APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE ÓXIDO DE GRAFENO

Luana Inêz Ribeiro Dias e Odila Florêncio

Apoio: PIVIC Mackenzie

RESUMO

Os resíduos de obras e demolição possuem grande potencial como agregados no concreto para serem reciclados quando comparados com outros resíduos, porém o número de estudos realizados no Brasil é escasso dificultando a utilização deste material em dosagens estruturais. O objetivo desta pesquisa é avaliar o reaproveitamento de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) na fabricação de concreto com influência da adição de Óxido de Grafeno (OG), nas propriedades mecânicas do concreto, levando em consideração as propriedades do óxido de grafeno e dos RCD. Em virtude disso, foi desenvolvido um estudo teórico-experimental visando caracterizar os aspectos relacionados ao uso e a influência dos RCD na fabricação de concreto, como agregado, e os efeitos da adição percentual de OG nos RCD de acordo com as recomendações normativas. Assim, houve a análise das propriedades físicas dos agregados, e também estudadas as propriedades mecânicas a partir dos resultados obtidos pelos corpos-de-prova produzidos. Serão obtidos os resultados do ensaio de resistência à compressão, retração, absorção. Este artigo tem uma grande relevância social, uma vez que viabilizar a utilização de resíduos de construção e demolição no concreto é uma maneira ambientalmente correta de ajustar-se a Resolução CONAMA no 307 de 2002, e a elaboração de novos produtos para construção civil, podem substituir ou diminuir a extração de recursos naturais muitas vezes escassos, assim preservando o meio ambiente. Conclui-se que com a concentração de óxido de grafeno utilizada no concreto reciclado desta pesquisa, a resistência do concreto não aumenta, sendo então necessários outros estudos a respeito.

Palavras-chave: resíduo de construção, óxido de grafeno, cimento de alta resistência inicial.

ABSTRACT

Construction and demolition residues have great potential as aggregates in concrete when compared to other kinds of waste, but the number of studies carried out in Brazil is scarce, making it difficult to use this material in structural dosages, compared to in other countries. The objective of this research is to evaluate the reuse of construction and demolition residues in the concrete production with the addition of graphene oxide, in the mechanical properties of the concrete, all while considering the properties of graphene oxide and construction and demolition residues. After considering the results, a theoretical-

experimental study will be developed to characterize the aspects related to the use and influence of RCDs in concrete manufacturing, as an aggregate, and the effects of the percentage addition of graphene oxide in the construction and demolition residues according to the normative recommendations. Thus, there was the analysis of the physical properties of the aggregates, and later the mechanical properties was studied from the results obtained. The results from the following tests was obtained: resistance to compression, retraction, absorption. This research has great social relevance, since the use of construction and demolition wastes in concrete provides an environmental, and the elaboration of new products for civil construction can replace or reduce the extraction of natural resources that are often scarce, thus preserving the environment. The conclusion of this study is: the concrete's resistance didn't increase with the concentration used, so there will be needed more studies on this theme.

Keywords: construction residue, graphene oxide, high initial strength Portland cement.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Problema Analisado

Os RCD (Resíduos de Construção e Demolição), resultantes de obras, reformas, demolições e construções em geral, são parte de um dos grandes desafios enfrentados pela sociedade quando se trata de sustentabilidade, porem uma grande oportunidade tendo em vista a alta do tema na mídia mundial.

A quantidade de resíduos gerada pela população tem volume e impacto ambiental diretamente proporcionais, um grande problema dos dias de hoje é o descarte desse material (BUTTLER, 2007), a quantidade de RCD gerada em um município brasileiro pode variar de 54% a 70% do total de resíduos sólidos urbanos. O RCD quando descartado em aterros, ocupa um espaço significativo, além de ser um grande desperdício considerando um possível valor agregado na utilização deste material reciclado, em âmbito ambiental e tecnológico.

Há necessidade de se criar, novas tecnologias e novos materiais que possam substituir ou pelo menos mitigar a exploração dos recursos naturais já escassos, e também o controle do meio ambiente. Estudos com concretos onde agregados naturais são substituídos pelos agregados reciclados possuem confiabilidade técnica através de ensaios laboratoriais em blocos de vedação produzidos a partir de entulhos da construção (PAULA, 2010).

