

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DO AGREGADO RECICLADO DE CONCRETO E DO AGREGADO RECICLADO DE REVESTIMENTO CERÂMICO PARA APLICAÇÃO EM CAMADA DE BASE DE PAVIMENTOS

Henrique Pereira (1), Luiz Renato Steiner (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)pereira.h.p@hotmail.com, (2)luizsteiner@unesc.net

RESUMO

Com o crescimento da população, é notável o aumento expressivo de entulhos gerados nas cidades, sendo a principal matéria prima os resíduos de construção e demolição (RCD). Uma das formas de diminuir a quantidade de RCD é a sua aplicação como agregados reciclados, diminuindo os impactos ambientais e possibilitando melhor destino para os resíduos. A construção rodoviária é uma das áreas que mais consome recursos naturais, pois necessita de uma quantidade expressiva de materiais na sua composição. A finalidade deste estudo é avaliar as características físicas e mecânicas do agregado reciclado de concreto (ARC) e do agregado reciclado de revestimento cerâmico (ARRC), para aplicação em camada de base de pavimentos, comparando-as com um agregado natural comumente utilizado para esta finalidade. Conforme os ensaios realizados, pode-se perceber que o rejeito de concreto obteve características semelhantes, próximo ao da brita graduada, somente o índice de degradação apresentou valores maiores que o agregado de referência, não contemplando o limite da faixa adotada. O rejeito de revestimento cerâmico (RRC) por sua vez não obteve valores satisfatórios quanto a compactação, pois devido ao material não possuir materiais finos e pulverulentos, e ao formato do agregado ser do tipo lamelar, não foi possível obter a curva de compactação. Quanto a degradação, o ARRC obteve resistência maior que o ARC e dentro dos limites da faixa A do DNIT. Verifica-se que o ARC é um material que possui características próximas ao de referência (BGS), o que pode ser considerado apto para utilização em camada de base.

Palavras chaves: *agregados reciclados, base, características, resíduos.*

1. INTRODUÇÃO

Com a elevada utilização de recursos naturais pela construção civil, aumentou a preocupação dos países com a sustentabilidade no setor, tornando-se cada vez mais importante as pesquisas relacionadas a reutilização dos resíduos de construção e demolição (RCD). O grande fator do aumento de resíduos ocorreu pelo crescimento econômico do país nos últimos anos, o que esta diretamente ligado a área da construção civil. Segundo Neto (2005, p. 2) “Estima-se que, para cada tonelada de

lixo urbano recolhido, são coletadas duas toneladas de entulho originado do setor de construção civil.”

Uma das formas de reutilizar os resíduos de construção civil é a sua reaplicação na própria construção civil e em outros setores como na construção de pavimentos rodoviários, que consome muitos materiais e necessita de custo baixo, além disso, minimiza o impacto ao meio ambiente. Alguns estudos foram realizados sobre o comportamento dos resíduos de construção como agregados em camadas de base e sub-base de estradas, e se obteve índices satisfatórios com a aplicação.

No Brasil há muitas estradas a serem pavimentadas, e neste contexto, é fundamental avaliar a utilização de materiais reciclados em obras de pavimentação, possibilitando assim, uma deposição mais adequada destes materiais e a redução de custos dos pavimentos.

Para Balbo (2011, p.16) “o pavimento tem como função precípua suportar os esforços oriundos de cargas e de ações climáticas, sem que apresentem processos de deterioração de modo prematuro.” Os pavimentos podem ser classificados em: rígidos, semi-rígidos e flexíveis. Os pavimentos flexíveis são compostos “por camada superficial asfáltica (revestimento), apoiada sobre camadas de base, de sub-base e de reforço do subleito.” (Bernucci et al., 2008, p.337).

A base é parte da estrutura do pavimento flexível, localizada abaixo da camada de revestimento e acima da camada de sub-base, “sua principal função no pavimento é o suporte estrutural, promovendo a rigidez e a resistência à fadiga da estrutura.” (Pinto; Preussler, 2002, p.15).

Para serem aplicados em camadas de base de pavimentos flexíveis, os agregados reciclados de Concreto (RCC) e os agregados reciclados de revestimento cerâmico (ARRC), “devem apresentar-se resistentes, pouco deformáveis e com permeabilidade compatível com sua função na estrutura.” (Bernucci et al., 2008, p.339).

Este estudo visa comparar o comportamento do agregado reciclado de concreto (ARC) e agregado reciclado de revestimento cerâmico (ARRC). Com o comportamento mecânico de um agregado de referência, com o objetivo de verificar a possibilidade de utilização destes agregados (ARRC e RCC) como materiais de construção rodoviária.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Como o objetivo desta pesquisa, é avaliar o comportamento dos agregados reciclados para serem aplicados em camada de base de pavimento flexível, foram coletados amostras de rejeito de concreto e rejeito de revestimento de cerâmico de construção e demolição da região, para verificar o comportamento diante os esforços provocados em ensaios realizados em laboratório. A NBR 15.115/2004 (Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos) estabelece critérios para que o material seja utilizado para cada camada no pavimento. Para obter um comparativo, também é avaliado um material de referência, que neste caso é uma brita graduada simples (BGS), utilizada usualmente em camada de base.

Como os materiais de construção e demolição não são uniformes é necessário realizar a britagem do mesmo, principalmente para diminuir o tamanho das partículas e enquadrar na faixa de projeto que será utilizado o material. Após a coleta dos resíduos de construção, o material foi britado e peneirado para obtenção da granulometria. O DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte) estabelece parâmetros mínimos e máximos para cada faixa granulométrica.

Foram utilizados para os três materiais a mesma granulometria, contemplados na faixa A do DNIT. Na tabela 1 é apresentada as faixas granulométricas para agregados utilizados em camadas do pavimento segundo especificações do DNIT.

