreira A).....	34
Tabela 9 - Características físicas do resíduo de britagem (Pedreira B).....	35
Tabela 10 Traços utilizados na pesquisa.	37
Tabela 11 Abatimento do tronco de cone segundo ABNT NBR NM 67 (1998)	37
Tabela 12 Massa específica do concreto no estado fresco e Teor de ar (NBR 9833: 2009)	38
Tabela 13 Resistências médias à compressão e à tração por compressão diametral.....	40
Tabela 14 - Análise de variância da resistência à compressão axial com diferentes concentrações de Pó de Brita (Pedreira A).	40
Tabela 15 - Análise de variância da resistência à tração por compressão diametral com diferentes concentrações de Pó de Brita (Pedreira A).	41
Tabela 16 - Análise de variância da resistência à compressão axial com diferentes concentrações de Pó de Brita (Pedreira B).	41
Tabela 17 - Análise de variância da resistência à tração por compressão diametral com diferentes concentrações de Pó de Brita (Pedreira B).	42
Tabela 18 Ensaio de absorção por imersão NBR 9778:2009	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACI	American Concrete Institute
CP	Corpo de prova
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
RB	Resíduo de Britagem
RSU	Resíduo Sólido Urbano

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	10
1.2.1 Objetivo Geral	10
1.2.2 Objetivos Específicos	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS	11
2.2 RESÍDUOS DE BRITAGEM	12
2.2.1 Processo de Britagem	12
2.3 CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND.....	13
2.3.1 Cimento Portland	14
2.3.2 Agregados	14
2.3.4 Propriedades do Concreto no Estado Fresco	17
2.3.5 Propriedades do Concreto no Estado Endurecido	19
2.3.6 Dosagem do Concreto.....	21
2.4 CONCRETO COM UTILIZAÇÃO DE AREIA ARTIFICAL.....	25
3 METODOLOGIA.....	27
3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	28
3.1.1 Cimento Portland	28
3.1.2 Agregado miúdo.....	28
3.1.3 Agregado graúdo	28
3.1.3 Resíduo de britagem.....	28
3.2 DOSAGEM E CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA	29
3.2.1 Dosagem do Concreto.....	29
3.2.2 Produção do Concreto.....	29
3.2.3 Ensaio do concreto fresco	30
3.2.4 Ensaio do concreto endurecido	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	32
4.1.1 Cimento Portland	32
4.1.2 Agregado miúdo.....	32
4.1.3 Agregado graúdo	33
4.1.4 Resíduo de britagem.....	34
4.2 DOSAGEM DOS CONCRETOS.....	36

4.2.1 Concreto no estado fresco	37
4.2.2 Concreto no estado endurecido	39
5 CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS	46

RESUMO

O presente trabalho visou avaliar a influência da substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de britagem de duas pedreiras distintas da região de Palmas - TO nas propriedades do concreto no estado fresco e endurecido. Concreto é o material de engenharia mais usado mundialmente. Sendo composto basicamente por aglomerante, agregado miúdo, agregado graúdo e água. (HELENE; ANDRADE, 2010). Em relação aos agregados, segundo a ANEPAC (2015), em 2014 o Brasil consumiu 741 milhões de toneladas de agregados. E como todo processo de fabricação, há a geração de resíduos. Consequentemente, algumas regiões já apresentam escassez de agregados naturais. Além disso, a Resolução CONAMA 307 e a Lei Federal nº 12.305/2010 dizem que todo gerador de resíduo é responsável por ele e deve possuir um PGRS (Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos). Caracterizou-se os resíduos e concretos com 4 teores de substituição foram dosados. Os teores de substituição adotados foram 25%, 50% e 100% de areia natural por resíduo de britagem. No estado fresco avaliou-se a influência da substituição no abatimento e na massa específica do concreto, estimando-se o teor de ar. Em relação ao concreto endurecido observou-se a absorção de água, resistência à compressão e resistência à tração por compressão diametral. Os resíduos apresentaram características idênticas, e se comportaram de maneira semelhante no concreto. Reduzindo abatimento, aumentando vazios e, consequentemente, perdendo resistência. O teor considerado ótimo foi o de 25% de substituição, pois apresentou o abatimento mais adequado e atingiu o f_{cj} de dosagem.

Palavras Chave: Resíduo Sólido, Meio Ambiente, Concreto

ABSTRACT

The present work aimed to evaluate the influence of partial replacement of fine aggregate by crushing residue from two different quarries of the Palmas - TO region on the properties of fresh and hardened concrete. Concrete is the most widely used engineering material in the world. Being basically composed of binder, fine aggregate, coarse aggregate and water. (HELENE; ANDRADE, 2010). Regarding aggregates, according to ANEPAC (2015), in 2014 Brazil consumed 741 million tons of aggregates. And like every manufacturing process, there is waste generation. Consequently, some regions already have a shortage of natural aggregates. In addition, CONAMA Resolution 307 and Federal Law No. 12,305 / 2010 state that every waste generator is responsible for it and must have a PGRS (Solid Waste Management Plan). The residues were characterized and 4 substitute concretes were dosed. The substitution levels adopted were 25%, 50% and 100% natural sand per crushing residue. In the fresh state, the influence of the substitution on the concrete slump and specific mass was evaluated, and the air content was estimated. Regarding hardened concrete, water absorption, compressive strength and tensile strength by diametral compression were observed. The residues had identical characteristics and behaved similarly in the concrete. Reducing rebate, increasing voids and consequently losing strength. The optimum content was 25% of substitution, as it presented the most adequate reduction and reached the dosage f_{cj} .

Keywords: Solid Waste, Environment, Concrete

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia avança e se aprimora em intervalos de tempo cada vez menores e estes avanços, nos últimos anos, têm caminhado juntamente com o desenvolvimento sustentável. Na indústria da construção civil não seria diferente, considerando que grandes saltos tecnológicos foram dados, mas ainda há uma grande preocupação no quesito sustentabilidade buscando harmonia entre custos e a preservação do meio ambiente, por se tratar de uma cadeia que ainda consome muito de recursos naturais.

Por isso, várias normas foram revisadas nos últimos anos, desde a NBR 16697 de 2018 que uniu todas as normas de especificação do cimento Portland e que incentiva diminuições nas emissões de CO até a grande conhecida dos engenheiros civis, NBR 6118 que, em 2003, passou a considerar o quesito durabilidade do dimensionamento de estruturas de concreto armado, além da Resolução nº 307 do CONAMA que trata da geração e destinação de resíduos sólidos.

No Brasil nessa última década, houve um crescimento considerável no setor da construção civil. Crescimento esse que leva ao aumento no consumo e, evidentemente, na extração de agregados naturais. Em algumas regiões, por exemplo, há dificuldade de se encontrar agregados, por conta de limitações ambientais - como descritos no Relatório Técnico de número 30 do Ministério de Minas e Energia (2009). Além disso, há situações em que se encontra dificuldade de se encontrar agregados de boa qualidade, afinal de contas, agregados naturais, principalmente a areia, possuem características heterogêneas, desde sua forma, composição mineralógica e granulométrica.

Em relação à produção de brita, também houve aumento na extração e apesar de ser um agregado natural, possui mais controle na medida em que há a necessidade de redução de seu tamanho (britagem). Portanto, se há aumento da sua produção em escala industrial, há, conseqüentemente, aumento da geração de resíduos. O resíduo de britagem, também conhecido como Pó de Brita, ou ainda, areia artificial, apresenta muita variação na forma de seus grãos, pois o tipo de britagem influencia diretamente nesse aspecto, além disso, sua composição mineralógica e outros fatores geológicos também interferem na sua forma e rugosidade (DONZA *et al*, 2002). Somado todos esses fatores o estado do Tocantins possui baixíssima utilização. Essa baixa procura faz com que esse produto possua baixo valor agregado (ainda tratado como resíduo pelas maiorias das pedreiras do estado).

Unindo, portanto, o crescimento da construção civil e a busca pelo desenvolvimento sustentável, este trabalho buscará uma alternativa para mitigar dois problemas ambientais: reduzir a extração de areia dos leitos dos rios, caracterizar o resíduo de britagem de 2 diferentes pedreiras do estado do Tocantins com o objetivo de caracterizar os tipos de resíduos que são gerados na região da cidade de Palmas – TO e ainda, reutilizar resíduos de uma atividade econômica de suma importância para o país no material de construção mais utilizado do mundo.

1.1 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência da substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de britagem (RB) nas propriedades do concreto no estado fresco e endurecido.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar o resíduo de britagem de duas produtoras de brita granítica na cidade de Palmas – TO;
- Avaliar a influência das substituições do agregado miúdo natural por RB nas propriedades mecânicas do concreto no estado fresco.
- Avaliar a influência das substituições do agregado miúdo natural por RB nas propriedades mecânicas do concreto no estado endurecido.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

A produção desenfreada de resíduos sólidos é uma consequência do crescimento populacional e a crescente mudança em seu padrão de consumo, este fator somado a falta de interesse e sensibilidade das pessoas no que tange os cuidados com o meio ambiente também influenciam para o crescimento constante da produção de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos). (VALLE et al, 2013).

A ABNT NBR 10.004 (2004) define resíduos sólidos como sendo resíduos no estado sólido e semissólido resultante de atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, serviços e varrições. Para se classificar o resíduo sólido deve-se identificar o processo ou atividade que de origem deste resíduo, seus constituintes e características, e a verificação destes constituintes com os presentes nas listagens de resíduos e substâncias com conhecido impacto à saúde e ao meio ambiente.

Quadro 1 Classificação de resíduos sólidos segundo NBR 10.004 (2004)

Classe	Classificação		
I	Perigosos		
II	Não Perigosos	A	Não Inertes
		B	Inertes

Fonte: Autor (2019)

Quando um resíduo apresenta inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, é classificado como perigoso. Já resíduos não perigosos são subdivididos em não inertes (A) e inertes (B). Os resíduos inertes são os que à temperatura ambiente não alteram os parâmetros de potabilidade da água quando em contato com ela, enquanto os não inertes, apesar serem considerados não perigosos possuem propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

A Resolução nº 307 do CONAMA de 2002, difere os resíduos em 4 classes (A, B, C e D) e estabelece o uso dos 3 Rs (redução, reutilização, e a reciclagem), tal quanto outras diretrizes de como o gerador é responsável pela destinação apropriada de seus resíduos. Os resíduos classe A são os recicláveis como agregados, os da classe B são recicláveis, para

outras destinações, os da classe C recicláveis, porém sem tecnologias economicamente viáveis e os de classe D resíduos perigosos.