A utilização de agregados reciclados contribui com a diminuição da quantidade resíduos (RCD), descartados no meio ambiente e ainda há possibilidade de se produzir componentes utilizáveis em obras urbanas, e futuramente desenvolvendo mais unidades habitacionais de baixo custo para a população de baixa renda. E nesse contexto, esse estudo possui relevância social, uma vez que viabilizar a utilização de resíduos de construção e demolição na fabricação de blocos de concreto é uma maneira ambientalmente correta de ajustar-se a Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) n 307 de 2002, que apresenta a obrigatoriedade de todos os municípios brasileiros de dar destinação aos resíduos de construção e demolição, tendo como destaque o fato dos geradores de resíduos terem como prioridade a não geração de resíduos, no entanto caso haja, ter a responsabilidade de reduzir, reutilizar, reciclar e dar a destinação final dos resíduos gerados.

A resolução ainda trata da diferenciação dos resíduos provenientes da construção civil: classes A, B, C e D, onde os resíduos de classe A, tem grande potencial na fabricação de concretos, argamassas e elementos de alvenaria. A elaboração de novos produtos para

construção civil, podem substituir ou diminuir a extração de recursos naturais muitas vezes escassos, assim preservando e controlando o meio ambiente.

1.2 Histórico

Tendo em vista os impactos ambientais causados pelo acúmulo de entulhos de construção e demolição, houve a necessidade da elaboração de mecanismos que reduzam o impacto do descarte irresponsável como também estudos que envolvem o reaproveitamento de materiais com tanto potencial em diferentes usos. Até os dias de hoje diversas soluções foram elaboradas para possibilitar esse reaproveitamento, principalmente em obras da construção civil, destinando o resíduo na composição de materiais, tais como tijolos, blocos de concreto, blocos cerâmicos.

Para isso, foram feitos estudos e experimentos para analisar a influência dos RCDs aos materiais de construção civil tradicionais como areia, brita e cimento, avaliando sua capacidade de ser aplicado em obras futuras como material de qualidade e de confiabilidade. Testes de resistência a compressão, ensaios a abrasão, absorção, retração em blocos de concreto composto de resíduos, são alguns dos diversos testes realizados para determinar se, em presença dos RCD, estão em conformidade com os limites estabelecidos pelas normas brasileiras de construção civil (ANGULO, 2011).

1.3 O concreto

O concreto é o material mais utilizado no ramo da construção civil no mundo (RIBEIRO, 2006), representando aproximadamente 90% da produção, isso se dá devido ás propriedades essenciais para a estabilidade das construções, como: durabilidade (construções de milhares de anos ainda estão de pé sendo compostas por esse material), versatilidade (fácil produção e manuseio por ser um material plástico), economia (ainda é um dos materiais mais baratos no mercado e muita acessível, e ainda, se for composto por RCDs ele se torna mais barato ainda).

Este material é constituído por um meio aglomerante contínuo, o cimento Portland, e também estão inseridas partículas de agregados (graúdos, sendo ela a brita e miúdos, sendo representado pela areia), acrescido de água e, as vezes de aditivos que alteram suas propriedades, como trabalhabilidade, resistência e fluidez.

1.4 O resíduo classe A

Os RCDs, fazem parte da classe A de resíduos. Eles são gerados nas atividades de construção, reforma e demolição, sendo constituídos por um conjunto de materiais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto, madeiras e compensados, argamassa, gesso, entre outros.

Sabe-se que a construção civil é uma das atividades mais antigas no mundo, e ainda está presente com grande papel na vida moderna. O resultado disso, dentre muitos outros, é a geração de resíduos como o entulho mineral (resíduo classe A), que em grande quantidade acabam sendo uma ameaça ao fator ecológico tão discutido nos dias de hoje. Com o crescimento da sociedade e da atividade de construção e demolição, a produção de entulhos também aumentou, além do desperdício de potenciais materiais a serem reutilizados esse fato traz consigo doenças advindas de água parada em locais de aterro e a proliferação de bactérias, fazendo então com que se pensasse a respeito de como resolver este problema que só cresce.

