



USO DE RESÍDUO CERÂMICO COMO AGREGADO NA COMPOSIÇÃO DE CONCRETO GRANILITE: VERIFICAÇÃO QUANTO À RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO¹

Pietro Maria Silva Rossi² & Gilson Castro de Moraes³

Resumo – O concreto granilite é produzido com agregados naturais de granito ou mármore, chamados de granilha, e tem sua principal utilização em pisos de alto desempenho. No entanto, apesar de sua vasta utilização na construção civil, sua produção e execução não foram alvo de normatização e estudos a respeito de suas características e comportamento estrutural. Este trabalho visa avaliar o comportamento estrutural quanto à resistência à compressão do concreto granilite produzido com diferentes percentuais de resíduo cerâmico em substituição à granilha em sua composição. Para tanto, foi desenvolvida metodologia para o beneficiamento do resíduo cerâmico, tal que deixe sua granulometria similar ao da granilha comercialmente utilizada para fabricação de piso. Obteve-se um aumento de 39,20% na resistência a compressão do concreto granilite, aos 28 dias de cura, quando o percentual de substituição da granilha por resíduo cerâmico foi de 30%.

Palavras-Chave – Concreto granilite, resíduo cerâmico, granilha.

USE OF CERAMIC WASTE AS ADDED IN COMPOSITION OF GRANILITE CONCRETE: VERIFICATION AS TO RESISTANCE TO COMPRESSION

Abstract – Granilite concrete is produced with natural aggregates of granite or marble, called granilha, and have your main use in high-performance floors. However, despite your extensive use in construction, production and execution were not your target of standardization and studies regarding their characteristics and structural behavior. This work aims to evaluate the structural behavior regarding the compressive strength of concrete granilite produced with different percentages of ceramic residue in place of granilha in your composition. It was developed methodology for the processing of ceramic residue, such that let your particle size similar to the commercially used for making granilha. Contacted if a 39.20% increase in compression strength of concrete granilite, to 28 days, when the percentage of granilha replacement for ceramic residue was 30%.

Keywords – Granilite concrete, ceramic residue, granilha.

¹ Artigo apresentada a Coordenação do Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Rondônia - FARO, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

² Graduando em Engenharia Civil, pietro.rossi91@hotmail.com

³ Professor orientador, gcmoraes1951@gmail.com



FICHA CATALOGRÁFICA

R823u Rossi, Pietro Maria Silva.

Uso de resíduo cerâmico como agregado na composição de concreto granilite: verificação quanto à resistência a compressão. / Pietro Maria Silva Rossi. – Porto Velho, 2017.

17 f.; il.

Orientador: Prof. Me. Gilson Castro de Moraes.

Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação em Engenharia Civil - Faculdade de Rondônia - FARO, Porto Velho, 2017.

1. Concreto granilite. 2. Resíduo cerâmico. 3. Granilha. I. Moraes, Gilson Castro de. II. Título. III. FARO.

Bibliotecária: Cleomar Cetauro Freitas / CRB11-957.



INTRODUÇÃO

O Granilite é um concreto em que o agregado utilizado em sua produção são granitos e o mármore com granulometria nos tamanhos de 0 a 3 mm. Seu principal uso é na execução de revestimentos em granilite (ou marmorite), que se trata de um piso rígido com juntas de dilatação que após a concretagem é polido, aflorando assim as granilhas dando um efeito estético arrojado.

As granilhas, que fazem a função de agregado no concreto granilite, devem atender a todos os requisitos exigidos pela NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação (ABNT, 2009), com a ressalva de que além de terem a função de contribuir para a resistência do mesmo desempenham um papel decorativo e estético no revestimento. Portanto, a seleção das mesmas deve ser criteriosa em ambos os sentidos.

Apesar de seu uso extremamente difundido no Brasil inteiro, tanto o concreto como o revestimento em granilite ainda não possuem normatização para sua produção e/ou execução, sendo estas feitas de forma empírica atualmente.

Atualmente o Resíduo de Construção e Demolição (RCD) representa de 50% a 70% de todo o Resíduo Sólido Urbano (RSU) gerado no Brasil, de acordo com o estudo Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe). Deste total, pode-se estimar que 29,8% é composto por alvenaria/ revestimento cerâmico, 25,4% restos de solos, 13% concreto/argamassa, 10,4% gesso, 8% madeira, 5% embalagens, 3,8% tintas vernizes, e 3,6% metais (LUCENA, 2005).

Assim tem-se que pelo menos 68,2% do RCD gerado é passível de ser utilizado como um agregado alternativo na produção de concreto e argamassa, para tanto é necessário um estudo aprofundado do comportamento deste material, bem como sua viabilidade econômica.

Haja vista que a utilização do resíduo cerâmico como granilha para produção de concreto granilite ainda é pouco estudado, propõe-se como objetivo deste trabalho avaliar a influência do resíduo cerâmico na composição do concreto granilite quanto à sua resistência à compressão. Assim, elaborou-se uma metodologia para beneficiar o resíduo cerâmico e desenvolveu-se experimentalmente traços de concreto granilite afim de avaliar a resistência à compressão axial dos traços desenvolvidos.

METODOLOGIA

MATERIAIS

Para desenvolvimento desta pesquisa foram usados cimento Portland, granilha, resíduo de cerâmica e água do sistema de abastecimento da FARO.