2.2 RESÍDUOS DE BRITAGEM

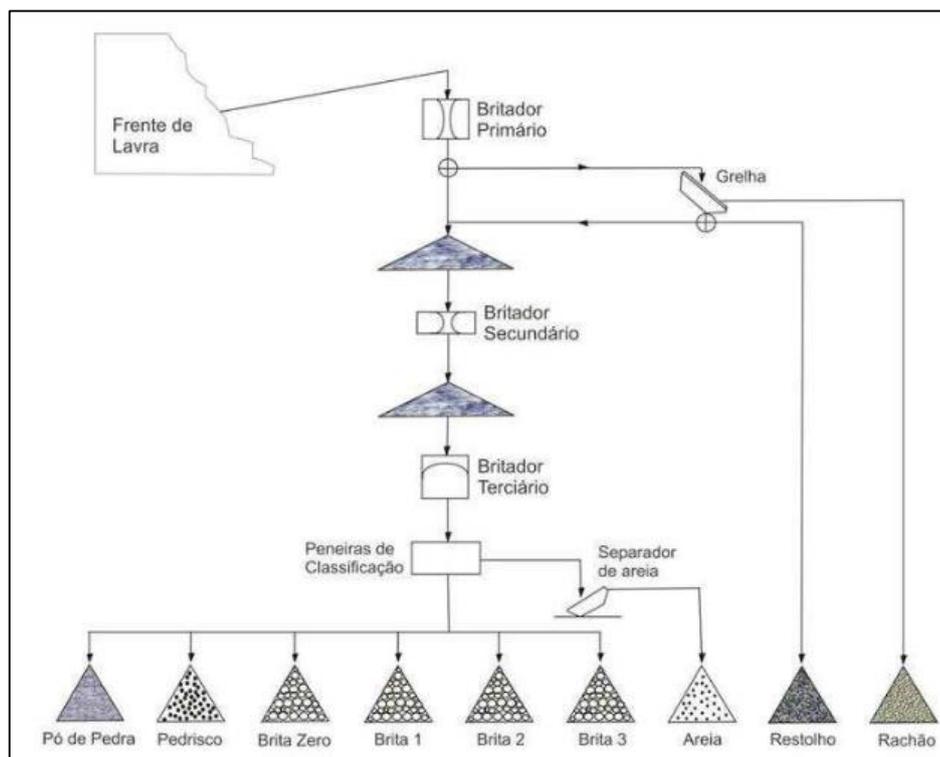
Para se compreender como é gerado o resíduo da britagem, primeiramente deve-se compreender seu processo e etapas de produção, pois a ABNT NBR 7211 (2009) define que agregados artificiais são obtidos pela ação humana através de processos industriais ou dos rejeitos destes.

2.2.1 Processo de Britagem

Os agregados naturais provenientes da britagem são obtidos pela redução de seu tamanho de origem a partir de esforços compressivos ou de impacto. Na produção de agregados para a construção civil utilizam-se britadores de mandíbulas e, principalmente, giratórios e cônicos, por apresentarem maior eficiência. (FIGUEIRA; LUZ; ALMEIDA, 2010).

A Figura 1 apresenta um diagrama esquemático do processo de britagem desde a retirada da rocha na jazida (lavra) até seu quarteamento em diferentes granulometrias.

Figura 1 Esquema geral do processo de britagem



Fonte: SEDUC – CE (200?)

Para que sejam removidos os excessos de finos provenientes destes processos é feito um processo de lavagem por um sistema formado por um tanque dotado de uma roda d'água.

Figueira et al (2004) classifica os estágios de britagem em 4: britagem primária, secundária, terciária e quaternária. Essa classificação é dada de acordo com o tamanho máximo do agregado de alimentação e de produção, como está ilustrado no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2 Classificação do Estágio de Britagem segundo Figueira et al (2004)

Estágio de Britagem	Tamanho Máximo de Alimentação (mm)	Tamanho Máximo de Produção (mm)
Britagem Primária	1000	100,0
Britagem Secundária	100	10,0
Britagem Terciária	10	1,0
Britagem Quaternária	5	0,8

Fonte: Figueira; Luz; Almeida (2019)

A britagem quaternária basicamente se trata da produção do pó de brita, estando na granulometria da areia segundo a classificação da ABNT NBR NM 248. E, justamente por possuir essa composição granulométrica, como está ilustrado na Figura 1, todo material com essa granulometria passa pelo separador de areia, que, na maioria das vezes é tratado como material residual por não se tratar da atividade primordial da indústria.

2.3 CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

Tem suas origens na antiguidade (materiais cimentícios geopoliméricos encontrados nas grandes pirâmides do Egito, por exemplo) e com o avanço da tecnologia, em 1756, o britânico John Smeaton desenvolveu um produto resistente obtido pela calcinação de calcários moles e argilosos. (BATTAGIN, 2010?)

O concreto é o material de engenharia mais usado do planeta, podendo ser encontrado em qualquer parte. Tornou-se o mais importante material estrutural de construção civil do mundo. Sendo composto basicamente por aglomerante, agregado miúdo, agregado graúdo e água, para se dosar um concreto e entender seu comportamento e aplicações, deve-se, portanto, conhecer as características de seus componentes. (HELENE; ANDRADE, 2010)

2.3.1 Cimento Portland

A ASTM C 150 define Cimento Portland como um aglomerante hidráulico produzido pela moagem do clínquer, que consiste essencialmente de silicatos de cálcio hidráulicos, usualmente com uma ou mais formas de sulfatos de cálcio como um produto de adição. A ABNT NBR 16697 (2018) especifica todos os tipos de cimento Portland e suas respectivas adições juntamente com seus teores.

As principais matérias-primas que compõem o cimento Portland são o calcário, sílica, alumina e óxido de ferro que reagem e se misturam no forno de produção de cimento. Os produtos dessas reações químicas são, principalmente, silicato tricálcio (C3S), silicato dicálcio (C2S), aluminato tricálcio (C3A) e o ferroaluminato tricálcio (C4AF), componentes do então formado clínquer. Tais compostos reagem em contato com água, por hidrólise, originando compostos hidratados. (AÏTCIN, 2000, apud LODI, 2006).

Para o presente estudo algumas propriedades do cimento são de suma importância e deverão ser determinadas:

- Massa específica: definida e determinada pela ABNT NBR NM 23 (2000), relaciona a massa e o volume absoluto do material.
- Finura do cimento: determinada pela ABNT NBR 11579 (2012) é uma propriedade que pode influenciar na relação água cimento do concreto. (TUTIKIAN & HELENE, 2011).

A massa específica do cimento tem influência direta no processo de dosagem do concreto, pois os teores de cada componente do concreto são estimados na dosagem para 1 m³ de concreto (como está descrito no item 2.3.7).

Já a finura do cimento influi na sua reação com a água. Via de regra, quanto mais fina for a partícula de cimento, mais rapidamente este irá reagir em contato com a água, ou seja, para cada tipo de cimento, a reatividade e, conseqüentemente, o ganho de resistência podem ser potencializados o quão mais fino for o cimento.

2.3.2 Agregados

Agregado é definido como material granular, de diferentes formas e volumes, geralmente inertes e com dimensões e propriedades compatíveis para utilização na construção civil. Anteriormente, acreditava-se que os agregados eram compostos inertes com função apenas de preencher vazios do concreto e contribuir em sua trabalhabilidade dependendo de sua forma, absorção e outras propriedades físicas. Porém, atualmente entende-se que pode-se haver reações químicas que influenciam diretamente a qualidade e durabilidade do concreto.

Salienta-se a importância de se conhecer os agregados que compõem o concreto haja vista que estes ocupam cerca de 75% do volume total do concreto. (NEVILLE e BROOKS, 1997)

Existem, segundo a ABNT NBR 7211 (2009), agregados naturais – aqueles encontrados na natureza (areia, seixos, rochas britadas) – e artificiais – os que são obtidos através de processos industriais ou do rejeito destes.

Quanto à granulometria os agregados são classificados em grãos e miúdos. A definição de agregado grão dada pela ABNT NBR 7211 (2009) é:

Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1.

A definição de agregado miúdo dada pela ABNT NBR 7211 (2009) é:

Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 μ m, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1.

A definição de areia dada pela ABNT NBR 9935 (2011) é:

Agregado miúdo originado através de processos naturais ou artificiais de desintegração de rochas, ou provenientes de processos industriais. É chamada de areia natural se resultante de ação de agentes da natureza, de areia artificial quando proveniente de processos industriais; de areia reciclada, quando proveniente de processos de reciclagem; e de areia de britagem quando proveniente do processo de cominuição mecânica de rocha conforme normas específicas.

Na dosagem do concreto é necessário que se faça um estudo dos agregados que serão utilizados (METHA & MONTEIRO, 1994). As propriedades que correspondem ao processo de caracterização dos agregados pertinentes para o presente estudo são:

- Composição Granulométrica: determinada pela ABNT NBR NM 248 (2003). Na determinação da composição granulométrica dos agregados obtém-se o módulo de finura, e dimensão máxima característica dos agregados. Trata-se da distribuição das partículas dos materiais granulares entre várias dimensões. A ABNT NBR 7211 (2009) apresenta os limites granulométricos e das dimensões máximas dos agregados. A principal razão para que haja esses limites é a influência da composição

granulométrica na trabalhabilidade do concreto e seu custo (materiais finos consomem mais água, materiais grossos de superfície áspera reduzem a trabalhabilidade). A dimensão máxima característica também interfere nos custos do concreto, pois um agregado de maior dimensão irá consumir menos pasta de cimento, além disso, essa característica se relaciona na construção civil na medida em que deve se respeitar o espaçamento entre as armaduras de uma estrutura de concreto. (METHA & MONTEIRO, 1994).

- Massa específica: propriedade inerente a todos os materiais que relaciona massa e volume absoluto deste. Determinada através da ABNT NBR NM 52 e NBR NM 53 (2003). É uma propriedade importante para a dosagem do concreto, pois é de suma importância se conhecer o volume ocupado pelas partículas dos agregados, considerando também os poros, ou seja, a massa específica do concreto depende dos agregados empregados. (METHA & MONTEIRO, 1994).
- Massa Unitária: propriedade inerente aos agregados que relaciona massa e o volume aparente destes. Determinada através da ABNT NBR NM 52 e NBR NM 53 (2003). Metha & Monteiro (1994) ilustra que a massa unitária surgiu porque não é possível empacotar as partículas dos agregados de forma que não haja vazios. É uma propriedade interessante para concretos fabricados *in loco*, pois, é possível se determinar um traço em volume e estipular a quantidade de padiolas necessárias para 1 saco de cimento.
- Teor de Material Pulverulento: material pulverulento é uma das chamadas substâncias nocivas (deletérias) ao concreto e tem seu teor máximo estabelecido na ABNT 7211 (2009) e é determinado pela ABNT NBR NM 46 (2001). Através de um processo de lavagem do agregado pela peneira de malha 75µm, determina-se o teor de finos, esse teor é de suma importância, pois, como dito na composição granulométrica, agregados mais finos aumentam o consumo de água, conseqüentemente, o de cimento.

Nesta pesquisa serão utilizados agregados graúdos e miúdos naturais, além da substituição pelo resíduo de britagem que é caracterizado como agregado artificial.