Como solução, passou-se a reutilizar os dejetos provindos da construção civil, o que proporciona, dentre inúmeras vantagens, a otimização da matéria-prima com a redução dos custos em várias etapas do processo construtivo, se reutilizado na mesma atividade, e também a agilidade da obtenção dos componentes, aumento da produtividade, e a redução dos desperdícios e das perdas.

Sua adição em corpos-de-prova de concreto foi estudada a fim de testar sua aplicação na construção civil. Em geral, os resultados apresentaram redução na resistência a compressão, axial e diametral, em torno de 45% e 15% respectivamente, em comparação ao concreto convencional embora estes resultados dependam diretamente do tipo de material presentes nos entulhos (SERGANTINI, 2006).

1.5 O óxido de grafeno

O grafeno é um material que consiste em uma folha plana de átomos de carbono, formando uma camada monoatômica. Sua estrutura eletrônica resulta em propriedades que traduzem uma resistência mecânica maior que a do aço, mobilidade eletrônica melhor que o silício, condutividade térmica mais alta que o cobre, área superficial maior que a observada para o grafite, e ainda um material mais leve que tantos outros (VIEIRA SEGUNDO; VILAR, 2016).

Por isso optou-se por fazer um estudo com base nesse material e sua influência em RCDs no concreto. Desejando então uma melhoria na resistência do concreto com materiais reciclados (RCDs) e um material pouco estudado na construção civil, mais especificamente no concreto, o óxido de grafeno (OG).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Materiais Cimentícios

O cimento hidráulico é um material que se solidifica pela ação da água, o mais utilizado no mundo é o Cimento Portland, patenteado por Joseph Aspdin em 1824. Ele é composto por uma mistura de calcário, argila, alumina e materiais contendo óxido de ferro,

queimada à temperatura de clinquerização e posteriormente moída (NEVILLE; BROOKS, 2013).

Os principais constituintes do cimento são formados quando é atingido um equilíbrio químico durante a queima da mistura. Os compostos mais importantes são os silicatos cálcicos (C_2S e C_3S), por serem os maiores responsáveis pela resistência do cimento hidratado, composição conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Constituintes do cimento

Constituinte	Composição	Abreviação
Silicato Dicálcico	2CaO.SiO	C_2S
Silicato Tricálcico	3CaO.SiO	C_3S
Aluminato Tricálcico	$3CaO.Al_2O$	C_3A
Ferroaluminato Tetracálcico	$4CaO.Al_2OFe_2O_3$	C_4AF

Fonte: Neville e Brooks, 2013

Por meio de uma reação química exotérmica com H_2O que os compostos cimentícios adquirem resistência, formando a pasta de cimento endurecida. Os principais produtos da hidratação do cimento são o Silicato de Cálcio Hidratado CSH e o hidróxido de cálcio $Ca(OH)_2$.

Essas reações são exotérmicas e a liberação de calor se prolonga por vários meses (NEVILLE; BROOKS, 2013). Isso mostra que as propriedades dos materiais cimentícios evoluem com o tempo, sendo a cura muito importante durante todo seu processo de endurecimento e vida útil.

2.2 Resíduos da Construção e Demolição (RCD)

A quantidade anual de resíduos sólidos de material de construção gerado na União Européia está em torno de 170 milhões de toneladas (VAN ACKER, 1996). Sendo esse resíduo dividido em concreto 41%, alvenaria 40% como os principais constituintes. Devido a isso, depois de reciclados, apresentarão um grande potencial para serem reutilizados como agregados. Quando submetidos à ação de chuva ácida, os resíduos de concreto liberam íons que podem alterar as condições naturais da água e solo pela sua mineralização, provocando danos ao meio-ambiente e riscos à saúde pública (OLIVEIRA; ASSIS, 2001).

Buscando novas fontes para a substituição dos materiais naturais, os resíduos de concreto apresentam elevado potencial para reciclagem e aplicação na construção civil. Os resíduos de concreto possuem um dos maiores potenciais de utilização, devido ao conhecimento de suas propriedades básicas e ao seu menor grau de contaminação quando

comparado com outros resíduos. O reaproveitamento dos resíduos é fundamental visando à preservação das reservas de matérias primas, além das vantagens de caráter econômico e ambiental.