O cimento utilizado neste estudo foi o Mizu CP-II-Z-32-RS, produzido pela indústria Mizú Cimentos Especiais e adquirido na cidade de Porto Velho. Trata-se de um cimento Portland composto, com presença de material pozolânico, resistência à compressão de 32 Mpa aos 28 dias, e resistente ao ataque de sulfatos.

A granilha por ser um material de uso muito específico, na grande maioria das vezes na produção de piso granilite, é de difícil aquisição para o consumidor final. Para utilização neste trabalho, contataram-se executores deste tipo de piso existentes na cidade de Porto Velho – RO, onde foi solicitada a doação do material para uso em pesquisa, sendo atendida pela empresa

Graniton Construções que dou 10,0 kg compostas pelas cores preta e branca, conforme mostra Figura 1.



Figura 1 – Granilha comercial utilizada neste estudo

Para obtenção do resíduo cerâmico primeiramente foi realizada uma breve pesquisa em quatro estabelecimentos que comercializam cerâmica no município de Porto Velho/RO, conforme mostra Tabela 1, a fim de verificar quais os tipos de revestimentos cerâmicos, a destinação e a porcentagem destes que se perdem por quebra no transporte. Concomitante com a pesquisa foi solicitado às empresas a doação deste material para a pesquisa, que foi prontamente atendida.

Tabela 1 – Empresas pesquisadas em Porto velho-RO

Empresas	Quantidade de Perda	Quantidade de Material Doado
Atlantis Casa & Construção	1,40%	5,00 kg
Todo Lar	4,82%	3,00 kg
Zezinho Materiais de Construção	8,00%	3,20 kg
Catarinense	0,75%	2,10 kg

Identificou-se que não existe padrão no tipo de material perdido, variando de cerâmicas de diversos PEI's aos porcelanatos, ambos com dimensões diversas.

Quanto à porcentagem de perda, ela é diretamente relacionada ao tipo de transporte e armazenamento contratado sendo seu custo de prejuízo atribuído ao responsável pelo transporte, ou seja, o transporte e armazenamento feito através de empilhadeiras mecânicas possui uma porcentagem de perda menor que o feito manualmente.

Em relação à sua destinação após a quebra, constatou-se que nas 4 (quatro) empresas pesquisadas que as mesmas revendem como cacos cerâmicos, armazenados em sacos de fibra de 5,0 kg.

BENEFICIAMENTO RESÍDUO CERÂMICO

O beneficiamento visa converter o resíduo cerâmico em grãos de granulometria similar à granilha comercial utilizada na produção do concreto granilite. Para tanto se utilizou a recicladora da empresa PRS – Processadora de Resíduos Sólidos. A partir do processamento, no qual o resíduo cerâmico foi triturado, realizou-se ainda um peneiramento manualmente visando uniformizar o material, retendo partículas com diâmetro maior que 1 mm, as quais foram utilizadas na produção dos traços de granilite descartando o material não retido, conforme mostra a Figura 2.



Figura 2 – Processo de beneficiamento, à esquerda, peneiramento do material e, à direita, material peneirado pronto a ser utilizado no concreto granilite.

DOSAGEM DO CONCRETO GRANILITE

Para avaliar a influência do resíduo cerâmico na resistência à compressão do granilite, foram adotados 3 (três) traços diferentes, variando a porcentagem de resíduo em relação ao agregado, além do traço de referência (Traço M), conforme vemos na Tabela 6.

Tabela 2 – Traços utilizados na produção do granilite

Componentes	Traços			
	M (0%)	I (30%)	II (50%)	III (100%)
Cimento	1500,0 g	1500,0 g	1500,0 g	1500,0 g
Granilha Branca	1200,0 g	840,0 g	600,0 g	0,0 g
Granilha Preta	1200,0g	840,0 g	600,0 g	0,0 g
Resíduo	0,0 g	720,0 g	1200,0 g	2400,0 g
Água	691,5g	691,5g	691,5g	691,5g

A adoção do traço de referência (Traço M) baseou-se nos comumente empregadas pelos executores, referenciando-se ainda no traço definido por Francelino (2012), adotando-se as proporções de 1:1,6:0,461 (cimento:granilha:água). Visando um efeito visual mais refinado, e mantendo ainda sua função decorativa, é de praxe utilizar 2 (dois) tipos de granilha na execução com cores diferentes, portanto as proporções ficaram as seguintes 1:0,8:0,8:0,461 (cimento:granilha branca:granilha preta:água).

Adotou-se também: o Traço I (30%) que substitui 30% do agregado de granilha por resíduo cerâmico, com proporções de 1:0,56:0,56:0,48:0,461 (cimento:granilha branca:granilha preta:resíduo:água); o Traço II (50%) que substitui 50% do agregado de granilha por resíduo



cerâmico, com proporções de 1:0,4:0,4:0,8:0,461 (cimento:granilha branca:granilha preta:resíduo:água); e o Traço III (100%) que substituí 100% do agregado de granilha por resíduo cerâmico, com proporções de 1:0:0:1,6:0,461 (cimento:granilha branca:granilha preta:resíduo:água).

PREPARO DOS CORPOS DE PROVA

A confecção dos corpos de prova foi realizada no Laboratório de Solos da FARO, com os materiais e equipamentos disponíveis. No qual primeiramente realizou-se a dosagem em massa de todos os materiais a serem utilizados em cada traço com uma balança com resolução de 0,10 g.