2.3.4 Propriedades do Concreto no Estado Fresco

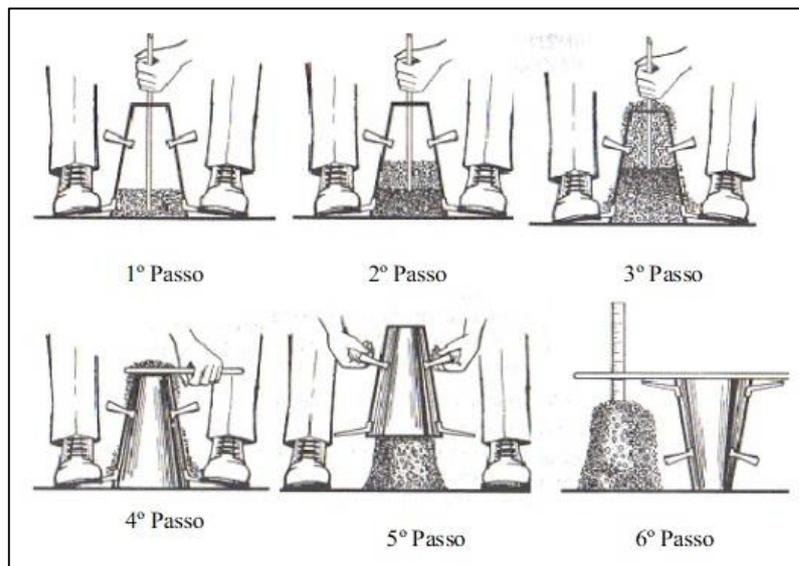
A fluidez inicial natural do concreto é uma de suas características mais importantes, pois permite que corpos resistentes sejam moldados com formas diversas, de maneira simples e custos relativamente baixos. (METHA & MONTEIRO, 1994)

Na medida em que se avançaram os estudos e processos de aplicação e controle tecnológico do concreto diferentes métodos de aplicação destes foram desenvolvidos. Tais métodos estão completamente ligados à consistência do concreto. Hoje se tem concretos injetados, bombeados, projetados e são essas características reológicas em função do tempo (trabalhabilidade) que definem quais métodos serão mais eficientes, o que afeta o desempenho final da peça moldada. (ROMANO; CARDOSO; PILEGGI, 2011).

Metha & Monteiro (1994) apontam que a trabalhabilidade do concreto fresco determina o quão facilmente este material pode ser manipulado sem que haja segregação. Um concreto com pouca trabalhabilidade, além da dificuldade de se adensar ou lançar, também terá resistência, durabilidade e aparência inadequada. Segundo eles, é uma propriedade extremamente importante e fundamentalmente ligada a uma boa dosagem do concreto. A fluidez do concreto não pode ser maior à realmente necessária para lançamento, adensamento e acabamento apropriados; o teor de água para determinada consistência está associado às características do agregado empregado e concretos que necessitam de maior fluidez devem ser dosados com aditivos superplastificantes e retardadores de pega. A trabalhabilidade envolvem mais duas características do concreto fresco: coesão e consistência. Coesão trata-se da facilidade de adensamento e de acabamento do concreto a partir de aferições visuais, quando deficiente, pode ser otimizada aumentando o teor de argamassa do concreto. A consistência, de maneira geral, trata-se da medida da umidade do concreto.

Existem vários ensaios de consistência do concreto, eles servem como uma aproximação da medida efetiva da trabalhabilidade e seus processos envolvem aplicação de uma determinada força e a verificação da deformação consequente desta força. (PETRUCCI, 1998).

O ensaio mais comum no Brasil é o abatimento do tronco de cone (*slump test*): normatizado pela ABNT NBR NM 67 (1998). Este ensaio consiste em preencher um tronco de cone com concreto, com dimensões estabelecidas por norma, em 3 camadas e entre cada camada são aplicados 25 golpes com uma haste metálica também normatizada. E por último retira-se o tronco de cone e observa-se como o concreto se comportou, seu abatimento é medido com uma régua graduada.

Figura 2 Procedimento *slump test*

Fonte: < <http://www.clubedoconcreto.com.br>, 2016> (acesso em abril, 2019)

Não somente o quanto o concreto “desceu” é analisado, mas também é feita uma análise visual. Por esse ensaio é possível analisar se o concreto está devidamente argamassado, por exemplo.

Figura 3 Análise de Consistência



Fonte: < <http://www.clubedoconcreto.com.br>, 2016> (acesso em abril, 2019)

Nota-se, portanto, a importância desse ensaio, pois ele indicará se o concreto possui trabalhabilidade adequada para as condições de concretagem exigidas no projeto, mas

também indicará se a consistência (teor de argamassa) está apropriada para um adensamento adequado.

No estado fresco do concreto é possível também aferir sua massa específica e determinar o teor de ar aprisionado ou incorporado. A ABNT NBR 9833 (2009) determina essas propriedades através do método gravimétrico. Ela define a massa específica do concreto no estado fresco como sendo a massa por unidade de volume adensado de acordo com a norma, levando em consideração o volume de ar aprisionado ou incorporado. A norma também define teor de ar como sendo “Volume de ar aprisionado ou incorporado ao concreto, expresso em porcentagem do volume total de concreto fresco adensado”.

O ensaio consiste em preencher um recipiente de 3dm³ ou 15dm³ com duas e quatro camadas, respectivamente para adensamento manual. Existe também a opção de adensamento vibratório, os volumes dos recipientes podem ser também de 30dm³ ou 90dm³, com duas e quatro camadas, respectivamente. Em seguida, afere-se o peso do recipiente cheio de concreto, toma-se a tara do recipiente e divide-se pelo volume e se obtém a massa específica do concreto fresco γ_{cf} em kg/dm³ (considerando os vazios).

O teor de ar é calculado em porcentagem pela expressão:

$$\text{Teor de ar (\%)} = \left(1 - \frac{\gamma_{cf}}{\gamma_{ca}}\right) \times 100$$

γ_{ca} é a massa específica do concreto sem considerar os vazios:

$$\gamma_{ca} = \frac{M_c + M_m + M_a}{\frac{M_c}{\gamma_c} + \frac{M_m}{\gamma_m} + \frac{M_g}{\gamma_g} + M_a}$$

Em que:

- M_c = massa de cimento
- M_m = massa de agregado miúdo seco
- M_g = massa de agregado graúdo seco
- M_a = massa de água
- γ_c = massa específica do cimento
- γ_m = massa específica do agregado miúdo
- γ_g = massa específica do agregado graúdo

2.3.5 Propriedades do Concreto no Estado Endurecido

De acordo com a ABNT NBR 12655 (2015) entende-se como concreto endurecido o estado em que o concreto se encontra no estado sólido e tenha desenvolvido resistência

mecânica, sendo assim, as propriedades do concreto no estado endurecido estão relacionadas com sua resistência mecânica. Metha & Monteiro (1994) trazem um conceito muito importante do concreto endurecido, a deformação específica. É uma propriedade dos materiais que representa a variação do comprimento por unidade de comprimento quando solicitado por uma tensão. Essa relação tensão deformação pode ser descrita em relação à resistência, módulo de elasticidade, ductilidade e tenacidade dos materiais.

A resistência é a propriedade do material que traduz sua capacidade de conter esforços sem romper. Por vezes, detecta-se a ruptura no surgimento de fissuras neste material, porém o concreto pode apresentar microfissuras mesmo sem ter sido solicitado. Sendo assim, a resistência do concreto está ligada à tensão que causa sua ruptura (tensão máxima de ruptura) e está associada exclusivamente à relação água/cimento e do teor de ar incorporado. (METHA e MONTEIRO, 1994).

O processo de determinação da resistência do concreto é relativamente simples. Determina-se, primordialmente, a resistência à compressão axial, que, segundo Metha e Monteiro (1994), outras propriedades do concreto como porosidade, módulo de elasticidade, impermeabilidade e durabilidade podem ser relacionadas com sua resistência. Além disso, essa propriedade, por ser maior do que os demais tipos de resistência (tração, cisalhamento), é tida como um índice geral de resistência do concreto, passando a ser um parâmetro de aceitação ou rejeição, normatizado no Brasil pela ABNT NBR 12655:2015 Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. O subitem 6.2 desta norma trata dos ensaios de resistência à compressão, trazendo os limites de formação dos lotes de concreto, critérios de amostragem e os tipos de controles tecnológicos que são: controle estatístico por amostragem parcial e controle por amostragem total.

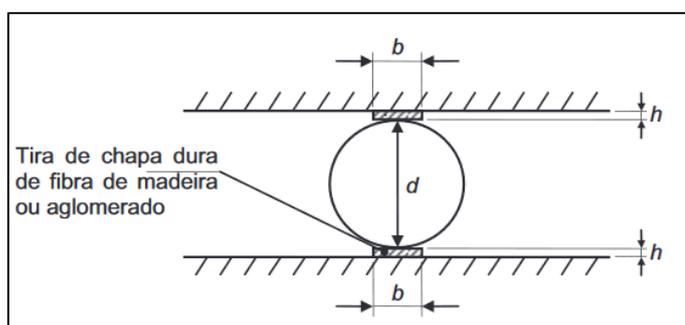
A determinação da resistência à compressão do concreto é dita pela ABNT NBR 5739 (2018), em que se ensaiam corpos de prova cilíndricos, com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, confeccionados conforme a ABNT NBR 5738 (2018).

Apesar da resistência característica do concreto ser compreendida como a resistência à compressão axial, é importante também se ter conhecimento acerca da resistência à tração do concreto. Como é complicado se aplicar uma força uniaxial a um corpo de prova de concreto, Neville e Brooks (2013) elucidam que a resistência à tração deste material é determinada através de métodos indiretos: tração na flexão e tração e o ensaio de resistência à tração por compressão diametral.

Existe uma relação entre a resistência à tração e a resistência à compressão. Neville e Brooks (2013) afirmam que a resistência à tração do concreto é 8 vezes menor do que a resistência à compressão teórica. Via de regra, a resistência à tração diminui na medida em que se aumenta a resistência à compressão, portanto o acréscimo de resistência à tração com o tempo é inferior se comparado ao de compressão.

O ensaio para determinação da resistência à tração por compressão diametral é regido pela ABNT NBR 7222 (2011). Neste ensaio, o corpo de prova é comprimido ao longo do seu eixo longitudinal conforme a figura 4:

Figura 4 Ensaio de Tração do Concreto



Fonte: ABNT (2011)

A resistência à tração típica do concreto é aproximadamente 10% da resistência à compressão, em virtude dessa discrepância, atribui-se ao concreto uma estrutura heterogênea e complexa. (METHA e MONTEIRO, 1994).

O estudo da resistência do concreto se faz importante, pois, por estar ligada à deformação, também afeta o seu rompimento. Concretos com alta resistência apresentam maior módulo de elasticidade (relação entre tensão e deformação reversível), ou seja, rompem de maneira brusca (sem que ocorra uma deformação não elástica relevante). (METHA e MONTEIRO, 1994). Essas deformações são objetos de estudo já que a ABNT 6118 (2014) apresenta o máximo de deformações que peças estruturais de concreto armado possam ter.

2.3.6 Dosagem do Concreto

Para cada tipo de utilização é necessário um tipo de concreto específico, com propriedades mecânicas (estado endurecido) determinadas pelo projetista e as propriedades no estado fresco, estabelecidas pelo responsável técnico de execução de acordo com as exigências do tipo de obra para indicar o tipo de transporte e lançamento deste concreto. A fim de se obter um concreto que atenda os todos esses requisitos deve ser feito um estudo de dosagem que, nada mais é, do que a seleção dos componentes ideais, bem como seus

respectivos consumos a fim de se obter um concreto econômico e que atenda requisitos mínimos de trabalhabilidade e durabilidade. (NEVILLE, 2013).