2.3 Propriedades dos Agregados Reciclados

Os agregados reciclados podem apresentar impurezas no seu conteúdo, e assim comprometer significativamente o seu desempenho na produção de novos materiais. Os principais componentes são resíduos de concreto e materiais cerâmicos.

A composição variada do entulho se dá devido à grande diversificação de materiais envolvidos na indústria da construção civil. No Brasil, existe uma predominância da argamassa no entulho gerado nas cidades, visto que esta é uma sociedade que utiliza o cimento como principal material da construção civil. Os RCDs possuem um grande potencial e diversas finalidades para reutilização, desde que devidamente tratados e analisados.

Nessas finalidades, há a utilização dos agregados reciclados para a produção de novos concretos sendo a aplicação que exige mais cuidados visto o importante papel que os agregados desempenham no comportamento do concreto. Entre os vários tipos de resíduos de demolição e construção, o concreto britado é o melhor reutilizado como agregado de concreto. Já os reciclados de alvenaria possuem propriedades que são significativamente inferiores às dos agregados reciclados de concreto.

Quando se utilizam agregados reciclados para a produção de novos concretos, há consideráveis reduções de resistência e maiores problemas relacionados à absorção de água e à trabalhabilidade (BUTTLER, 2007).

Uma das grandes dificuldades encontradas para a produção de agregados reciclados de concreto é a seleção e a caracterização das propriedades destes materiais. Porém com atenção e cuidado durante o processo de seleção, o potencial para reciclagem do material pode ser melhorado e o valor do resíduo aumentado.

2.4 Óxido de grafeno no concreto

O óxido de grafeno é um material de muita aplicabilidade nas áreas de ciências, engenharias e principalmente na inovação em relação a materiais do futuro. Ele é um nanomaterial formado por uma camada de átomos de carbono em formato hexagonal contendo oxigênio e hidrogênio ligados aos átomos de carbono, e os átomos de oxigênio presentes nele conferem um caráter polar ao material, ao contrário do grafeno reduzido (DREYER; PARK, 2010).

A polaridade faz com que seja possível dispersar o óxido de grafeno em solventes polares, como a água, sendo então hidrofílico. O óxido de grafeno possui um grande

potencial para a formação de compósitos na construção civil. Ele ainda possui notáveis propriedades mecânicas: módulo de elasticidade entre 23 e 42 GPa, resistência à tração de 130 MPa e área superficial entre 700 e 1500 m²/g (CHUAH, PAN, et al., 2014). É um material muito comumente considerado mais resistente do que o concreto.

3. METODOLOGIA

3.1 Proporção de óxido de grafeno

No Laboratório da Universidade Presbiteriana Mackenzie o óxido de grafeno (OG) foi sintetizado, através da suspensão em água destilada. A concentração utilizada de foi de 0,03% em relação ao consumo total de cimento. Foi então agitada por 15 minutos para que assim as camadas ficassem homogêneas.

Essa proporção é próxima da quantidade ideal de OG a ser utilizado em concreto (MOREIRA, 2018), pois em concentrações superiores a eficácia do material e sua propriedade de aumentar a resistência do concreto diminui devido ao fato do OG, em grandes quantidades, se tornar apenas grafite o qual não contribui no aumento da resistência do mesmo. E em quantidades inferiores não atinge sua capacidade máxima de eficiência. Cabe ressaltar que a obtenção do oxido de grafeno não faz parte deste plano de trabalho.

3.2 Preparo dos corpos de prova

Para a moldagem dos corpos de prova, o traço em massa base foi 1:4:0,65:0,03% (cimento, agregados reciclados, água e óxido de grafeno) todo o procedimento foi executado no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Presbiteriana Mackenzie. O cimento utilizado foi o CPV-ARI da fabricante Tolteca, os agregados miúdos e graúdos são os resíduos de construção e demolição, foi obtido por meio de doação da Central de Resíduos ProGuaru de Guarulhos, cerca de 200 kg de material não peneirado.