Tabela 1: Faixas granulométricas para agregados de camada de pavimento

Tipos Peneiras	N > 5 x 10 ⁶				N < 5 x 10 ⁶		Tolerâncias da faixa de projeto
	A	B	C	D	E	F	
	% em peso passando						
2"	100	100	-	-	-	-	± 7
1"	-	75-90	100	100	100	100	± 7
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-	± 7
Nº 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	10-100	± 5
Nº 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100	± 5
Nº 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70	± 2
Nº 200	2-8	5-15	5-15	10-25	6-20	8-25	± 2

Fonte: DNIT, 2010

2.1 BRITADORES

Para o processo de britagem dos resíduos, foram usados três tipos de britadores, mandíbula, impacto e o moinho periquito.

Os britadores de mandíbula e impacto foram utilizados de forma a diminuir os tamanhos das partículas, sendo que os britadores geraram materiais com tamanhos de partículas variadas. Com uma dificuldade maior em obter material fino passante na peneira 200, foi necessário o uso do moinho periquito para fragmentar os agregados do rejeito de concreto e revestimento cerâmico.

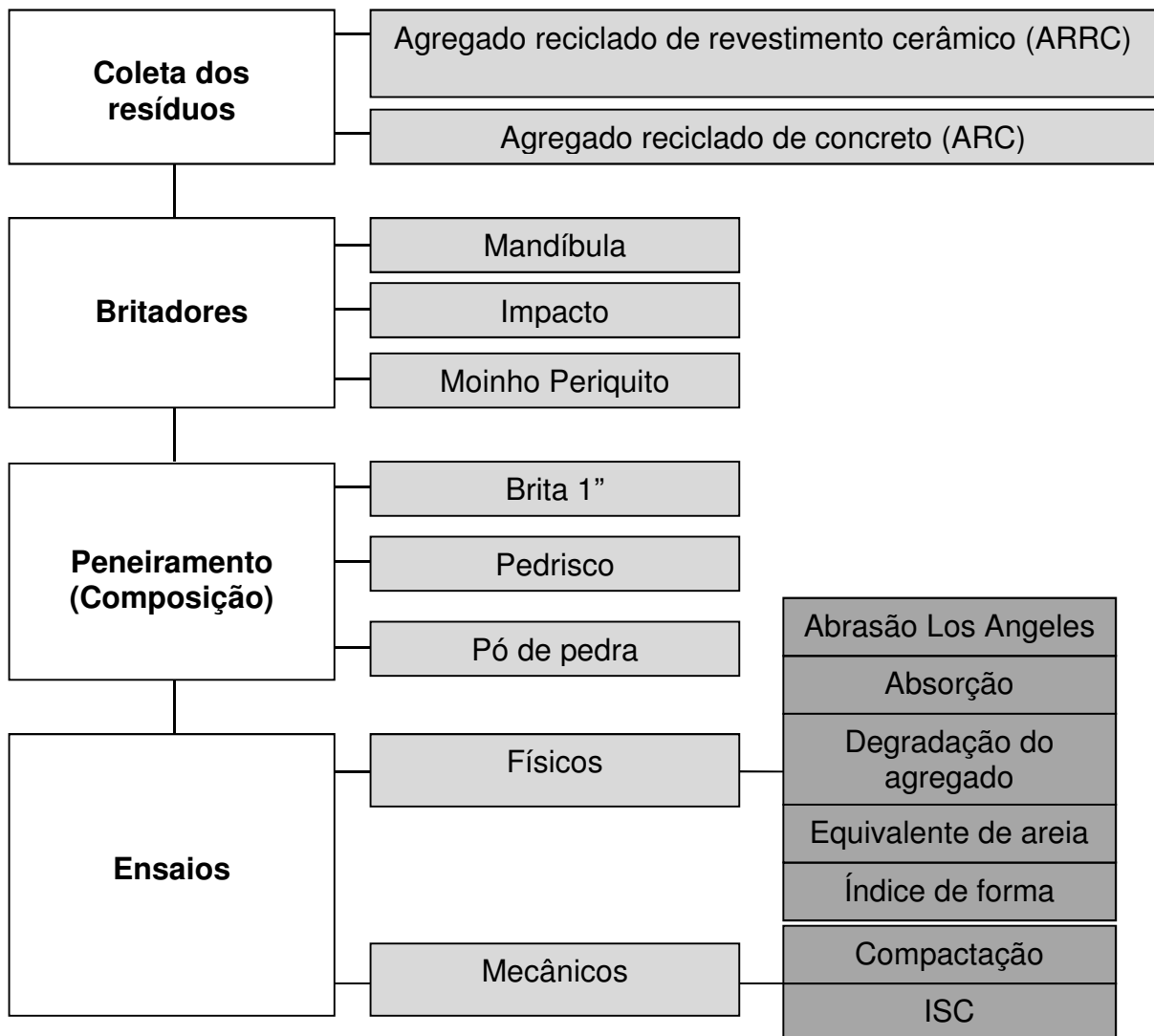
2.2 ENSAIOS

Os ensaios foram realizados no IDT (Instituto de Engenharia e Tecnologia) localizado no I-parque (Parque Científico e Tecnológico da UNESC). Para os três materiais estudados nesta pesquisa: BGS, ARC e ARRC, foram realizadas os seguintes ensaios de acordo com o procedimento descrito na norma citada entre parênteses.

- Abrasão Los Angeles (DNER 035/98).
- Absorção do agregado graúdo (DNER 81/98).
- Ensaio de equivalente de areia (DNER-ME 054/97)
- Compactação na energia modificada (NBR 7182/86).
- Índice de Suporte Califórnia (ISC) (DNER-ME 049/94).
- Degradação do agregado após compactação (DNER 398/99).
- Índice de forma do agregado graúdo – Método do paquímetro (NBR 7809/2008)

O fluxograma abaixo representa as etapas do processo:

Figura 1: Fluxograma com as etapas da pesquisa



Fonte: Autor, 2017.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ABRASÃO LOS ANGELES E ABSORÇÃO

O ensaio de abrasão Los Angeles consiste na degradação do agregado gráudo quando o mesmo sofre impacto entre os agregados e as esferas metálicas. A norma do DNER-ME 035/98 trata da execução do ensaio de abrasão, na qual especifica que a quantidade de material utilizado no ensaio depende da faixa granulométrica adotada, no caso deste estudo será realizado com a faixa A, que exige uma quantidade de 5000 gramas de material retido nas peneiras 1" à 3/8". Além da

quantidade de material, é exigido que seja colocado no equipamento Los Angeles 12 esferas em 500 rotações.