Existem vários métodos de dosagem de concretos, um dos mais conhecidos é o desenvolvido pelo ACI 211.1 (American Concrete Institute, 1991), também é conhecido como o método dos sete passos:

1. Escolha do abatimento:

No momento da dosagem, o abatimento deve ter sido determinado pelas exigências do tipo de obra em que o concreto será empregado. Ressalta-se que o abatimento não se trata de um valor fixo e sim um intervalo, com limite inferior e superior, pois fluidez em excesso pode ocasionar segregação do agregado da pasta. A tabela 1 apresenta sugestões de abatimento para cada tipo de construção:

Tabela 1- Abatimento do tronco de cone recomendável para vários tipos de construção

Tipo de Construção	Abatimento (mm)	
	Máx	Min
Fundações, paredes e sapatas armadas	75	25
Sapatas não armadas, caixões e paredes de vedação	75	25
Vigas e paredes armadas	100	25
Pilares de edifícios	100	25
Pavimentos e lajes	75	25
Concreto em grandes volumes	50	25

Fonte: Mehta&Monteiro (1994)

Quando o valor do abatimento não está preestabelecido, pode-se adotar um valor sugerido na tabela 1.

2. Escolha da dimensão máxima característica do agregado graúdo:

Este é estabelecido pelo engenheiro projetista estrutural. Aqui se leva em consideração as características geométricas das peças de concreto e sua respectiva taxa de armadura e espaçamentos entre as barras de aço, ou ainda a disponibilidade do agregado.

3. Estimativa da água e teor de ar:

O teor de água requerido por metro cúbico de concreto para atingir o abatimento almejado depende da dimensão máxima dos agregados, bem como sua forma e granulometria, assim como o teor de ar. Esses consumos podem ser alterados na

medida em que se utilizam aditivos químicos ou quando se trabalha com temperaturas atípicas.

Tabela 2 Estimativas dos teores de água e ar

Abatimento	Teor de água (kg/m ³ de concreto)							
	Dimensão máxima característica do agregado graúdo (mm)							
	9,5	12,5	19	25	37,5	50	75	150
Sem ar incorporado								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	197	160	-
Teor de ar (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
Com ar incorporado								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	197	160	-
Teor de ar em função do grau de exposição (%)								
Fraca	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Moderada	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Severa	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Fonte: Mehta&Monteiro (1994)

A tabela 2 fornece uma estimativa dos teores de água e ar (aprisionado ou incorporado). São valores previstos para agregados de forma regular e angulosos (britas).

4. Relação água/cimento (a/c)

Na medida em que diferentes tipos de cimento e agregados produzem concretos com diferentes resistências para um mesmo fator água/cimento é importante que se tenha ciência acerca da influência dessa relação com a resistência do concreto para os materiais que são utilizados de fato. A tabela 3 apresenta relações a/c para concretos para um determinado f_{cj} e ainda, para que se atendam requisitos de durabilidade, para concreto com e sem ar incorporado.

Tabela 3 Correlação entre a/c e resistência à compressão

Resistência à compressão aos 28 dias (MPa)	Relação a/c em massa	
	c/ ar incorporado	s/ ar incorporado
41	0,41	-
34	0,48	0,4
28	0,57	0,48
21	0,68	0,59
14	0,82	0,74

Fonte: Mehta&Monteir (1994)

A resistência à compressão aos 28 dias ($f_{cj_{28}}$) é estabelecida pelo calculista e determinada pela equação:

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65sd$$

em que, sd é o desvio padrão determinado experimentalmente ou adotado de acordo com a ABNT NBR 12655 (2015) que traz 3 diferentes desvios para níveis de controle: rigoroso (4), razoável (5,5) e regular (7). Concretos dosados em laboratório possuem controle rigoroso, com desvio padrão igual a 4.

5. Estimativa do consumo de cimento

De posse dos teores de água e da relação a/c, determina-se, portanto, o consumo em massa de cimento por metro cúbico de concreto:

$$c = a / (a/c)$$

6. Estimativa do consumo de agregado graúdo

O teor de agregado graúdo é obtido em função do seu diâmetro máximo característico e o módulo de finura do agregado miúdo, de forma que se tenha um concreto com uma distribuição granulométrica ótima. A tabela 4 apresta essa relação, e quando se tem um valor intermediário pode-se fazer uma interpolação ou ainda adotar o imediatamente superior, pois um concreto se torna mais econômico na medida em que se aumenta o teor de agregado graúdo, desde que não comprometa sua trabalhabilidade.

Tabela 4 Volume de agregado graúdo por m³ de concreto

Dimensão máxima característica (mm)	Volume de agregados por m ³ de concreto para os módulos de finura de areia.			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
38	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Fonte: Mehta&Monteiro (1994)

O consumo em massa é calculado multiplicando o teor encontrado na tabela pela massa unitária do agregado graúdo.

7. Estimativa do consumo de agregado miúdo

A partir do momento que se tem os consumos de todos os componentes do concreto, inclusive o volume de ar, o consumo de areia será o que resta para completar 1m³ de concreto. Para isso, basta determinar todos os volumes absolutos de material, dividindo os teores em massa por suas respectivas massas específica.

2.4 CONCRETO COM UTILIZAÇÃO DE AREIA ARTIFICIAL

Não é de hoje que se fazem estudos sobre a utilização de resíduo de britagem em concretos e argamassas, porém, quando se associa a grande disponibilidade deste material e a diminuição da disponibilidade de areia natural e, ainda, a baixa caracterização e especificação técnica dele, ainda se fazem necessário os estudos nessa área. (COSTA, 2016).

Além disso, a composição mineralógica dos agregados varia de local pra local, devido às várias condições de sua formação geológica. Esses fatores podem alterar a granulometria, rugosidade, e forma dos grãos. Ainda deve-se levar em consideração o tipo de britagem que foi empregado na obtenção desse resíduo. (DONZA *et al*, 2002).

Drago *et al.* (2009) estudaram a influência do resíduo de britagem no concreto. Eles utilizaram teores de substituição do agregado natural pelo resíduo: 30, 60 e 100%. A partir desses teores dosaram três traços distintos 1: 1,25: 2,25; 1: 2: 3 1: 2,75: 3,75 (cimento: agregado miúdo: agregado graúdo). Os resultados de resistência obtidos apontaram que, o primeiro traço proporcionou um acréscimo de resistência até 30% de substituição enquanto

nos demais teores ela caiu. Nos outros dois traços, na medida em que o teor de substituição aumentava a resistência à compressão axial diminuía em relação ao traço de piloto.

Já em 2012 DIVAKAR et al. realizaram estudo semelhante, porém com teores de substituição de 5, 15, 20, 25, 35, 50, 75 e 100%. Costa (2015) variou os teores de 25, 50, 75 e 100 %. Os autores concluíram que em teores menores de substituição há um pequeno acréscimo de resistência, sendo que Costa (2015) obteve um teor ótimo de 75%, porém, com o uso de superplastificante. De qualquer maneira, todas as amostras apresentaram acréscimo de resistência em relação aos concretos com 100% de areia natural, pois por ser um material mais fino, enrijece a zona de transição ao preencher mais os vazios. (MENOSSI, 2004; LODI e PRUDÊNCIO JUNIOR, 2006; FABRO et al. 2011).

Em relação à trabalhabilidade os autores observam uma perda de abatimento no tronco de cone, ainda que os limites de materiais finos estejam dentro dos estabelecidos pelas normas, tanto a NBR 72211 quanto outras internacionais, como a ASTM C33(2013), em decorrência da irregularidade da granulometria do resíduo associada ao tipo de britagem que o gerou. (ALVARENGA, 2016). Costa (2015) apud Cabrera, Traversa e Ortega (2011) ilustram a influência que o tipo de rocha faz sobre o resíduo gerado. Rochas graníticas apresentam um resíduo de britagem de grãos angulares e pouco rugosos e rochas de origem dolomítica a forma dos grãos é mais alongada e sua textura mais rugosa.

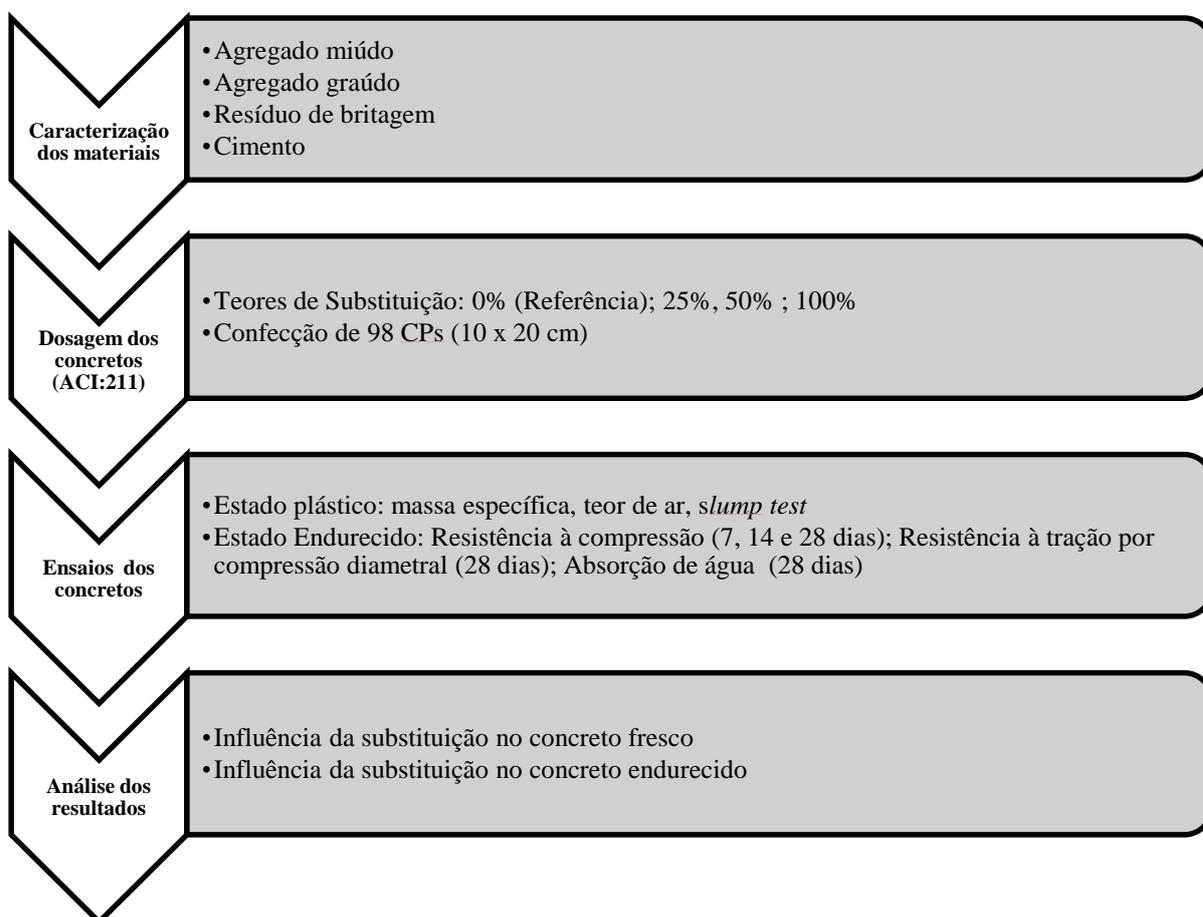
3 METODOLOGIA

O material necessário para a realização deste trabalho foi adquirido em duas pedreiras da região de Palmas – TO. E os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais e Estruturas do Centro Universitário Luterano de Palmas, na cidade de Palmas – TO.