Após a dosagem em massa, procedeu-se à mistura utilizando a betoneira estacionária M-130 da marca *Vencedora MAQTRON*, que consistiu em primeiramente colocar a água no tambor e logo em seguida os materiais sólidos. A betoneira operou por três minutos com rotação de 30 RPM, obedecendo assim, às especificações do fabricante.

Uma vez misturados os componentes, procedeu-se a moldagem dos corpos de prova. O molde utilizado foi o de 50 x 100 mm (diâmetro x altura), cilíndrico de aço, e para o adensamento foi utilizado um soquete, fazendo-se o preenchimento do molde até a altura de um terço aproximadamente com argamassa e aplicavam-se trinta golpes com o soquete, em seguida repetia-se o processo até encher completamente o molde, conforme especifica a NBR 5738 (ABNT, 2003).

Foram produzidos 36 (trinta e seis) corpos de prova, sendo nove para cada traço desenvolvido nesse estudo. Após 24 horas realizou-se a desmoldagem dos corpos de prova que em seguida foram transferidos para um tanque com água para realização da cura submersa.

CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

Uma vez que não existe norma específica para concreto granilite, nem para classificação dos agregados de granilite, optou-se por analisar a granulometria dos agregados conforme a NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação (ABNT, 2009), que dispõe sobre especificações dos agregados e os classifica.

Assim, a caracterização dos agregados, tanto a granilha quanto o resíduo cerâmico, foi feita através da análise granulométrica dos mesmos, conforme estabelece a NBR NM 248 onde foram utilizadas as peneiras da série normal e intermediária, variando suas aberturas de 6,3 mm até abertura 0,075 mm, e o peneiramento foi realizado mecanicamente no Laboratório de Solos da FARO.

Para a realização da análise foram utilizadas 400,0 g de cada material previamente seco em estufa por um período de 24 horas à 100°C. Os dados obtidos, massas retidas em cada peneira, foi tabulado no Excel para que então fosse gerado o gráfico da curva granulométrica, cujas ordenadas representam as porcentagens acumuladas passantes e as abscissas representam as aberturas das peneiras em escala logarítmica.

CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO GRANILITE

A caracterização dos concretos granilite se deu após sua cura, verificando assim sua resistência à compressão axial, decorridos 03, 07 e 28 dias da sua moldagem. Os corpos de prova permaneceram imersos até o dia do seu rompimento.

Os ensaios foram realizados no laboratório da empresa Betontech Tecnologia de Concreto Ltda., obedecendo às especificações da norma NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova (ABNT, 2007).

Para a realização do teste de compressão foi utilizada Prensa Eletrohidráulica, da marca Solotest® com indicador digital com capacidade para 200 toneladas força e regulada para aplicar uma carga uniforme e sem choque de $0,45 \pm 0,15$ MPa/s, conforme Figura 3. Os corpos de prova foram devidamente retificados e capeados uniformizando assim a superfície de contato e logo após sendo feito o seu rompimento.



Figura 3 - Prensa Eletrohidráulica utilizada para romper os corpos de prova

Para o cálculo da resistência atingida, foi utilizada a Equação 1, conforme preconizado pela norma NBR 5739 (ABNT, 2007).

$$F_c = \frac{4F}{\pi D^2} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde se tem que F: força máxima obtida no ensaio (N), D: diâmetro do corpo de prova (mm) e F_c : Resistência à compressão axial (MPa).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

Após os ensaios de análise granulométrica das granilhas utilizadas, chegou-se aos resultados expressos na Tabela 3. Fica evidenciado que 100% da massa de granilha passa pela peneira de abertura de 6,3 mm, sendo assim os seus grãos possuem diâmetro inferior a 6,3mm.



Tabela 3 – Análise granulométrica da granilha

Abertura (mm)	Massa Retida (g)	Porcentagem Retida (%)	Porcentagem acumulada (%)	Porcentagem que Passa (%)
6.3	0,00	0,00	0,00	100,00
4.75	15,45	3,86	3,86	96,14
2.36	325,92	81,48	85,34	14,66
1,180	50,50	12,63	97,97	2,03
0,600	5,40	1,35	99,32	0,68
0,300	0,61	0,15	99,47	0,53
0,150	0,35	0,09	99,56	0,44
0,075	0,90	0,23	99,78	0,22
Fundo	0,87	0,22	100,00	0,00

A partir da Tabela 3 também nota-se que a maior parte da massa retida ficou na peneira de 2,36 mm, com 81,48% do total ensaiado, e ainda que a dimensão máxima característica, que expressa a grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, é de 4,75 mm.

Os resultados da análise granulométrica do resíduo cerâmico beneficiado estão expressos na Tabela 4. Observou-se que uma porcentagem mínima, de 8,53% da massa total ensaiada, ficou retida na peneira de 6,3 mm, sendo esta a dimensão máxima característica do resíduo beneficiado.