Foi feito o peneiramento dos resíduos, obedecendo a granulometria de agregados segundo a norma NBR 7211 (2009), os agregados miúdos foram passados na peneira com abertura nominal de 2,0mm e os graúdos na peneira de abertura nominal de 4,75mm. Após o peneiramento, a massa específica de cada material foi definida segundo as normas NBR NM 53 (2009) e NBR NM 52 (2003), sendo a massa específica da brita de 2,27 g/cm³, da areia de 2,19 g/cm³ e do pó de pedra de 2,56 g/cm³. A massa de OG foi dosada em relação à massa de cimento, sendo de 0,03%, disperso na água que constitui o traço.

Foi utilizada a betoneira do laboratório, modelo BL 100 da Engemac para homogeneização da massa formada (Figura 1), e os componentes do concreto foram sendo dispostos na ordem: brita, água, cimento e por último areia, sendo ajustada com água. Esse procedimento foi feito duas vezes, uma sem OG e a outra com o material, sendo que o

mesmo foi adicionado por último em meio a água.

Figura 1 - Betoneira modelo BL 100 da Engemac

Foram moldados 22 corpos de prova no total, com 05cm de diâmetro e 10 cm de altura sendo 11 corpos de prova sem OG e 11 corpos de provas com OG, de acordo com a norma NBR 5738 (2015) que se trata da moldagem dos corpos de prova, os mesmos foram curados em câmara úmida com umidade relativa de 95%, até a data de ruptura.

3.3 Ensaios

Para ensaios relacionados ao concreto, são utilizados estudos tanto no material fresco, quanto endurecido. Os ensaios no material fresco foram de definição de massa específica a qual foi determinada 2,12 g/cm³ de acordo com a norma NBR 9833 (2008) e *Slump Test* que se trata do abatimento do concreto, conforme norma NBR NM 67 (1998) o qual teve resultado 0 (zero), por se tratar de um concreto seco, lembrando que concreto para composição de blocos possuem essa característica (Figura 2).

Figura 2 – Slump test

Foram feitos também análises no concreto endurecido, sendo eles: ensaio de resistência a compressão assim obtendo a tensão de resistência a compressão pela Máquina Universal de Ensaio modelo Amsler (Figura 3) seguindo a norma NBR 5739 (1998); análise da superfície fraturada após rompimento com um microscópio ótico; ensaio de ultrassom dos corpos de prova para análise da homogeneidade do concreto (Figura 4); e ensaios de absorção e retração, seguindo a norma NBR 12118 (2013).

Figura 3 - Universal de Ensaio modelo Amsler

Figura 4 - Ultrassom de Corpos de Prova

Todos esses ensaios foram executados no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Presbiteriana Mackenzie, exceto o de microscopia que foi feito no Laboratório de Materiais da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A realização desse artigo permitiu observar que ao alterar os agregados tradicionais do concreto por componentes graúdos recicláveis e com acréscimo de óxido de grafeno (OG), no traço em estudo, a sua resistência se altera, porém pouco, atingindo valores próximos do concreto tradicional. O resultado permite acrescentar algumas considerações finais devido

essa troca de componentes na composição desse concreto analisado. A Figura 5 apresenta uma fotografia dos corpos de prova em situação de pré-rompimento.

Figura 5 – Corpos de prova pré rompimento

Após 28 dias, foram realizados os ensaios de rompimento à compressão axial de 6 corpos de prova sem OG, chegando a uma média de 22,7±1,8 MPa enquanto os que possuíam óxido de grafeno em sua composição chegaram a uma média de 21,7±2,0 MPa. A Figura 6 mostra a fotografia de 2 corpos de prova rompidos de maneira satisfatória e as Tabelas 2 e 3 apresentam os resultados obtidos para cada corpo de prova, sem e com OG, respectivamente.

Portanto, nota-se que o traço 1(cimento): 4(rejeito): 0,65(água), que tem ausência de OG e massa específica igual a 2,12 g/cm³, revelou-se mais viável economicamente e com maior desempenho em relação ao concreto com OG quando feito o teste de compressão axial.

Os ensaios com ultrassom, dos corpos de prova, para a obtenção dos módulos de elasticidade dinâmico estão apresentados nas Tabelas 4 e 5 e seus valores médios são 29,1±0,8 GPa e 29,7±0,7 GPa, para os corpos de prova sem e com OG, respectivamente. O módulo de elasticidade está diretamente associado à rigidez do material, portanto para estes testes preliminares, os corpos de prova com OG apresentaram uma rigidez cerca de 2% maior.