Para a resistência a seco as amostras foram submetidas a metodologia prescrita na ABNT NBR NM 67 e da determinação da massa específica e do teor de ar pelo método gravimétrico - ABNT NBR 9833. Para a resistência em estado fresco as amostras foram submetidas ao ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos conforme ABNT NBR 5739 e da determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos – ABNT NBR 7222.

O fluxograma representado na figura 5 abaixo traz a sequência de trabalho que foi utilizada nessa pesquisa.

Figura 5 Fluxograma de trabalho



3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

3.1.1 Cimento Portland

O cimento Portland que foi utilizado nessa pesquisa será o CP II Z – 32 (Cimento Portland composto com pozolana), pois é um dos mais comumente utilizados e facilmente encontrados na região de Palmas – TO. As propriedades deste cimento atendem tanto estruturas em concreto armado quanto argamassas de assentamento e revestimento. O CP II Z – 32 apresenta em sua composição de 6 a 14% de pozolana e até 10% de material carbonático (ABCP, 2010). Foi realizado o ensaio de finura do cimento de acordo com a ABNT NBR 11579 (2012) para a peneira #200 e o ensaio de massa segundo a ABNT NBR NM 23 (2000).

3.1.2 Agregado miúdo

Foi utilizada areia natural adquirida em depósito de materiais de construção da cidade de Palmas – TO, sem identificação de jazida. A fim de adquirir os parâmetros essenciais para dosagem dos concretos foram realizados os seguintes ensaios:

- ✓ Composição Granulométrica: ABNT NBR NM 248 (2003)
- ✓ Massa específica: ABNT NBR 9776 (1987)
- ✓ Massa unitária: ABNT NBR 7251 (1982)
- ✓ Teor de material pulverulento: ABNT NBR NM 46 (2003)

3.1.3 Agregado graúdo

Foi utilizada brita 01 granítica adquirida em depósito de materiais de construção da cidade de Palmas – TO, sem identificação de jazida. A fim de adquirir os parâmetros essenciais para dosagem dos concretos foram realizados os seguintes ensaios:

- ✓ Composição Granulométrica: ABNT NBR NM 248 (2003)
- ✓ Massa específica: ABNT NBR 9776 (1987)
- ✓ Massa unitária: ABNT NBR 7251 (1982)

3.1.3 Resíduo de britagem

O resíduo de britagem foi coletado em 2 pedreiras distintas que estão representadas por pedreiras A e B. A fim de adquirir os parâmetros essenciais para dosagem dos concretos foram realizados os seguintes ensaios:

- ✓ Composição Granulométrica: ABNT NBR NM 248 (2003)
- ✓ Massa específica: ABNT NBR 9776 (1987)
- ✓ Massa unitária: ABNT NBR 7251 (1982)

Para melhor entendimento e verificação da viabilidade técnica do uso deste material, ensaios complementares foram feitos para aferir os níveis de substâncias que podem ser nocivas ao concreto:

- ✓ Teor de material pulverulento: ABNT NBR NM 46 (2003)

3.2 DOSAGEM E CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

3.2.1 Dosagem do Concreto

De posse da caracterização dos materiais foram dosados 4 concretos com teores distintos de substituição de areia natural por resíduo de britagem pelo método do ACI 211. Para avaliar a influência da substituição do agregado miúdo do concreto convencional pelo resíduo de britagem foram confeccionados corpos de prova (CP) de concreto conforme ABNT NBR 5738 (1994) e com teores de substituição de 25%, 50% e 100% de substituição do agregado natural por cada um dos resíduos de britagem caracterizados, pois na bibliografia teores menores já foram amplamente estudados e apresentaram bom desempenho em relação ao concreto com 100% de areia natural. Dessa forma foi possível observar o comportamento do concreto no estado fresco (abatimento) e no estado endurecido (resistência mecânica) para teores mais elevados de substituição.

A fim de obter um parâmetro para avaliação da influência dos teores de substituição, um traço piloto de concreto convencional foi dosado com $f_{ck} = 25$ MPa, controle rigoroso e abatimento 100 ± 20 mm. Parâmetros de resistência e abatimento comumente utilizados na região de Palmas – TO.

3.2.2 Produção do Concreto

Após a determinação do traço, foi utilizada uma quantidade de material suficiente para o preenchimento do tronco de cone, para a determinação do abatimento, recipiente para determinação da massa específica e teor de ar pelo método gravimétrico e posteriormente a moldagem dos corpos de prova. A mistura e o preparo do concreto foi realizada em betoneira de 350 L comum eixo horizontal.

3.2.3 Ensaios do concreto fresco

No estado fresco foi feito o *slump test* de acordo com ABNT NBR NM 67 (1998) para verificação do abatimento. O traço piloto atendeu o abatimento estabelecido na dosagem (100 ± 20 mm) para que, na medida em que a areia natural seja substituída pelo resíduo de britagem seja possível observar o comportamento do concreto em relação à sua fluidez. É um parâmetro fundamental na obtenção do teor ótimo de substituição e qual a pedreira mais indicada para aquisição do material, pois o objetivo era que o consumo de cimento não fosse alterado.

Também foi estimado o teor de ar aprisionado através do método gravimétrico estabelecido pela ABNT NBR 9833 (2009). Este método também nos permite saber a massa específica do concreto fresco.

3.2.4 Ensaios do concreto endurecido

Os ensaios do concreto endurecido foram realizados conforme programa experimental (tabela 5):

Tabela 5 Programa experimental

Ensaio	Normas	Idades	Nº de CPs / Idade	Total de Cps
Compressão axial	NBR 5739/2007	07, 14, 28 dias	3	9
Absorção de água	NBR 9778/2009	28 dias	3	3
Tração por Comp. Diametral	NBR 7222/2011	28 dias	2	2

Fonte: Autor (2019)

A tabela 5 apresenta os ensaios que foram realizados e suas respectivas normas. Como foram feitos 1 traço piloto e 3 traços de substituição de agregado natural pelo resíduo de britagem com 2 diferentes resíduos, o total de corpos de prova que foram confeccionados foi 98 CPs, 14 CPs para cada teor para serem ensaiados conforme programa experimental (tabela 5). Os corpos de prova foram moldados em moldes metálicos de dimensões precisas conforme definido pela ABNT NBR 5738:2015 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. O volume total de concreto produzido foi de aproximadamente, 0.2 m³ de concreto considerando 15% de desperdício.

Após a moldagem, os moldes foram alocados em ambiente fechado, livre de intempéries, sobre uma superfície plana durante 24h. Em seguida, os CPs foram desmoldados, identificados e em seguida, submersos em água para processo de cura, seguindo a recomendação da ABNT NBR 5738:2015, retirados apenas nas datas de ensaio de compressão.

O delineamento experimental empregado foi o de inteiramente casualizado (PIMENTEL-GOMES, 1990), com quatro tratamentos considerando adição de pó de brita, (doses 0, 25, 50 e 100%), obtidas o Sisvar (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Em relação à etapa de caracterização dos resíduos de britagem, foi verificado se estes atenderam os requisitos mínimos estabelecidos pela ABNT NBR 7211 (2009), principalmente em relação ao teor de material pulverulento. Os ensaios do concreto no estado fresco apontaram como o concreto se comportou em relação ao abatimento na medida em que se substituiu o agregado miúdo. Associado à composição granulométrica dos resíduos, foi possível confrontar estes resultados e estabelecer um paralelo entre a granulometria e a trabalhabilidade. A massa específica dos resíduos e dos concretos no estado fresco trouxe uma orientação sobre a influência desse agregado no peso do concreto. Os ensaios do concreto endurecido deram um vislumbre sobre como esse agregado influencia no desempenho mecânico do concreto, além de saber, com o ensaio de absorção, se houve aumento relativo na porosidade deste concreto, propriedade importante para sua durabilidade.

4.1.1 Cimento Portland

O cimento Portland que foi utilizado nessa pesquisa foi o CP II Z – 32 (Cimento Portland composto com pozolana) da marca CIPLAN, pois é um dos mais comumente utilizados e facilmente encontrados na região de Palmas – TO. As propriedades deste cimento atendem tanto estruturas em concreto armado quanto argamassas de assentamento e revestimento. A de finura do cimento utilizado, segundo ABNT NBR 11579 (2012) para a peneira #200 foi de 11,7% e a massa específica determinada pela ABNT NBR NM 23 (2000) foi de 3,10 g/cm³.

4.1.2 Agregado miúdo

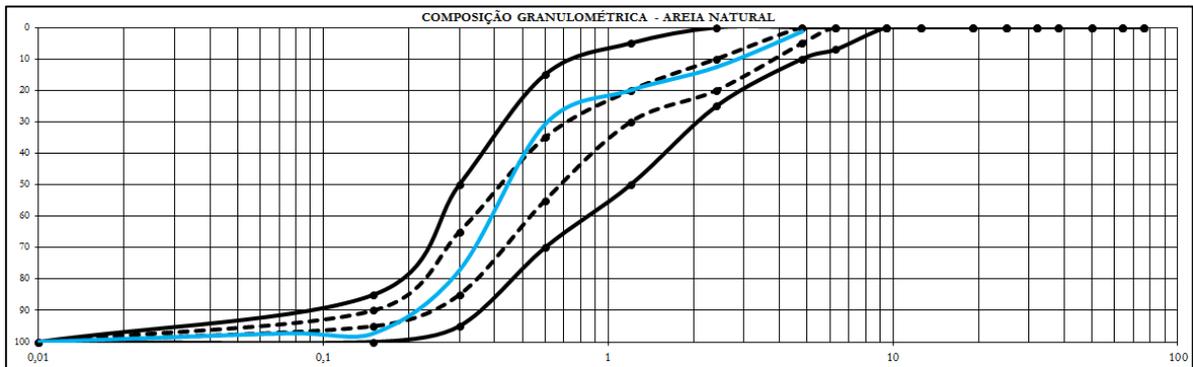
Foi utilizada areia da região de Palmas. Suas características podem ser observadas na tabela 6 e sua curva granulométrica (figura 6).

Tabela 6 - Características físicas da areia.

Características físicas da areia	
Massa específica (NBR 9776:1987)	2630 kg/m ³
Massa unitária (NBR 7251:1982)	1554 kg/m ³
Dimensão máxima característica (NBR NM 248:2003)	4,8 mm
Teor de Material Pulverulento (NB NM 46: 2003)	2,8%
Classificação (NBR 7211:2009)	Zona Ótima Inferior

Fonte: Autor (2019)

Figura 6 - Composição Granulométrica: agregado miúdo



Fonte: Autor (2019)

O módulo de finura da areia natural utilizada nessa pesquisa, segundo a ABNT NBR 248 (2003), foi de 2.39, trata-se, portanto de uma areia média. O teor de material pulverulento atende o limite da NBR 7211 (2009) para concretos submetidos a desgaste superficial.