Tabela 4 – Análise granulométrica do resíduo cerâmico beneficiado

Abertura (mm)	Massa Retida (g)	Porcentagem Retida (%)	Porcentagem acumulada (%)	Porcentagem que Passa (%)
6.3	34,10	8,53	8,53	91,48
4.75	145,80	36,45	44,98	55,03
2.36	217,10	54,28	99,25	0,75
1,180	2,20	0,55	99,80	0,20
0,600	0,80	0,20	100,00	0,00
0,300	0,00	0,00	100,00	0,00
0,150	0,00	0,00	100,00	0,00
0,075	0,00	0,00	100,00	0,00
Fundo	0,00	0,00	100,00	0,00

A partir da Tabela 4 nota-se que a maior parte de material do resíduo cerâmico beneficiado (54,28%) ficou retido na peneira de abertura de 2,36 mm, e que o material não possui grão com dimensões inferiores a 0,300 mm, uma vez que nesta peneira nenhuma massa foi retida.

A fim de comparar as granulometrias dos dois agregados utilizados neste estudo, plotou-se as curvas granulométricas dos mesmos na Figura 4. No qual é possível notar a semelhança granulométrica existente entre a granilha e o resíduo cerâmico.

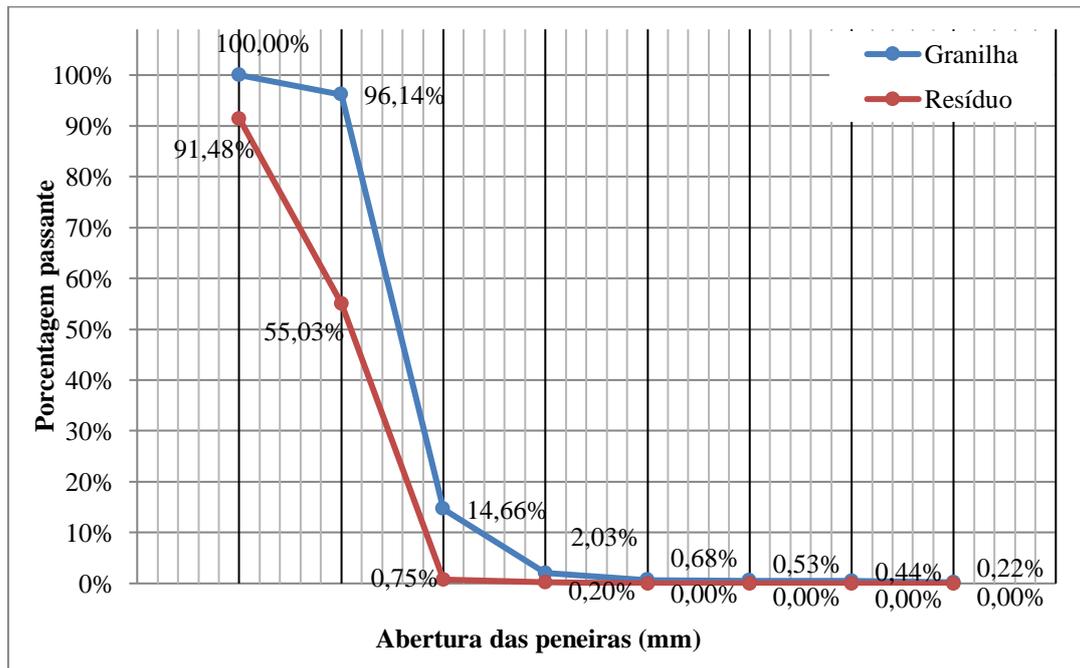


Figura 4 – Curvas granulométricas dos agregados

Observando-se a Figura 4 nota-se que a granilha e o resíduo cerâmico beneficiado possuem curvas bem similares, sendo que ambos possuem maior parte da massa retida nas peneiras de 1,18 e 6,3 mm, ou seja, as dimensões dos grãos variam entre de 1,18 e 6,3 mm. Tal uniformização contribuirá para um comportamento estrutural do concreto granilite pouco divergente entre aqueles que forem produzidos com resíduo e aqueles com somente a granilha.

CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO GRANILITE

Na Tabela 5 constam os resultados obtidos, resistência média e desvio padrão, durante o ensaio de compressão axial dos corpos de provas cilíndricos dos diferentes traços de concreto granilite desenvolvidas neste estudo.

Tabela 5 – Resultados da resistência a compressão

Dias	Parâmetros	Traços			
		M	I	II	III
03	Resistência Média (Mpa)	17,80	25,26	23,66	19,46
	Desvio-padrão	1,19	3,10	2,70	2,30
07	Resistência Média (Mpa)	25,57	37,71	33,18	27,65
	Desvio-padrão	1,30	0,11	3,64	2,81
28	Resistência Média (Mpa)	28,06	39,06	36,03	34,10
	Desvio-padrão	1,87	4,61	5,10	5,94

A partir da Tabela 5 observa-se que a adição de resíduo cerâmico favorece o aumento da resistência a compressão do concreto granilite indiferente da quantidade percentual substituída, ou

seja, todos os traços com substituição da granilha por resíduo cerâmico (Traços I, II e III) possuem resistência superior ao concreto granilite sem resíduo cerâmico (Traço M).

Ao romper os corpos de prova nos terceiro, sétimo e vigésimo oitavo dia, verificou-se um aumento da resistência à medida que avançou o período de cura, que leva a concluir que o resíduo cerâmico não reagiu quimicamente com o cimento, ou seja, que o resíduo cerâmico mostra-se como um agregado inerte opcional e não um contaminante na formulação do concreto.