A norma do DNIT 141/2010 especifica que para materiais de base, a abrasão Los Angeles deve ser inferior a 55%, qualquer valor abaixo é considerado válido para o emprego na camada, sendo que quanto maior o valor, maior a degradação do material.

O ensaio de absorção de água do agregado graúdo é definido pela norma DNER 081/98, no qual especifica apenas o modo de execução e não estabelece parâmetros para utilização.

Tabela 2: Resultado dos ensaios de abrasão Los Angeles e absorção de água

Material	Abrasão Los Angeles (%)	Absorção (%)
BGS	9,62	0,65
ARC	35,14	5,03
ARRC	24,48	4,2

Fonte: Autor, 2017

A tabela 2 apresenta os valores obtidos no ensaio de abrasão Los Angeles e absorção de água. Pode-se perceber uma porosidade muito baixa no material de referência (BGS) em relação aos ARC e ARRC, uma característica comum deste tipo de material, isto se reflete na compactação do mesmo, pois precisa de uma quantidade baixa de água para melhorar a coesão dos agregados graúdos e miúdos da amostra.

O ARC obteve um maior desgaste e maior absorção de água comparado ao material de referência (BGS) e ao ARRC. Segundo Grubba (2009, p. 74) os agregados reciclados de concreto podem apresentar maior porcentagem de desgaste no ensaio de abrasão, comparados com o desgaste de agregados naturais, em função da presença de argamassa / pasta cimento fracamente aderida aos grãos do agregado reciclado e à heterogeneidade do concreto empregado. O ARRC atingiu desgaste maior que o agregado de referência (BGS), porém, valores menores que o ARC. A resistência da cerâmica pode ser explicada pelo processo de sinterização na fabricação. Após a peça ser conformada, é aplicada uma determinada temperatura fazendo com que ocorra uma remoção dos poros e união entre as partículas vizinhas, isto gera uma maior qualidade das características da peça cerâmica, inclusive a resistência mecânica, comparado ao concreto, que não passa por este processo de queima e a condição que sofre a mistura com outros materiais.

3.2 ENSAIO DE EQUIVALENTE DE AREIA

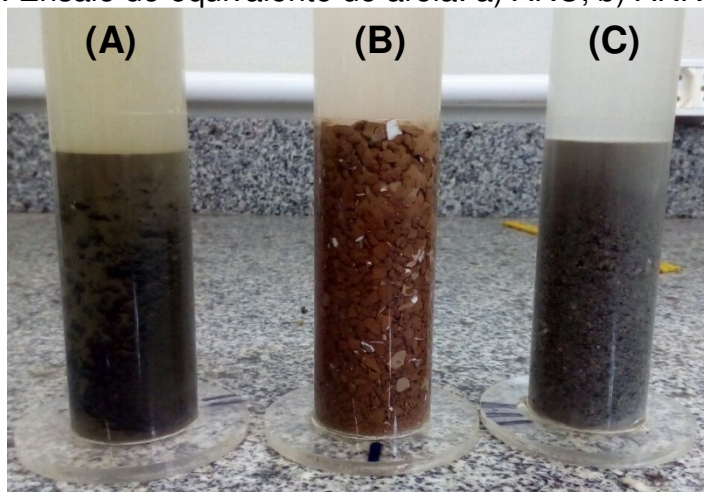
Este ensaio consiste em fazer verificação da quantidade de material fino e impurezas presente na amostra, sendo que quanto maior o resultado de equivalente de areia, menor a quantidade destes materiais na amostra. Na tabela 3 são apresentados as leituras e os resultados do ensaio de equivalente de areias das amostras estudadas. Na figura 2 é mostrado o aspecto visual após a sedimentação dos finos dos materiais estudados. resíduo de concreto (A), resíduo de revestimento cerâmica (B) e material de referência (C).

Tabela 3: Resultados do ensaio de equivalente de areia

Amostra	Referência	Concreto	Cerâmica
Leitura do topo de areia	9,3	9,4	10,5
Leitura do topo de argila	8,6	8	10,5
Equivalente de areia (%)	92,47	85,1	100

Fonte: Autor, 2017

Figura 2: Ensaio de equivalente de areia: a) ARC; b) ARRC; c) BGS.