4.1.3 Agregado graúdo

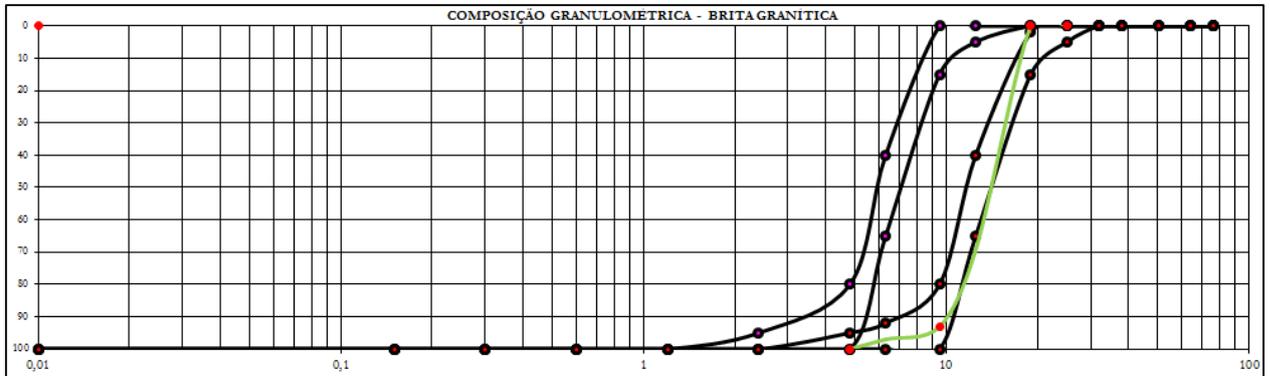
Foi utilizada brita granítica da região de Palmas. Suas características podem ser observadas na tabela 7 e sua curva granulométrica (figura 7).

Tabela 7 - Características físicas da brita

Características físicas da brita	
Massa específica (NBR 9776:1987)	2670 kg/m ³
Massa unitária (NBR 7251:1982)	1342 kg/m ³
Dimensão máxima característica (NBR NM 248:2003)	19 mm
Classificação (NBR 7211:2009)	Zona Ótima Inferior

Fonte: Autor (2019)

Figura 7- Granulométrica: agregado graúdo



Fonte: Autor (2019)

O módulo de finura da brita granítica utilizada nessa pesquisa, segundo a ABNT NBR 248 (2003), foi de 6.93. As curvas pretas representam as zonas granulométricas (d/D). Conclui-se que o material enquadra de forma análoga sua visualização, ficando entre a grade 0 e 1, no entanto nosso material aproxima-se mais da brita 1, segundo a classificação da ABNT NBR 7211 (2009).

4.1.4 Resíduo de britagem

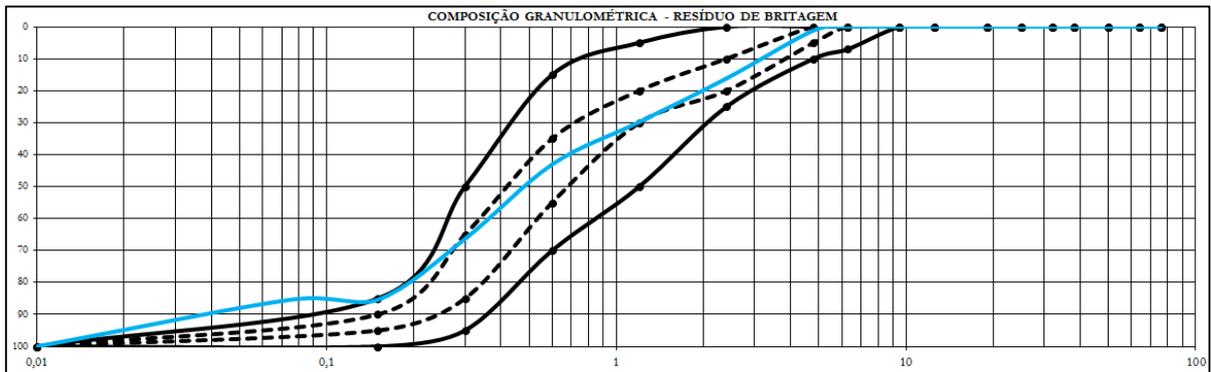
Os resíduos de britagem foram recolhidos nas pedreiras (A e B), secos em estufa e feitos os ensaios listados na tabela 8 e tabela 9.

Tabela 8 - Características físicas do resíduo de britagem (Pedreira A).

Características físicas da areia	
Massa específica (NBR 9776:1987)	2640 kg/m ³
Massa unitária (NBR 7251:1982)	1405 kg/m ³
Dimensão máxima característica (NBR NM 248:2003)	4,8 mm
Teor de Material Pulverulento (NB NM 46: 2003)	10,7%
Classificação (NBR 7211:2009)	Zona Ótima Inferior

Fonte: Autor (2019)

Figura 8 - Composição Granulométrica: resíduo de britagem (Pedreira A)



Fonte: Autor (2019)

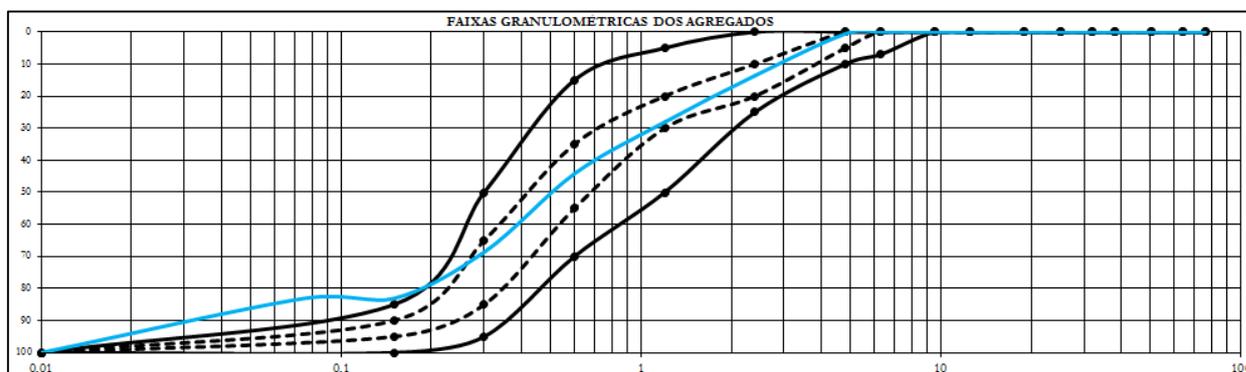
O módulo de finura do resíduo de britagem da pedreira A, segundo a ABNT NBR 248 (2003), foi de 2,42, trata-se, portanto de uma areia média. O teor de material pulverulento atende o limite da NBR 7211 (2009) para concretos protegidos do desgaste superficial. Atenta-se que, em virtude do elevado teor de finos, a curva granulométrica tendeu a extrapolar o limite da zona utilizável, porém, como esse teor de finos encontra-se dentro do aceitável segundo a NBR 7211 (2009), nenhum tratamento adicional foi feito.

Tabela 9 - Características físicas do resíduo de britagem (Pedreira B).

Características físicas da areia	
Massa específica (NBR 9776:1987)	2640 kg/m ³
Massa unitária (NBR 7251:1982)	1411 kg/m ³
Dimensão máxima característica (NBR NM 248:2003)	4,8 mm
Teor de Material Pulverulento (NB NM 46: 2003)	11,7%
Classificação (NBR 7211:2009)	Zona Ótima Inferior

Fonte: Autor (2019)

Figura 9 - Composição Granulométrica: resíduo de britagem (Pedreira B)



Fonte: Autor (2019)

O módulo de finura do resíduo de britagem da pedreira B, segundo a ABNT NBR 248 (2003), foi de 2,38, trata-se, portanto de uma areia média. O teor de material pulverulento atende o limite da NBR 7211 (2009) para concretos protegidos do desgaste superficial. Atenta-se que, em virtude do elevado teor de finos, a curva granulométrica tendeu a extrapolar o limite da zona utilizável, porém, como esse teor de finos encontra-se dentro do aceitável segundo a NBR 7211 (2009), nenhum tratamento adicional foi feito.

Observa-se, portanto, que ambos resíduos apresentam características muito idênticas entre si. Esse fato se deve ao processo de britagem das duas pedreiras serem idênticos e, evidentemente, por se tratarem do mesmo tipo de rocha. Segundo as pedreiras tratam-se de britas graníticas. Além disso, é possível observar que as características dos resíduos se aproximaram da areia natural, exceto o teor de material pulverulento.

4.2 DOSAGEM DOS CONCRETOS

A dosagem do concreto foi feita segundo o item 3.2.1 deste trabalho. Dosou-se um concreto com $f_{ck} = 25\text{MPa}$, portanto o $f_{cj28} = 31,6\text{MPa}$. A tabela 10 abaixo apresenta os consumos em massa do traço de referência, bem como os 3 traços com 25%, 50% e 100% de substituição da areia natural pelo resíduo de britagem tanto da pedreira A quanto da pedreira B.

Tabela 10 Traços utilizados na pesquisa.

	cimento (kg/m ³)	areia (kg/m ³)	brita (kg/m ³)	resíduo (kg/m ³)	água (kg/m ³)
ref(massa)	455,60	779,30	885,70	-	205,00
Unitário	1,00	1,71	1,94	-	0,45
t25%(massa)	455,60	584,48	885,70	195,57	205,00
Unitário	1,00	1,28	1,94	0,43	0,45
t50%(massa)	466,67	378,40	885,70	378,40	210,00
Unitário	1,00	0,81	1,90	0,81	0,66
t100%(massa)	500,00	-	885,70	689,00	225,00
Unitário	1,00	-	1,77	1,38	0,45

Fonte: Autor (2019)

Os consumos de cimento e água nos traços de 50% e 100% de substituição foram alterados, pois, foram feitos ajustes nos traços para que obtivesse um abatimento dentro do intervalo escolhido na dosagem, ou próximo, como será discutido no item 4.2.1, mantendo-se intacta a relação água/cimento.

4.2.1 Concreto no estado fresco

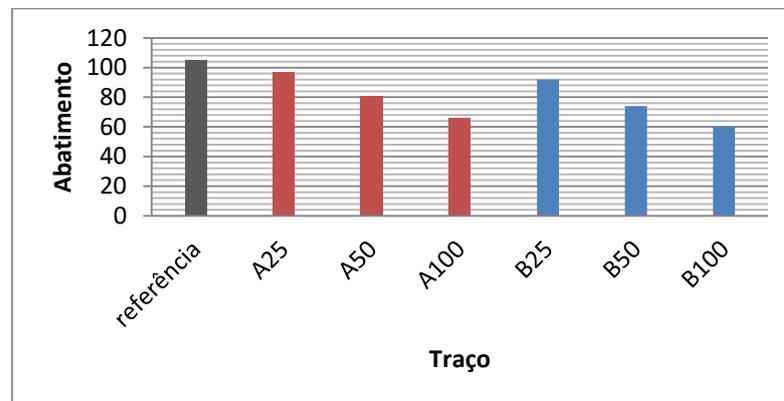
A dosagem foi realizada para que os concretos atendessem um intervalo de abatimento do tronco de cone de 100 ± 20 mm. A tabela 11 apresenta os valores dos abatimentos obtidos na medida em que a areia natural foi substituída pelo resíduo de britagem.