Ao avaliar os desvios padrão nota-se que os valores distinguem-se em menos de 15% das médias, indicando que o conjunto de dados tabulados são razoavelmente homogêneo e consequentemente confiável.

Para melhor ilustrar a evolução da resistência conforme o aumento do tempo de cura construiu-se os gráficos de barras com o valor da resistência média à compressão de cada traço desenvolvido nessa pesquisa. Na Figura 5 tem-se a resistência média à compressão aos três dias de cura.

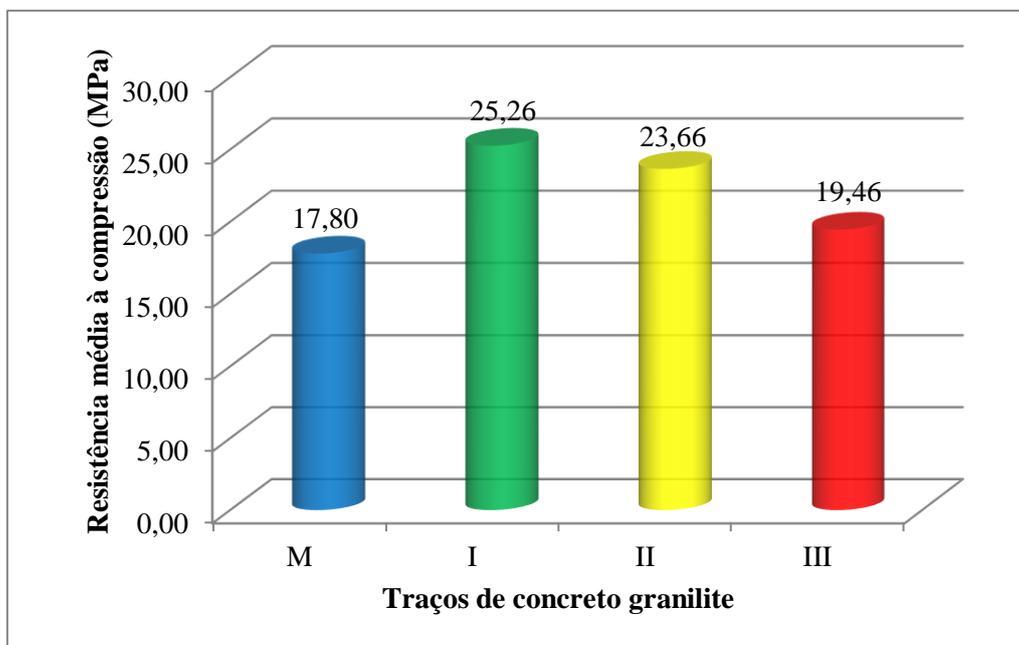


Figura 5 – Gráfico de resistência média à compressão aos 03 dias

Nota-se que aos 03 dias após a cura o Traço I, que possui 30% de resíduo cerâmico, apresentou resistência 41,91% maior que o traço de referência (Traço M). O mesmo pode ser observado nos Traços II e III, com aumentos de 32,92% e 9,32% respectivamente.

O traço de referência (Traço M) não possui resíduo cerâmico, constituindo-se como o concreto granilite comercialmente usado para fabricação de piso, e ao comparar sua resistência a compressão o concreto granilite produzido por Francelino (2012), verificou-se que a resistência deste último foi de 39,13 MPa aos 03 dias de cura, sendo 119,83% maior que a do Traço M. No entanto, para atingir este resultado Francelino (2012) utilizou aditivos superplastificantes e a técnica de empacotamento de agregados, o que lhe proporcionou um menor consumo de cimento, menor relação água/cimento e aumento na resistência.

Na Figura 6 tem-se a resistência média à compressão aos sete dias de curas dos diferentes concretos granilite desenvolvidos neste estudo. Nota-se novamente que o Traço I possui maior resistência, 47,48% maior que o Traço M. O mesmo pode ser observado nos Traços II e III, com aumentos de 29,76% e 8,13% respectivamente em relação ao traço de referência.