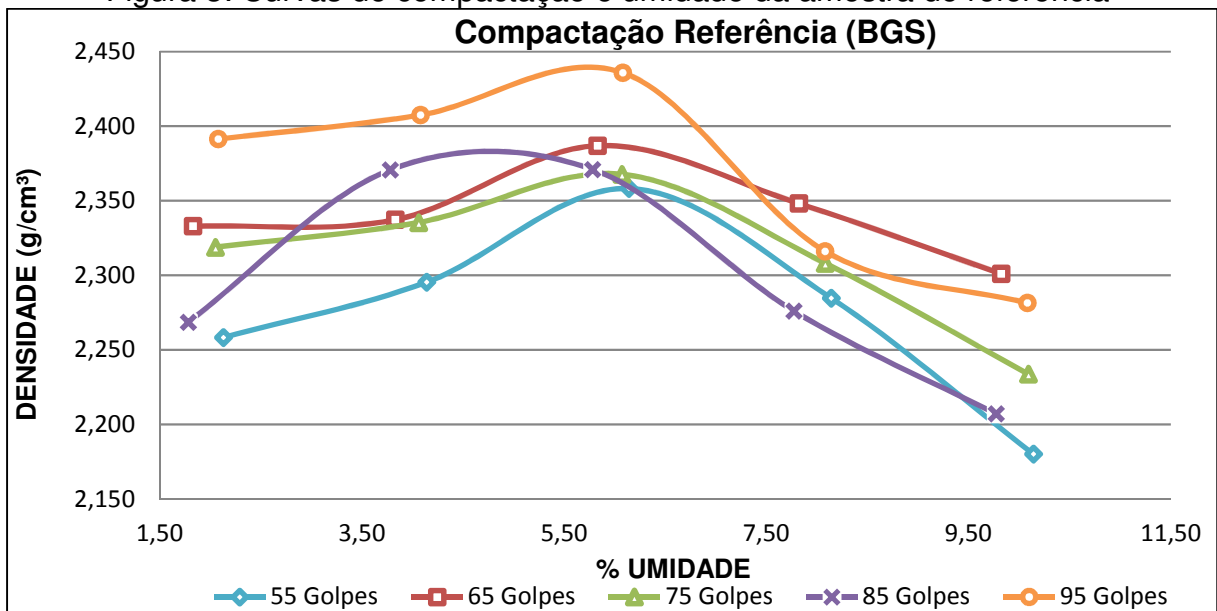
Fonte: Autor, 2017

Conforme os resultados apresentados, é possível perceber que o ARRC, não possui quantidade de finos e impurezas em sua amostra, podendo interferir na compactação do mesmo. Segundo Teodoro (2013, pg. 24) “O material pulverulento encontrado nas areias naturais tem origem argilosa”, no qual influência na coesão dos agregados”.

3.3 COMPACTAÇÃO

A NBR 15.115/2004 exige que a compactação seja realizada no mínimo na Energia de Proctor Modificado, com 55 golpes para aplicação em camada de base. O presente trabalho foi realizado nas energias de 55, 65, 75, 85 e 95 golpes para os três materiais analisados a fim de representar diversos números de passadas do equipamento de compactação.

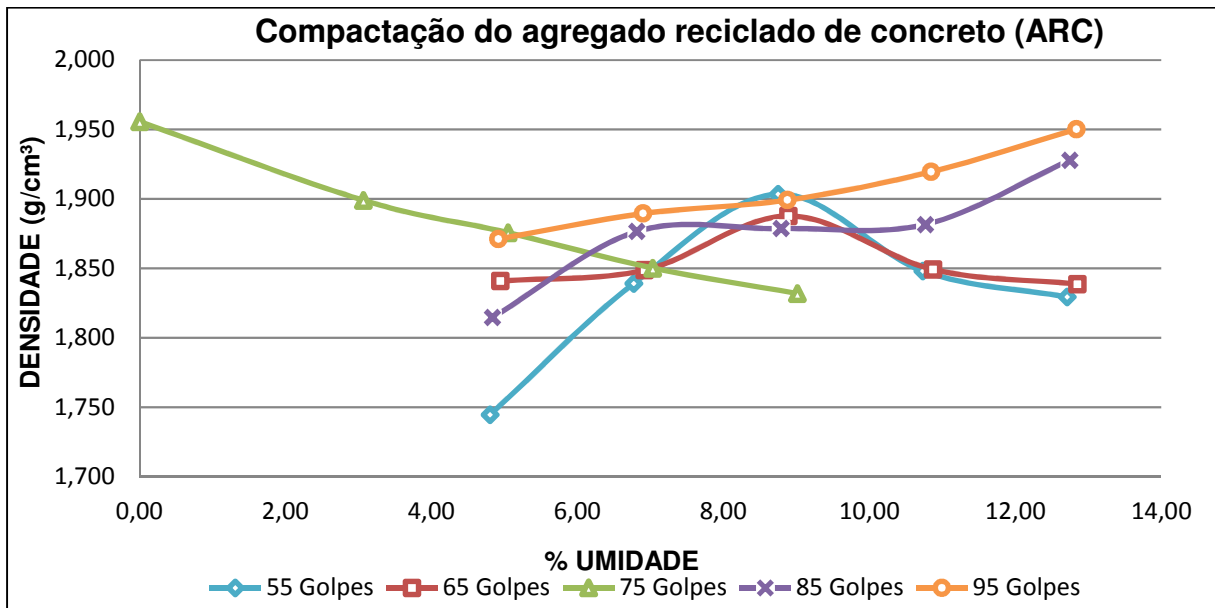
Figura 3: Curvas de compactação e umidade da amostra de referência



Fonte: Autor, 2017

Conforme os resultados apresentados na figura 3 a maior densidade obtida esta na energia de compactação com 95 golpes, ficando evidente que quanto maior a energia aplicada no material, maior vai ser a aproximação entre os grãos e conseqüentemente diminuir quantidade de vazios. Com uma umidade ótima de 6,08% foi obtido a máxima densidade seca de 2,436 g/cm³ para o agregado de referência. Como a NBR 7182/86 especifica apenas o ensaio na energia de 55 golpes, para esta energia os valores de ISC e densidade máxima resultaram em 160,32% e 2,358 g/cm³.