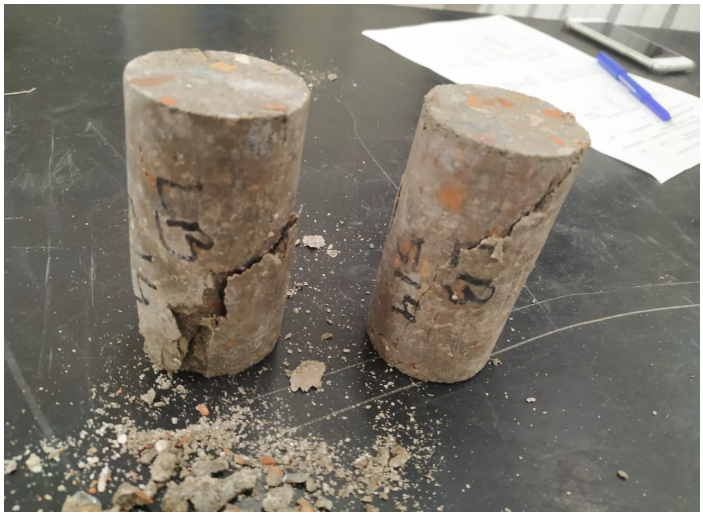

Figura 6 – Corpos de prova rompidos de forma satisfatória

Tabela 2 – Resistência à Compressão sem Óxido de Grafeno

Corpo de prova	Resistência à Compressão (MPa)
1	22,80
2	25,10
3	24,00
4	22,00
5	22,70
6	19,70
Valor médio	22,7±1,8

Tabela 3 – Resistência à Compressão com Óxido de Grafeno

Corpo de prova	Resistência à Compressão (MPpa)
1	18,10
2	21,90
3	22,20
4	21,90
5	22,40
6	24,00
Valor médio	21,7±2,0

Tabela 4 – Módulo de Elasticidade Dinâmico sem Óxido de Grafeno

Corpo de prova	Módulo de Elasticidade (GPa)
1	29,25
2	29,47
3	30,35
4	28,21
5	28,78
6	28,32
Valor médio	29,1±0,8

Tabela 5 – Módulo de Elasticidade Dinâmico com Óxido de Grafeno

Corpo de prova	Módulo de Elasticidade (GPa)
1	29,08
2	30,26
3	30,90
4	29,08
5	29,20
6	29,78
Valor médio	29,7±0,7

As Tabelas 6 e 7 apresentam os resultados obtidos para os cálculos de absorção (**a**) e retração (**S**) referentes a dois corpos de prova, sem e com OG, respectivamente.

As Figuras 6 e 7 são micrografias óticas das fraturas dos corpos de prova, sem e com OG, respectivamente. Convém citar que a falta de foco é devido a irregularidade destas superfícies.