Tabela 11 Abatimento do tronco de cone segundo ABNT NBR NM 67 (1998)

TRAÇO	Abatimento (mm)
referência	105
A25	97
A50	81
A100	66
B25	92
B50	74
B100	60

Fonte: Autor (2019)

Figura 10 Gráfico abatimento



Fonte: Autor (2019)

Nota-se, portanto, que houve perda no abatimento na medida em que se aumentou o teor de finos. Salienta-se, ainda, que os traços de 50% e 100% sofreram ajustes em seus traços para que se obtivesse o abatimento almejado na dosagem, o que já indica perda na consistência do concreto. O traço com 50% de substituição de agregado por resíduo proveniente da pedreira A, ainda obteve um abatimento dentro do intervalo, porém, em ambos os casos o consumo de cimento aumentou 2,34% (para 50%) e 8,89% (para 100%) em relação ao traço de referência, em virtude do aumento no consumo de água. A perda de consistência se dá pelo teor de finos elevado do resíduo de britagem. Na medida em que se aumenta o teor de finos no concreto, a tendência é aumentar o consumo de água, deixando o concreto mais caro, pois, para uma mesma relação água cimento, o consumo de cimento também aumentaria. (MEHTA & MONTEIRO, 1994). Em continuidade aos ensaios do concreto em seu estado plástico segue a tabela 12 com os valores das massas específicas no estado fresco para cada teor de substituição, assim como a estimativa do teor de ar aprisionado no concreto, segundo ABNT NBR 9833 (2009).

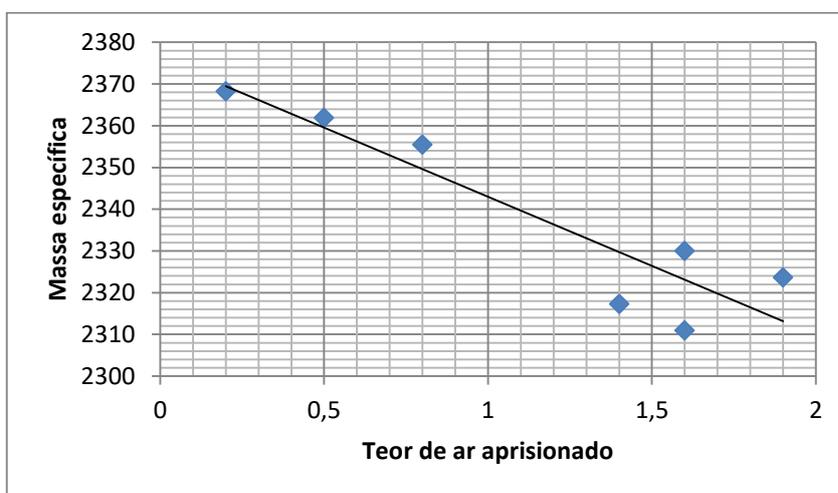
Tabela 12 Massa específica do concreto no estado fresco e Teor de ar (NBR 9833: 2009)

TRAÇO	Massa Específica ESTADO FRESCO (kg/m ³)	Teor de ar (%)
referência	2368,23	0,2
A25	2361,86	0,5
A50	2323,66	1,9
A100	2310,93	1,6
B25	2355,49	0,8
B50	2330,03	1,6
B100	2317,30	1,4

Fonte: Autor (2019)

Visto que a areia natural e os resíduos de britagem apresentam massas específicas extremamente próximas (conforme item 4.1.4) era de se esperar que as massas específicas dos concretos ficassem também parecidas. As discrepâncias se deram em virtude do aumento no consumo de água, o que acarretou também no aumento do teor de ar aprisionado. O gráfico 1 apresenta uma linha de tendência da relação entre massa específica e teor de ar aprisionado.

Gráfico 1 - Relação Massa específica x Teor de ar



Fonte: Autor (2019)

Nota-se, portanto, que na medida em que a massa específica diminui, o teor de ar aprisionado aumenta.

4.2.2 Concreto no estado endurecido

Os corpos de prova foram moldados em moldes metálicos de dimensões 10x20cm e o processo de cura foi feito em cura submersa no tanque da câmara úmida do Laboratório de Materiais e Estruturas do CEULP/ULBRA. Essa cura foi adotada em virtude da tendência a sofrer retração do concreto nas primeiras idades devido à evaporação da água de amassamento.

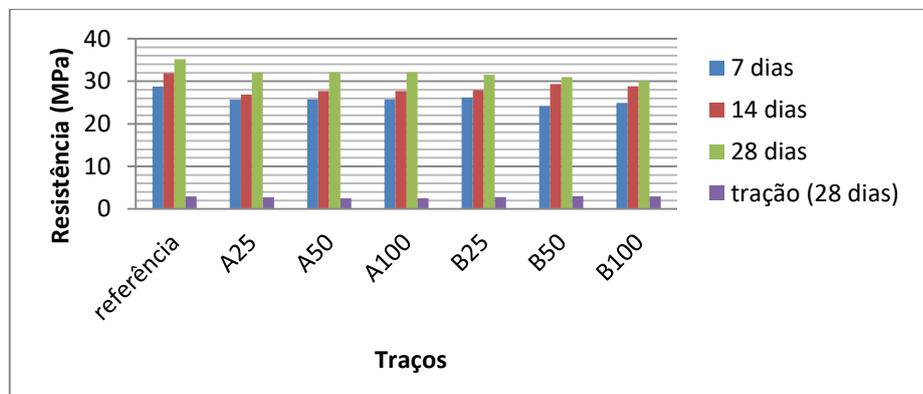
A tabela 13 apresenta os resultados das médias dos ensaios da resistência à compressão axial e da resistência à tração por compressão diametral dos corpos de prova confeccionados neste trabalho.

Tabela 13 Resistências médias à compressão e à tração por compressão diametral

IDADE	7	14	28	tração (28 dias)
TRAÇO	NBR 5739:2018			NBR 7222:2011
referência	28,73	31,9	35,23	2,98
A25	25,67	26,9	32,07	2,71
A50	25,73	27,7	32,13	2,48
A100	25,73	27,7	32,13	2,48
B25	26,23	27,93	31,5	2,77
B50	24,2	29,33	31,03	2,99
B100	24,9	28,83	30,1	2,92

Fonte: Autor (2019)

Figura 11 Gráfico resistências



Fonte: Autor (2019)

Foi possível notar que houve perda de resistência na medida em que se aumentou o teor de pó de brita, entretanto, observa-se que a pedra A apresentou um f_{ck28} superior em relação à pedra B.

A tabela 14 apresenta a análise de variância da resistência à compressão axial dos concretos utilizando o resíduo da pedra A em relação ao traço referência.

Tabela 14 - Análise de variância da resistência à compressão axial com diferentes concentrações de Pó de Brita (Pedreira A).

	Idade	7 dias	14 dias	28 dias
p>F	Dose (D)	0,013*	0,002*	0,0003*
	CV %	4,48	3,09	2,99
	Traço	TUKEY		
	referência	28,73 a	31,90 a	35,23 a
	A25	25,66 ab	26,90 b	32,06 b
	A50	25,73 ab	27,70 b	32,13 b
	A100	24,00 b	28,90 b	30,03 b

Fonte: Autor (2019)

Observa-se na tabela 14 que na compressão axial, estatisticamente a resistência à compressão aos 7 dias dos traços A25 e A50 apresentaram valores médios aproximados ao traço referência. O mesmo não ocorreu para o traço A100. Entretanto, aos 14 e 28 dias, a variação em relação ao traço referência foi muito grande. Essa perda de resistência se deu pelo aumento no consumo de água, que acarreta em um maior teor de ar, como discutido no item 4.2.1, contudo, todos alcançaram o f_{cj28} (31,6MPa) exceto o traço A100.

A tabela 15 faz a análise de variância para a resistência à tração por compressão diametral para o resíduo da pedreira A.

Tabela 15 - Análise de variância da resistência à tração por compressão diametral com diferentes concentrações de Pó de Brita (Pedreira A).

	Idade	Tração
p>F	Dose (D)	0,22 ns
	CV %	10,23
	Traço referência	TUKEY
	A25	2,97 a
	A50	2,71 a
	A100	2,48 a
		2,94 a

Fonte: Autor (2019)

Observa-se que na resistência à tração por compressão diametral, os valores se aproximaram em todos os teores de substituição.

A tabela 16 faz a análise de variância da resistência à compressão axial dos concretos utilizando o resíduo da pedreira B.

Tabela 16 - Análise de variância da resistência à compressão axial com diferentes concentrações de Pó de Brita (Pedreira B).

	Idade	7 dias	14 dias	28 dias
p>F	Dose (D)	0,014*	0,03*	0,007*
	CV %	4,6	4,28	3,71
	Traço referência	TUKEY		
	B25	28,73 a	31,90 a	35,23 a
	B50	26,23 ab	27,93 b	31,50 b
	B100	24,20 b	29,33 ab	31,03 b
		24,90 b	28,83 ab	30,10 b

Fonte: Autor (2019)

Nota-se que para a pedreira B, na resistência à compressão axial aos 7 dias o traço B25 apresentou um desempenho próximo ao traço referência, enquanto que nos 14 dias foi o único

a não se comportar de igual forma, entretanto, aos 28 dias, todos os traços com substituição pelo resíduo ficaram discrepantes em relação ao traço de referência e além disso, diferentemente do que ocorreu nos concretos da pedreira A, nenhum dos traços com substituição alcançaram o f_{cj28} (31,6MPa). Apesar de que o traço B25 obteve valor bem próximo, possivelmente, em virtude de teor de fino mais elevado.

A tabela 17 faz a análise de variância para a resistência à tração por compressão diametral para o resíduo da pedreira B.

Tabela 17 - Análise de variância da resistência à tração por compressão diametral com diferentes concentrações de Pó de Brita (Pedreira B).

e	Idade	Tração (28 dias)
p>F	Dose (D)	0,066 ns
	CV %	8,3
	Traço referência	TUKEY
	B25	2,97 a
	B50	2,76 a
	B100	2,99 a
		2,92 a

Fonte: Autor (2019)

Na tração, observa-se que a substituição do agregado não gerou impacto significativo ao se comparar com o traço referência.

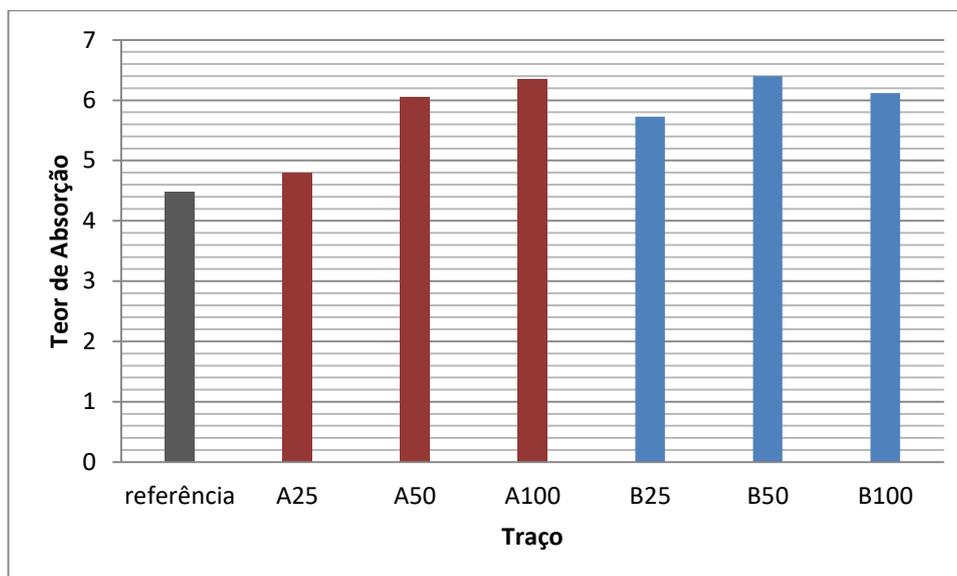
Os ensaios de absorção por imersão estão descritos na tabela 18.