Figura 4: Curvas de compactação e umidade da amostra de concreto

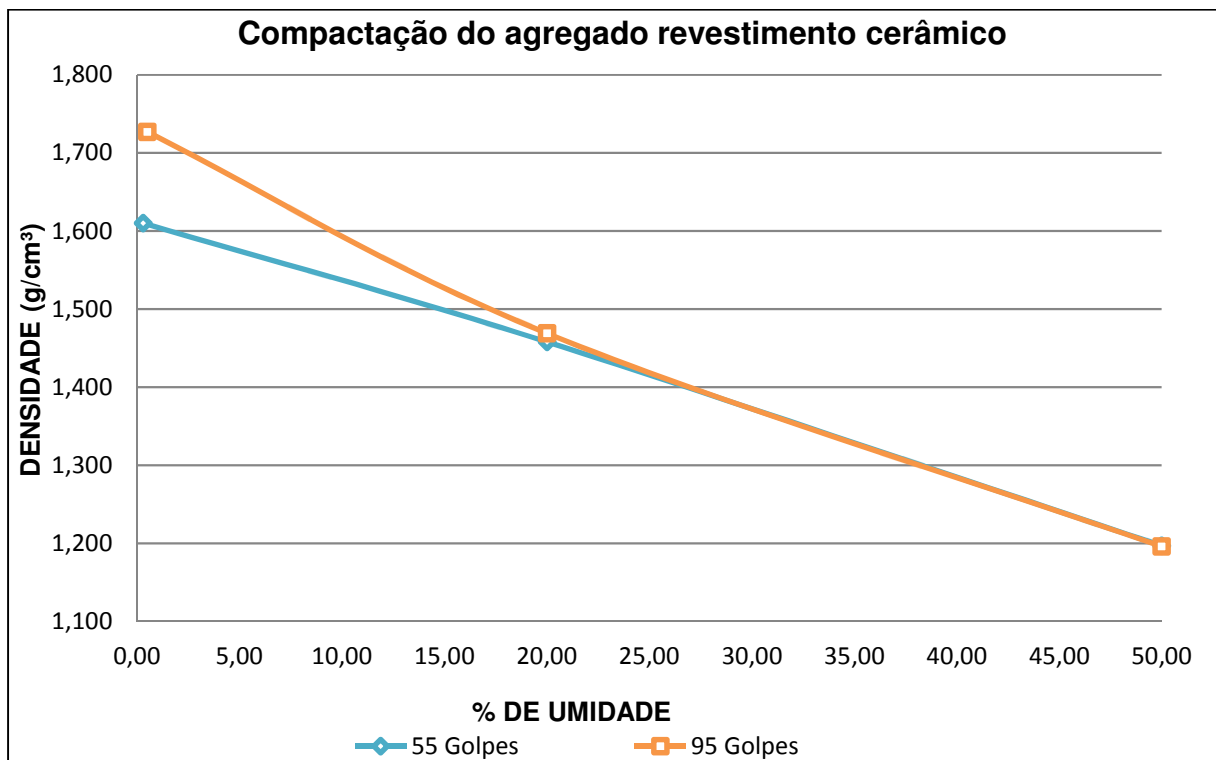


Fonte: Autor, 2017

Na figura 4 são mostrados os resultados de compactação do ARC. Observa-se que o agregado reciclado de concreto obteve comportamento diferente do material de referência (BGS). Nas energias 55 e 65 golpes, o material apresentou umidade ótima 8,75% e 8,89%, respectivamente, com densidades máximas de 1,903 g/cm³ e 1,888 g/cm³. Analisando a umidade de 8,75% aproximadamente, as densidades apresentaram valores similares, considerando um valor estável para utilização, este material submetido a energias maiores que 75 golpes, há uma desestabilização da compactação, conforme apresenta as curvas de compactação da figura 4.

A quantidade de partículas finas até a energia de 65 golpes foi o suficiente, a partir da energia de 75 golpes, o material começou a degradar muito e acabou gerando excesso de material fino, que por sua vez melhora a coesão, mas em grande quantidade desestabiliza a amostra. De acordo com Bernucci et al (2008, p.359) quando há excesso de finos, não se garante contato entre grão-grão da amostra e em geral a densidade é mais baixa, dificultando a interação e o intertravamento destas partículas, por possuir muitos agregados finos e poucos agregados graúdos.

Figura 5: Curvas de compactação e umidade da amostra de revestimento cerâmico



Fonte: Autor, 2017

O ARRC resultou em um comportamento muito diferente ao material de referência (BGS). Com este material não foi possível encontrar a umidade ótima, uma vez que a densidade máxima atingida foi obtida quando o material estava totalmente seco sem adição de água, e conforme se adiciona água na mistura a densidade diminuiu. Este comportamento pode estar relacionado com a ausência de argilominerais naturais, como mostra o ensaio de equivalente de areia. Os agregados da amostra de referência (BGS) e o ARC possuem uma porcentagem de material pulverulento que é composto por argilominerais, promovendo a coesão entre as partículas pelo efeito da água, durante a compactação, o que não se percebe com o ARRC. Para compensar a falta de coesão do ARRC, poderia ser gerado mais partículas finas, enquadrando este material em outra faixa granulométrica ou mesmo a mistura deste agregado com um material que possui argilominerais na sua composição. Outro aspecto que também influencia na densidade, conforme se adiciona água na mistura é o formato do agregado gráudo, que por ter um aspecto lamelar, predominante em suas partículas, altera a energia de compactação, impedindo o intertravamento entre os grãos compactados e dificultando alcançar densidades maiores.

3.4 ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (ISC)

A análise do ARC foi realizada apenas para as energias de 55 e 65 golpes, pois a partir da energia de 75 golpes, não foi encontrado a umidade ótima do ARC, tendo como base a umidade inicial do material. Na amostra de ARRC não foi possível verificar o ISC, pois a falta de coesão da mistura não permitiu manter o cilindro preenchido com o material compactado nas amostras, como se observa na figura 6. Pode-se verificar que o ARC nas energias de compactação de 55 e 65 golpes possui um ISC maior que o agregado de referência (BGS).

A tabela 4 apresenta os resultados do ISC obtidos para os materiais BGS e ARC, em amostras compactadas na umidade ótima. Na amostra de ARRC não foi possível verificar.