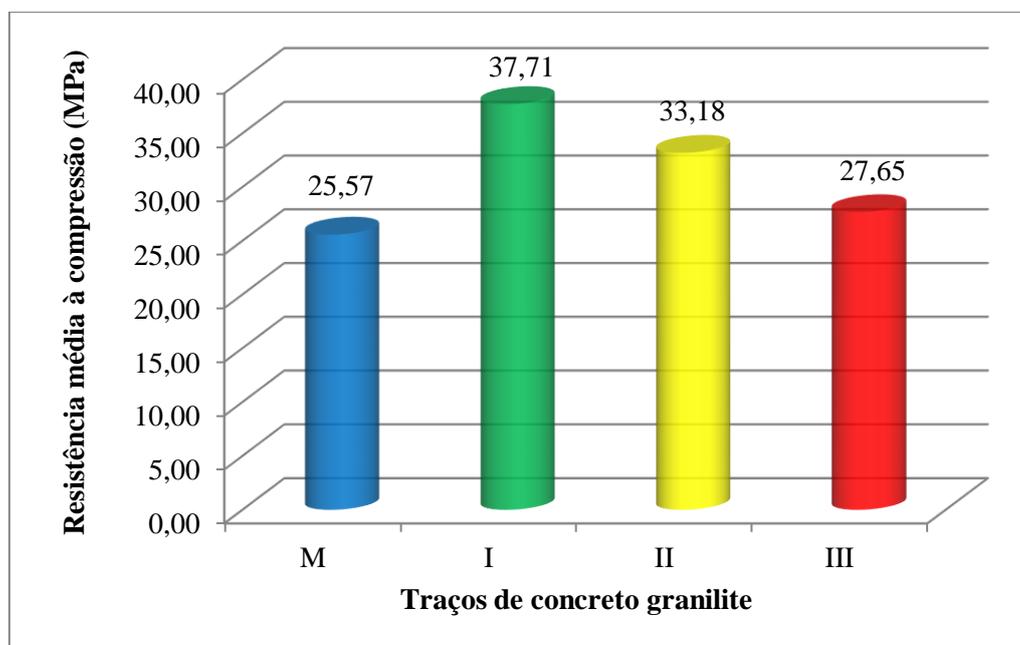


Figura 6 – Gráfico de resistência média à compressão aso 07 dias

Ao comparar a evolução da resistência média à compressão de 03 dias para 07 dias nota-se que em todos os traços houve um aumento de 40 a 50%, por exemplo, o Traço II aumentou a resistência em 40,26% do dia 03 ao dia 07, enquanto que o Traço I, 49,29%. Constata-se assim que todos os concretos granilites desenvolvidos neste estudo possuem um crescimento linear semelhante na resistência à compressão.

Paixão et al. (2013) em seu estudo produziu uma argamassa substituindo 30% do seu agregado natural por agregado reciclado de resíduo cerâmico sem beneficiamento. Ao romper com 07 dias de cura, seu traço atingiu a resistência de 33,40 MPa, 12,83% superior ao seu traço de referência que não possui porcentagem de resíduo.

Neste estudo, observa-se que o Traço I, que possui os mesmo 30% de resíduo cerâmico em substituição ao agregado natural, atingiu uma resistência de 37,71 MPa que é 47,47% maior que o Traço M de referência. Conclui-se que o beneficiamento do resíduo cerâmico, aumentou o valor da sua resistência em 34,64% se comparados traços utilizando uma mesma porcentagem de substituição do agregado natural por agregado de resíduo cerâmico com seus respectivos traços de referência.

A Figura 7 demonstra a resistência atingida pelos traços aos 28 dias de cura. Observa-se que os todos os traços produzidos com resíduo cerâmico (Traços I, II, e III) em sua composição atingiram resistência superior àquele que em que foi utilizado apenas a granilha. O Traço I, que possui em sua composição 30% de resíduo cerâmico e 70% de granilha, atingiu em seu vigésimo oitavo dia de cura 39,06 MPa, que significa 39,20% a mais que o Traço M de referência, enquanto

que o Traço III, com 100% de resíduo cerâmico em substituição à granilha em sua composição, e que dentre os que possuem resíduo cerâmico na sua composição foi o que atingiu o menor valor de resistência, atingiu em seu vigésimo oitavo dia 34,10 MPa, sendo assim 21,52% superior ao traço de referência.

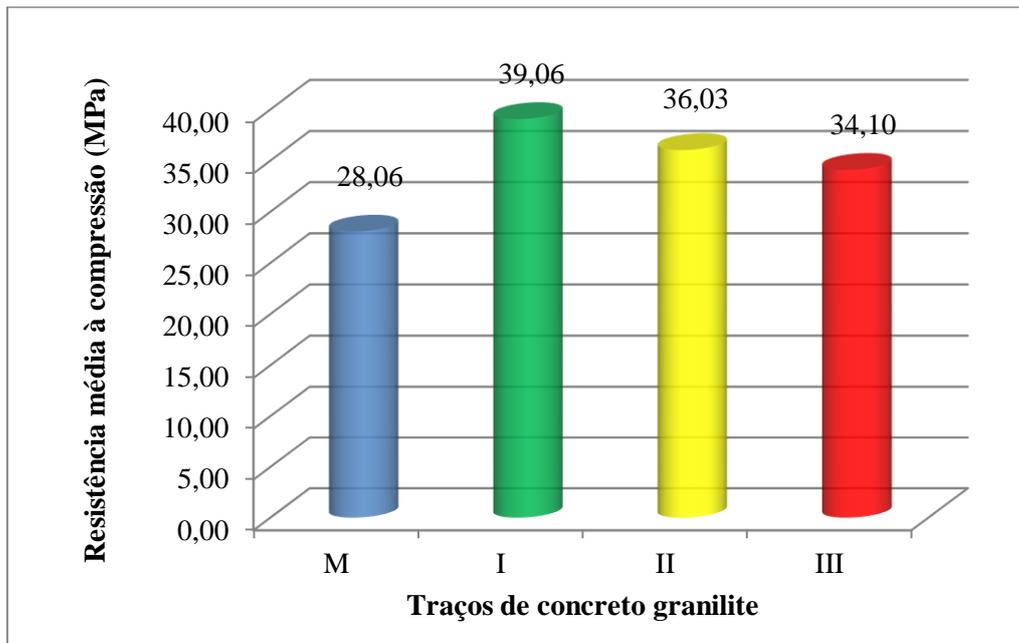


Figura 7 – Gráfico da resistência média à compressão aos 28 dias

Nota-se que o Traço III, em seu vigésimo oitavo dia de cura, obteve uma evolução de 18,89% em relação ao sétimo dia, uma ascensão notável que o deixou apenas 12,69% abaixo do Traço I que atingiu a maior resistência dentre todos os estudados.