Tabela 18 Ensaio de absorção por imersão NBR 9778:2009

Tempo em estufa	-	24h	48h	72h	absorção (%)
TRAÇO		massa (kg)			
referência	3,73	3,59	3,57	3,57	4,48
A25	3,71	3,56	3,55	3,54	4,80
A50	3,68	3,49	3,48	3,47	6,05
A100	3,69	3,49	3,47	3,47	6,34
B25	3,69	3,52	3,51	3,49	5,73
B50	3,66	3,46	3,45	3,44	6,40
B100	3,64	3,46	3,43	3,43	6,12

Fonte: Autor (2019)

Figura 12 Gráfico teor de absorção de água



Fonte: Autor (2019)

Observa-se que as substituições aumentaram a absorção de água em relação ao traço referência. Pode-se fazer um paralelo ao resultado de massa específica e teor de ar, que também apresentou esse comportamento. Portanto, na medida em que se aumentou o teor de substituição, aumentou-se o consumo de água e por consequência o teor de ar aprisionado, acarretando, então, num aumento da absorção de água. Não somente isso, mas a própria perda de resistência dos concretos, com o aumento dos teores de substituição, corrobora com o aumento da absorção de água. Tal propriedade é de suma importância para a durabilidade do concreto. Medeiros, Andrade e Helene (2010) afirmam que um concreto mais permeável colabora para que agentes agressivos o ataquem, tais como sulfatos, sulfetos, caso os poros do concreto formem capilares (ar aprisionado). Isso pode limitar a utilização desse concreto a ambientes internos, com menos exposição, porém, não será o caso: Neville (1997) sugere que concretos de boa qualidade são os que possuem absorção de água de no máximo 10%.

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos nessa pesquisa e considerando apenas os materiais utilizados nesta, conclui-se que o principal impeditivo para a larga utilização do resíduo de britagem é sua caracterização, ou seja, seu alto teor de material pulverulento. Esse alto teor de finos impacta na trabalhabilidade do concreto, dificultando adensamento, transporte, bombeamento. Por consequência, há um impacto no consumo de água na intenção de se obter o abatimento almejado, logo, para uma mesma relação água/cimento, o consumo de cimento se elevará, onerando o concreto.

Do ponto de vista da resistência dos concretos, as substituições trouxeram um impacto negativo considerável, quando se compara ao traço de referência, mesmo após o ajuste do traço. Porém, os concretos da pedra A com 25% e 50% de substituição ainda obtiveram resistências acima do f_{cj28} (31,6MPa), os concretos da pedra B apenas o traço com 25% de substituição conseguiu um resultado próximo, pois este resíduo apresentou um teor de finos mais elevado do que o da pedra A. Na tração por compressão diametral os resíduos não ocasionaram nenhum impacto relevante. No quesito durabilidade, o elevado teor de finos – considerados substâncias deletérias segundo a ABNT NBR 7211(2009) – além de ter acarretado na perda de resistência à compressão, aumentou o teor de absorção de água, podendo limitar o uso do concreto para ambientes menos agressivos ou redobrar os cuidados quanto á impermeabilização, dentre outros tratamentos.

Com exceção do teor de finos, ambos resíduos de britagem apresentaram características próximas da areia natural, o que permitiu uma substituição direta, entretanto, os resíduos da pedra A apresentaram melhores características: em virtude do seu teor de material pulverulento mais reduzido em relação ao da pedra B, os concretos que o utilizaram apresentaram maiores resistências e menor absorção de água. Em relação às massas específicas e consumo de material, não houve diferença, ou foi pouco significativa. Apesar da perda de resistência, o pó de brita granítica é o mais indicado para uma substituição direta da areia natural por ele. Sendo assim, é possível fazer um concreto estrutural convencional com 25% de substituição de areia natural pelo resíduo de britagem, independentemente da pedra da região de Palmas – TO.

Para trabalhos futuros, sugere-se que sejam feitos tratamentos preliminares com os resíduos para reduzir os materiais pulverulentos, assim, será possível obter um concreto ecológico de menor custo. Porém, esse teor de fino mais elevado, aliado a aditivos

superplastificantes, pode colaborar para o fechamento de vazios facilitando a obtenção de concretos de alta resistência ou, ainda, auto adensáveis.

REFERÊNCIAS

_____. **Introdução à metodologia do trabalho científico**: elaboração de trabalhos na graduação. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 160 p., il.

_____. **NBR 10719**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR 10719**: informação e documentação: relatório técnico e/ou científico: apresentação. Rio de Janeiro, 2011a.

_____. **NBR 12225**: informação e documentação: lombada: elaboração. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011b.

_____. **NBR 15287**: informação e documentação: projeto de pesquisa: apresentação. Rio de Janeiro, 2011c.

_____. **NBR 6022**: informação e documentação: artigo em publicação periódica científica impressa: apresentação. Rio de Janeiro, 2003a.

_____. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 6024**: informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento escrito: apresentação. Rio de Janeiro, 2003b.

_____. **NBR 6027**: informação e documentação: sumário: apresentação. Rio de Janeiro, 2003c.

_____. **NBR 6034**: informação e documentação: índice: apresentação. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR 9833**: Concreto fresco - Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____. **NBR 10007**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR 12655:** Concreto – Preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **NBR 5738:** Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **NBR 5739:** Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

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

ALVES, Carlos Eduardo Teobaldo; QUELHAS, Osvaldo L. G. **A ecoeficiência e o ecodesign na indústria da construção civil:** uma abordagem à prática do desenvolvimento sustentável na gestão de resíduos com uma visão de negócios. Rio de Janeiro: Associação Educacional Dom Bosco, 2004. 10p. Disponível em: <http://www.aedb.br/seget/artigo04/106_seget%20artigo.doc>. Acesso em: 29 ago. 2018.

ALVARENGA, Laura Monteiro Soares Crespo de. **Influência do emprego de resíduo de britagem de granito e de cinza da casca de arroz nas propriedades reológicas e mecânicas do concreto.** 100f. Dissertação (mestrado). Centro de Ciência e Tecnologia, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Universidade Estadual do Norte Fluminense. 2016. Campos dos Goyatacazes.

Associação Brasileira de Cimento Portland. BT 106: guia básico de utilização do cimento Portland. São Paulo: ABCP, 2002.

BATTAGIN, A.F. **Uma breve história do cimento Portland.** Disponível em: <http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/historia/uma-breve-historia-do-cimento-portland>. Acesso em 15 de abril de 2016.

CARASEK, Helena. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** Cap. 28. São Paulo, IBRACON, 2007.

CONAMA. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002.

COSTA, Heloína Nogueira da. **Caracterização de areias de britagem de pedreiras da região metropolitana de Fortaleza e avaliação da sua aplicação no concreto.** 135 f. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará. 2015. Fortaleza.

DRAGO, C.;VERNEY, J.C.K.;PEREIRA, F.M. **Efeito da utilização de areia de britagem em concretos de cimento Portland.** REM: R.Esc. Minas, Ouro Preto, 62(3): 399-408, jul. set. 2009.

DONZA, H.; CABRERA, O.; IRASSAR, E.F. **High-strength concrete with different fine aggregate.** *Cement and Concrete Research*, v.32, 2002, p.1755-1761.

FERREIRA, D. F. **Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0.** In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000, São Carlos, SP. Anais... São Carlos: UFSCar, p. 255- 258.

FIGUEIRA, H. V.; LUZ, A. B.; ALMEIDA, S. L. M. **Britagem e moagem.** In: **Tratamento de minérios**, 5.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. Cap.4. p.143-210.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério: **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** Cap. 29. São Paulo, IBRACON, 2007

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle de concreto.** São Paulo: Pini, p. 349, 1992.

MATOS, Lucas Felipe de; ALLEM, Patrícia Montagna; PIVA, Jorge Henrique. **Avaliação da substituição do agregado miúdo natural (areia) pelo agregado miúdo de britagem (pó de pedra) quanto às características mecânicas do concreto.** 2017. 17 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, 15 Artigo Submetido Ao Curso de Engenharia Civil da Unesc - Como Requisito Parcial Para Obtenção do Título de Engenheiro Civil Unesc- Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/5916/1/LucasFelipeDeMatos.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019.

MEDEIROS, Marcelo H. F. ; ANDRADE, J. J. O. ; HELENE, Paulo . **Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto.** In: Geraldo Isaia. (Org.). **Concreto: Ciência e Tecnologia.** 1 ed. São Paulo: Ibracon, 2011, v. 1, p. 773-808.

MEHTA, Povindar K.; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais,** Editora Pini, São Paulo, 1994.

MENOSSEI, R. T. **Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto.** Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Ilha Solteira, 2004.

NEVILLE, A, M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto.** Porto Alegre: Bookman, 2013.

NEVILLE, Adam Matthew. **Propriedades do concreto.** São Paulo :Pini, 1997

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 13ed. Piracicaba - SP. 1990. 468p.

SBRIGHI NETO, Cláudio. **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações.** Ed. G.C.Isaía. São Paulo: IBRACON, 2005. 2 v. 1600p.

VALLE, Jair do; BRAZ, Elaine M. Q.; SANTOS, Carlos Lopez dos. **Resíduos Sólidos Urbanos,** Revista Ceciliana Dez 5(2): 1-4, 2013

TCC 2 Mateus Gomes Silva_Entrega final.pdf (31/10/2019):

Documentos candidatos

[repositorio.ufmg.br/...](#) [2,12%][etecitapeva.com.br/a...](#) [1,8%][professor.pucgoias.e...](#)
[1,39%][monografias.com/pt/d...](#)
[0,58%][kerberpre moldados.co...](#)
[0,58%][passeidireto.com/arq...](#)
[0,49%][senai-to.com.br/Linh...](#) [0,45%][clubedoconcreto.com...](#)
[0,29%][abntcatalogo.com.br/...](#)
[0,07%]

Arquivo de entrada: TCC 2 Mateus Gomes Silva_Entrega final.pdf (8006 termos)

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)	
repositorio.ufmg.br/...	Visualizar	20341	590	2,12	
etecitapeva.com.br/a...	Visualizar	5567	240	1,8	
professor.pucgoias.e...	Visualizar	2541	145	1,39	
monografias.com/pt/d...	Visualizar	911	52	0,58	
kerberpre moldados.co...	Visualizar	552	50	0,58	
passeidireto.com/arq...	Visualizar	671	43	0,49	
senai-to.com.br/Linh...	Visualizar	622	39	0,45	
clubedoconcreto.com...	Visualizar	636	25	0,29	
abntcatalogo.com.br/...	Visualizar	220	6	0,07	
locus.ufv.br/bitstre...	-	-	-	-	Download falhou. HTTP response code: 0