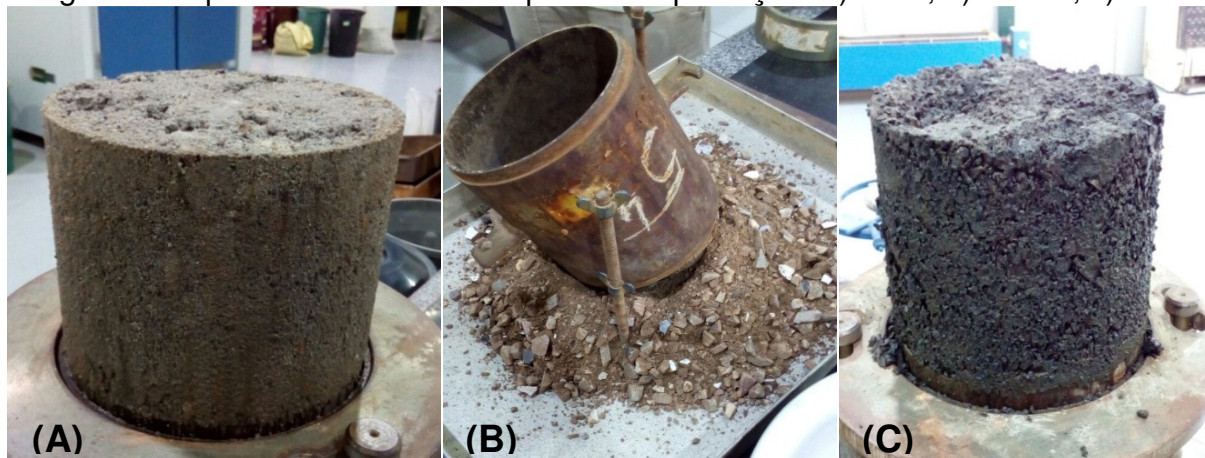
Tabela 4: Comparativo de densidade e ISC para diferentes energias de compactação

		BGS	ARC
55 Golpes	Densidade (g/cm ³)	2,358	1,903
	ISC (%)	160,32	204,83
65 Golpes	Densidade (g/cm ³)	2,387	1,888
	ISC (%)	203,80	204,88
75 Golpes	Densidade (g/cm ³)	2,368	1,875
	ISC (%)	224,8	177,89
85 Golpes	Densidade (g/cm ³)	2,371	1,878
	ISC (%)	240,5	136,03
95 Golpes	Densidade (g/cm ³)	2,436	1,899
	ISC (%)	188,8	122,44
Média ISC		203,65	169,21

Fonte: Autor, 2017

Como pode ser observado na figura 6, após a compactação o agregado reciclado de revestimento cerâmico não obteve coesão suficiente para unir as partículas dos agregados, não sendo possível a realização da imersão do cilindro e posteriormente a obtenção do valor do ISC. A BGS e o ARC apresentaram ISC muito bons, acima de 100%.

Figura 6: Aspectos dos materiais após a compactação: a) ARC; b) ARRC; c) BGS.



Fonte: Autor, 2017

3.5 DEGRADAÇÃO DO AGREGADO APÓS COMPACTAÇÃO

Após a compactação dos materiais, é utilizado um corpo de prova compactado para fazer o peneiramento e verificar a granulometria do material após a compactação. A compactação visa a diminuição dos vazios e no seu volume, com isso, o material tende a obter maior quebra de seus agregados graúdos. Foram realizados para os dois materiais em estudo (ARC e ARRC) e o material de referência (BGS), nas suas respectivas energias de compactação, sendo o ARRC somente nas energias de 55 e 95 golpes.

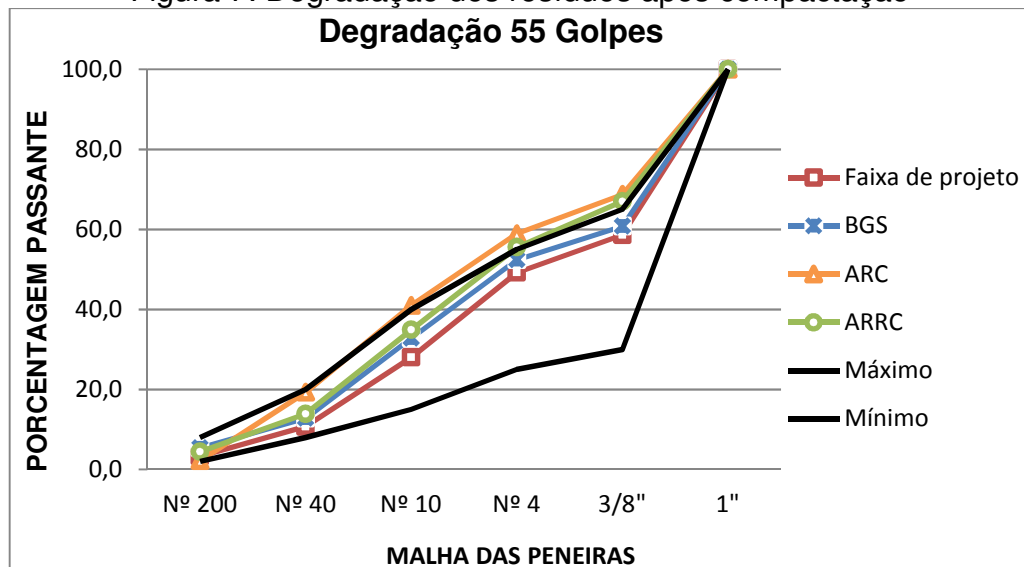
Conforme a tabela 1, a faixa granulométrica possui uma tolerância, permitindo pequenas variações na granulometria dos materiais. Analisando as figuras 7, 8, 9, 10 e 11, e com base nas tolerâncias da faixa do DNIT, somente na energia de 55 golpes que todos os materiais estudados ficaram dentro da faixa especificada. É notável, conforme as figuras 7, 8, 9, 10 e 11 demonstram, o material degradou a partir da peneira 3/8" e aumentou a quantidade de finos. Este fato é explicado com base na tendência dos materiais estudados em se degradarem no ensaio de abrasão Los Angeles e também ao impacto gerado pelo equipamento no momento da compactação.

Na análise dos resultados, o ARC obteve o maior índice de degradação do material, sendo que esta vinculado a maior índice de quebra, devido a quantidade de argamassa presente no material que é parte menos resistente em concretos, uma vez que o rejeito de concreto é uma mescla de argamassas e concretos de consistências e resistências variadas. O agregado de referência (BGS) não obteve alterações

significativas, sendo que os valores permaneceram quase inalterados em relação a faixa estudada. O ARRC obteve valores fora da faixa, mas dentro da tolerância aceitável, sendo que se encaixa para uso em base de pavimentos quanto a este aspecto. Na prática, a degradação do material pode afetar a instabilidade da camada que esta sendo executada. Conforme a energia aplicada do rolo compactador é aumentada, partículas de maior dimensão são fraturadas em tamanhos menores e conseqüentemente o material recebe mais finos, desestabilizando a misturas e diminuindo sua capacidade de, sendo a energia de 55 golpes mais adequada, pois os materiais sofrem menos quebra e permanecendo dentro das especificações da faixa especificada.