Para melhor ilustrar a evolução da resistência dos traços conforme sua idade construiu-se o gráfico de evolução conforme demonstra a Figura 8.

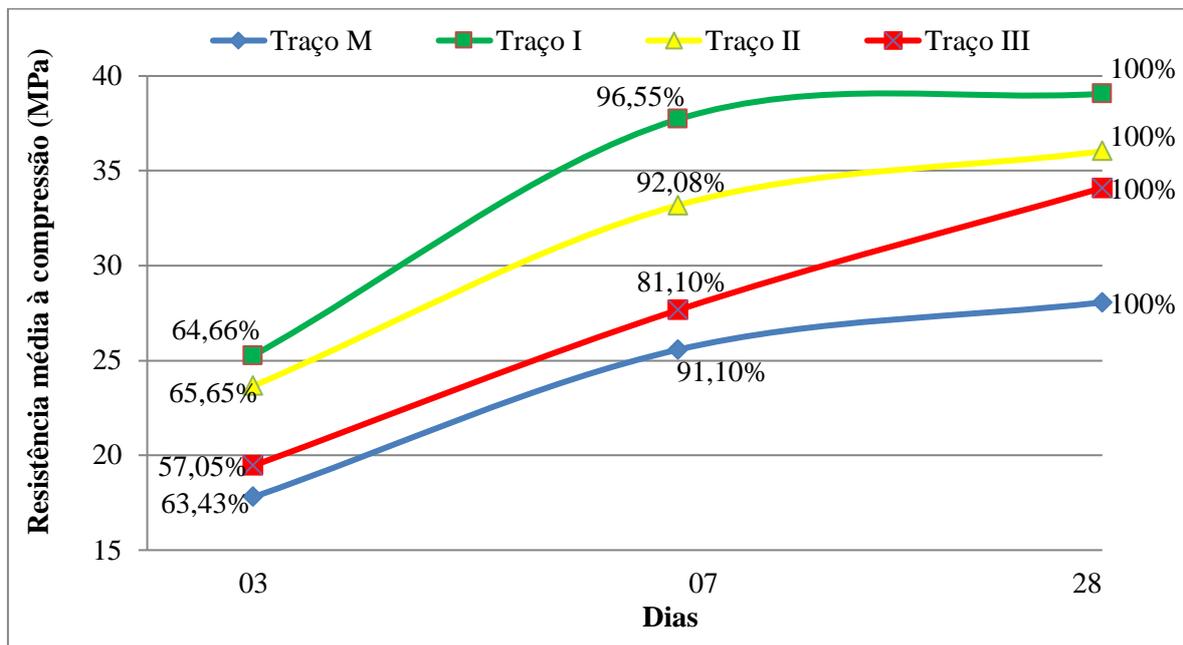


Figura 8 – Gráfico da evolução da resistência à compressão

A partir desse gráfico, é possível notar que todos os traços desenvolvidos atingiram aos 03 (três) dias de cura 50% de suas resistências totais aos 28 (vinte e oito) dias. Nota-se também que aos 07 (sete) dias de cura atingiram mais de 80% de sua resistência total aos 28 (dias) de cura. Pode-se concluir que esta evolução tão rápida é devida à alta taxa de absorção do resíduo cerâmico, diminuindo assim a água da mistura e aumentando a resistência.

Outro aspecto a ser levado em consideração é a estética do granilite, utilizado essencialmente na produção do revestimento piso, portanto, a escolha dos agregados além de considerar a resistência mecânica a ser atingida, também leva em conta a função estética que o mesmo produzirá após o polimento. Sendo assim a Figura 9 apresenta os aspectos visuais obtidos a partir dos traços M, I, II e III avaliados neste estudo.



Figura 9 – Aspectos visuais dos diferentes concretos granilites desenvolvidos neste estudo, (a) Traço M, (b) Traço I, (c) Traço II, e (d) Traço III.

De acordo com a ABNT NBR 5738:2003, determina que as bases dos corpos de prova devem ser preparadas para o ensaio à compressão. Deste modo, os corpos de prova foram



retificados e posteriormente capeados, e a partir dessa retificação foi possível avaliar os aspectos visuais obtidos em cada traço.

Nota-se que de acordo com aumento de resíduo cerâmico na sua composição, o concreto granilite vai adquirindo uma coloração vermelha proveniente da argila e silte empregados na produção das cerâmicas. Tal característica viabiliza o uso deste resíduo quando o objetivo estético é atingir esta coloração avermelhada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a produção do concreto granilite com diferentes percentagens de resíduos cerâmicos e os ensaios à compressão realizados com os mesmos podemos concluir que:

- A metodologia desenvolvida de caracterização e beneficiamento do resíduo cerâmico se mostrou satisfatória uma vez que este resíduo atingiu a granulometria similar a granilha comercial;
- A utilização do resíduo cerâmico beneficiado na composição do concreto granilite, em qualquer proporção e em qualquer idade de cura, proporcionou aumento na resistência à compressão;
- O resíduo cerâmico beneficiado se mostrou um agregado opcional para produção do concreto granilite;
- O traço com 30% de resíduo cerâmico apresentou melhor desempenho, com aumento de 39,20% da resistência à compressão aos 28 dias, quando comparado com traço de referência.
- Os traços desenvolvidos com a presença do resíduo cerâmico mostraram-se viáveis para atender à função estética do revestimento em granilite;