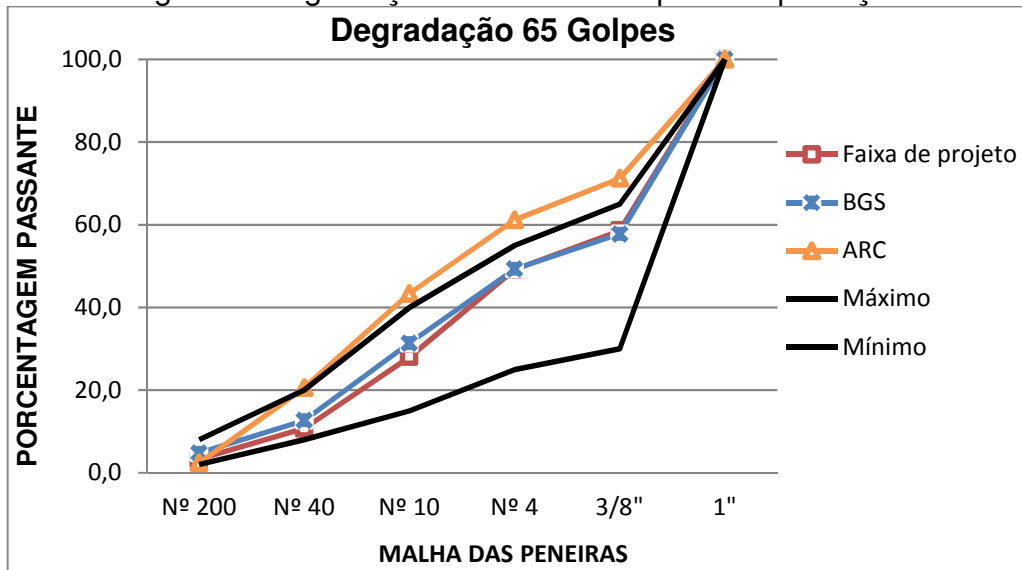
As figuras 7, 8, 9, 10 e 11 apresentam os limites da faixa A do DNIT e os valores correspondentes a cada material nas respectivas energias de compactação empregadas.

Figura 7: Degradação dos resíduos após compactação



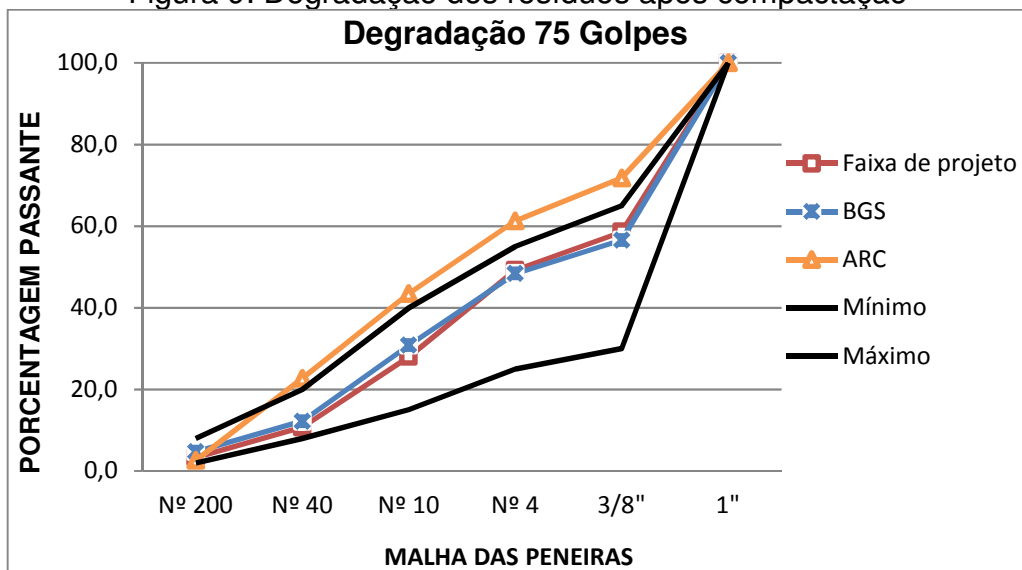
Fonte: Autor, 2017

Figura 8: Degradação dos resíduos após compactação



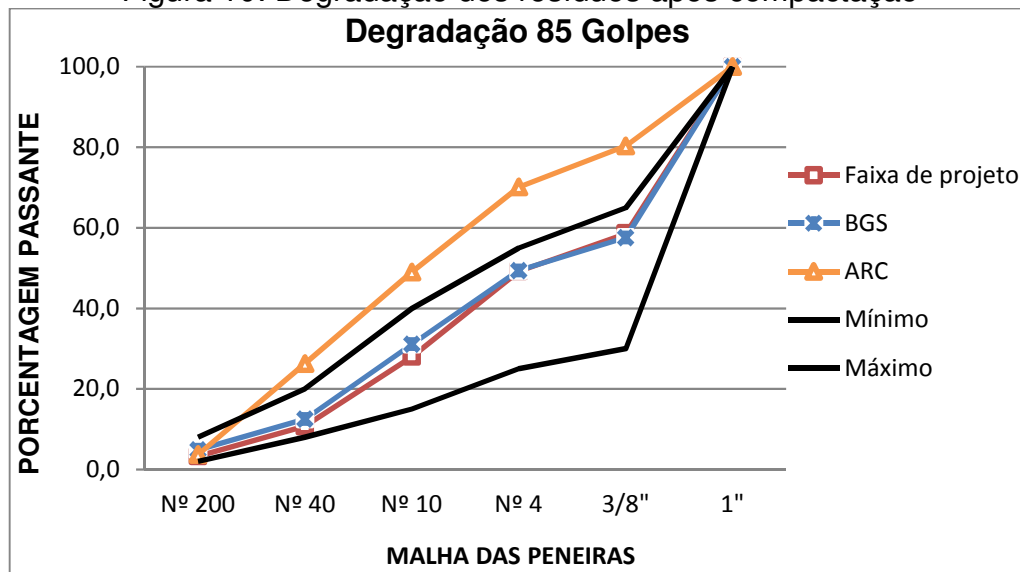
Fonte: Autor, 2017

Figura 9: Degradação dos resíduos após compactação



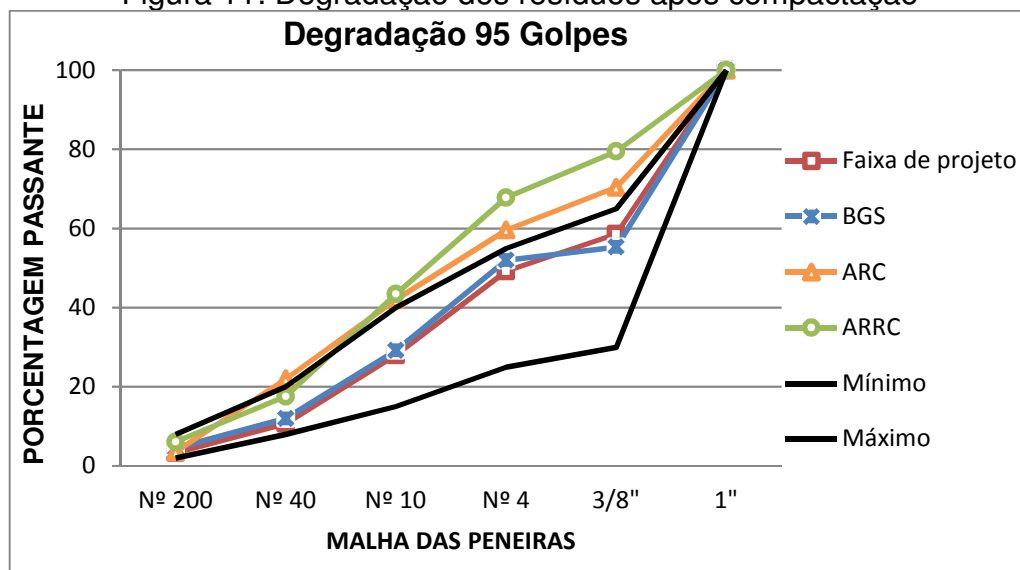
Fonte: Autor, 2017

Figura 10: Degradação dos resíduos após compactação



Fonte: Autor, 2017

Figura 11: Degradação dos resíduos após compactação



Fonte: Autor, 2017

4. CONCLUSÕES

- ✓ Com base nos resultados apresentados, verifica-se que o ARC é um material que possui características próximas ao de referência (BGS), o que se pode considerar apto para utilização em camada de base.
- ✓ O ARC obteve em todas energias de compactação valores do Índice de Suporte Califórnia satisfatórios, todos acima de 100% que é especificação para bases de brita graduada, sendo suficientes para seu emprego em camada de base.

- ✓ Apesar dos bons resultados no ISC, o ARC deve ser analisado quanto ao índice de degradação, pois em energias maiores de compactação, sua granulometria tende a se modificar saindo dos parâmetros de uma faixa granulométrica estabelecida na composição, podendo promover instabilidade do sistema em uma camada de pavimento.
- ✓ Para o ARRC, não foi possível avaliar sua capacidade de suporte. O rejeito de cerâmica não apresentou coesão para faixa especificada impossibilitando a realização dos experimentos.
- ✓ Para o ARRC, a falta de coesão entre as partículas pode estar relacionada com a falta de material fino presente na amostra, que acaba dificultado a densificação da mistura, sendo necessário o estudo do mesmo revestimento em outra faixa granulométrica com maior presença de finos e/ou com um material que possui características aglutinantes.
- ✓ Outro fator que deve ser levado em consideração para a falta de densificação do ARRC é o índice de forma que se apresentou lamelar impedindo um melhor entrosamento das partículas sob o efeito da compactação, uma vez que as partículas tende a se depositar na forma de laminas sobrepostas, absorvendo a energia de compactação.

5. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- ✓ Estudar a utilização dos resíduos de concreto e resíduos de revestimento cerâmico em estabilização de solos expansivos;
- ✓ A viabilidade de uso dos rejeitos como material drenante em pavimentações;
- ✓ Avaliar o comportamento dos resíduos de concreto e resíduo de revestimento cerâmico em energias de compactação menores;
- ✓ Estabelecer faixa granulométrica específica para utilização destes materiais em obras de pavimentação;
- ✓ A utilização dos resíduos de concreto e resíduos de revestimento cerâmico como agregado em outras áreas da construção civil;

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7809**: Agregado graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 15115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 7182**: Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica**: materiais, projeto e restauração. São Paulo, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para Engenheiros. Rio de Janeiro, 2008.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER 035**: Agregados – Determinação da abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **DNER 081**: Agregados – Determinação da absorção e da densidade do agregado graúdo. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **DNER 086**: Agregados – Determinação do índice de forma. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **DNER 398**: Agregados – Índice de degradação após compactação proctor. Rio de Janeiro, 1999.

_____. **DNER 049**: Determinação do índice de suporte califórnia. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **DNER 054**: Equivalente de areia. Rio de Janeiro, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. **DNIT 141**: Pavimentação – base estabilizada granulometricamente – especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010.

GRUBBA, David Christian Regis Pereira. **Estudo do comportamento mecânico de um agregado reciclado de concreto para utilização na construção rodoviária.** 2009. 163 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Carlos.

NETO, José da Costa Marques. **Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição no Brasil.** São Paulo, 2005.

TEODORO, Sabrina Bastos. **Avaliação do uso da areia de britagem na composição do concreto estrutural.** 2013. 65p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.