Esta pesquisa se propôs a avaliar a resistência mecânica à compressão do concreto granilite produzido com resíduo cerâmico, portanto os ensaios e caracterizações foram feitos tão somente para este fim. Entretanto, o concreto granilite tem sua principal utilização em revestimento granilite, onde a compressão é apenas um dos fatores a se considerar na sua utilização. Nesse sentido, são feitas as seguintes sugestões para trabalhos futuros:

- Produzir quadros de revestimento granilite de dimensões variadas com os traços aqui desenvolvidos;
- Realizar nestes quadros de revestimento granilite teste de arrancamento;
- Realizar nestes quadros de revestimento granilite teste de absorção de água;
- Avaliar a performance estética produzida pelo resíduo cerâmico no revestimento granilite;
- Verificar e classificar possíveis patologias

AGRADECIMENTOS

À minha família pela compreensão durante o curso. Aos meus colegas de trabalho da secretaria de saúde, do setor de obras e do setor orçamento nas pessoas do senhor Marco Túlio e Aroliza Moreira, que sempre me apoiaram e foram compreensíveis.



Ao mestrando, engenheiro civil, egresso desta instituição de ensino superior Aedjota Matos de Jesus por todo auxílio, companheirismo e lealdade na vida acadêmica e pessoal. Aos amigos Rafael Rodriguez, Matheus Andrade, Igor Apontes e Luiz Felberk pela parceria nestes últimos 5 anos de academia. À toda turma de engenharia do período vespertino iniciada em 2012.2, e que se manteve depois de tantos percalços e encerra mais este ciclo como ENG10TA em 2017.2.

Ao senhor Naraiel Ferrari, da recicladora PRS, por todo auxílio prestado sempre visando um trabalho de excelência, e pondo-se á disposição no que fosse solicitado.

Ao técnico laboratorista Márcio Dantas, da Betontech, sendo prestativo em todos os momentos, ajudando com seus conhecimentos em todos os ensaios realizados e sempre disponibilizando as ferramentas necessárias.

Ao senhor João Batista, da Graniton, pela presteza no esclarecimento de todas as duvidas a respeito da execução e produção do concreto e revestimento granilite.

Ao meu orientador Gilson Castro de Moraes, pelo conhecimento repassado em todas as matérias que ministrou e orientação neste trabalho. À Instituição FARO, ao corpo docente de engenharia civil, aos colaboradores do laboratório e aos professores Hélivio, Tarcísio, Daniel e Georgeano pelo ensino entusiástico da engenharia.

Enfim, a todos que estiveram presentes nestes 5 anos de batalha e que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para que eu obtivesse sucesso, o meu muito obrigado!

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. NBR 5738. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **Agregados – Amostragem**. NBR NM 26. Rio de Janeiro, 2001.

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

_____. **Agregados para concreto - especificação**. NBR 7211. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**. NBR 12655. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. NBR NM 248. Rio de Janeiro, 2003.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de construção**, vol. 2. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

FRANCELINO, Patrícia Rocha de Oliveira. **Subsídios para projeto e execução de revestimentos em granilite**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo: São Carlos, 2012.

GONSALES, Alexandra. **Gestão e tratamento de resíduos de construção**. Construção Mercado, São Paulo, Maio 2017, Capa, pág. 21-27.



LEITE, Mônica Batista. **Avaliação do comportamento tensão-deformação de concretos reciclados submetidos à compressão axial e tração direta.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Feira de Santana: Feira de Santana, 2009.

LUCENA, LFL et al. Diagnóstico da geração de resíduos da construção civil no Município de Campina Grande. **Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**, v. 4, 2005.

MEDEIROS, Heloísa. **Piso de granilite Resistente a impactos e à abrasão, piso é feito com microconcreto que mistura minerais como mármore, granito, calcário e quartzo.** Equipe de Obra, Edição 34 - Março/2011. Disponível em: < <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/34/piso-de-granilite-resistente-a-impactos-e-a-abrasao-211875-1.aspx>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

PAIXÃO, Suelen de Oliveira; EVANGELISTA, Ana Catarina Jorge; SANTOS, Jorge. **Estudo do uso de resíduo cerâmico de obras como agregado miúdo para a fabricação de argamassas para revestimento de alvenarias.** 2013. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

YÁZIGI, Walid. **A técnica de edificar.** 11 ed. São Paulo: PINI: SINDUSCON, 2011.



PIETRO MARIA SILVA ROSSI

**USO DE RESÍDUO CERÂMICO COMO AGREGADO NA COMPOSIÇÃO DE
REVESTIMENTO EM GRANILITE: VERIFICAÇÃO QUANTO À RESISTÊNCIA À
COMPRESSÃO**

Esta monografia foi julgada adequada para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pela Banca Examinadora composta pelos examinadores abaixo relacionados, na data de 20/06/2017.

PROF. MSc. MARIA ANGÉLICA FOES ROCHA
COORDENADORA DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PROF MSc. GILSON CASTRO DE MORAES
ORIENTADOR

EXAMINADOR(A)

EXAMINADOR(B)

PORTO VELHO

2017.1