Tabela 6 – Absorção e Retração sem Óxido de Grafeno

Corpo de prova	Valores
A	a=0,08%
B	a=0,13%
Retração	S=1,35%

Tabela 7 – Absorção e Retração com Óxido de Grafeno

Corpo de prova	Valores
A	a=0,07%
B	a=0,03%
Retração	S=1,32%

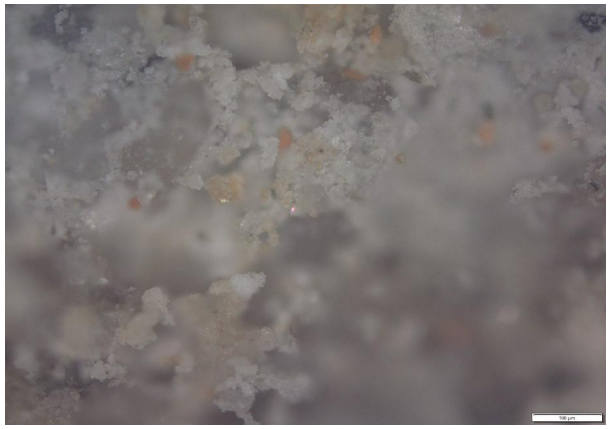

Figura 7 - Microscopia. Corpo de prova sem óxido de grafeno

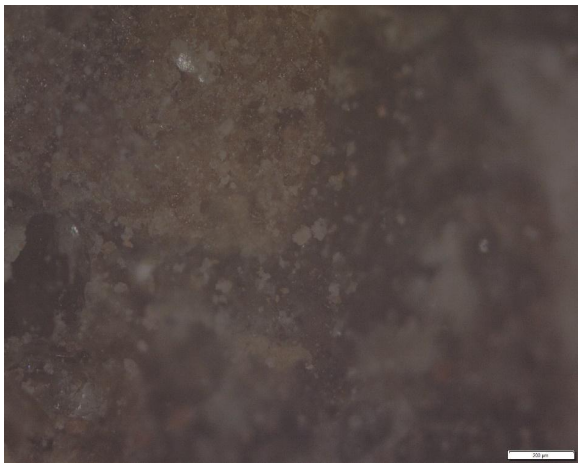

Figura 8 - Microscopia. Corpo de prova com óxido de grafeno

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Optou-se por estudar o traço como foco principal desta pesquisa, portanto os ensaios foram feitos em corpos de provas cilíndricos de 10 cm de altura por 5 cm de diâmetro, para que assim fosse possível determinar uma conclusão e prosseguir nos estudos para o objetivo final de implementação em blocos de concreto com função estrutural.

Com os resultados obtidos neste estudo, chegou-se à conclusão de que a hipótese da adaptação das propriedades mecânicas provenientes do óxido de grafeno como uma

adição para um concreto reciclado, não é uma solução eficaz para aumentar a resistência do concreto com essa concentração de OG, porém deve-se levar em consideração que os corpos de prova foram feitos de forma manual, e que a questão do adensamento das camadas para execução dos corpos de prova, a pressão empregada e vibração dos mesmos para uniformizar o concreto influenciam drasticamente em sua resistência, conforme estudos realizados em concretos executados com insumos tradicionais.

Os resultados não foram como esperado, além de confirmar a inviabilidade do concreto reciclável com óxido de grafeno devido seu alto custo e sua pouca diferença nos resultados em relação aos de um concreto convencional. Considera-se a alternativa pouco atrativa do ponto de vista comercial, pois se acaba investindo em mais cimento, o qual possui um alto custo em relação aos outros materiais que compõem o concreto, e assim o custo do produto final equivale ao preço de um concreto convencional uma vez que o baixo custo do agregado (RCD) dilui-se no maior consumo de cimento conforme (FERNANDES, 2016) e adicionado ao óxido de grafeno ainda muito caro no mercado brasileiro (cerca de 110 reais o grama) podendo ser comparado ao preço do ouro.

O que pode ter trazido resultados negativos a pesquisa, segundo análises feitas, é o fato do material RCD possuir uma grande quantidade de contaminação em seu meio, sendo então um produto de qualidade inferior. O OG em meio a materiais de alta qualidade, influencia no aumento da resistência (MOREIRA, 2018). Chega-se então numa conclusão de que o óxido de grafeno não teve sua máxima eficácia, tratando-se de aumento de resistência, com os teores apresentados, de OG e RCDs. Mesmo não obtendo o resultado esperado, deve-se continuar com estudos mais aprofundados sobre o assunto, testando mais concentrações e diferentes tipos de adensamento, pois a causa é muito importante no ponto de vista acadêmico, ambiental e social.

Agradecimentos

Agradeço à minha orientadora professora doutora Odila Florêncio pelos aprendizados, conhecimentos passados durante o período de realização desse artigo e pela oportunidade de conseguir fazer uma pesquisa envolvendo um material com tamanha dificuldade de encontrar, o OG. Ademais quero agradecer aos, também envolvidos, laboratorista Lázaro de Castro, aos colegas Matheus Moreira, André Sogayar, Luiz Costa, Larissa Nahas, Alicia Kawai e Elizabeth Chagas pelo apoio e pela ajuda na elaboração da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

ANGULO, SÉRGIO CIRELLI. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados** / S.C. Angulo, V.M. John. - São Paulo: EPUSP, 2001.

ASSIS, C. S.; OLIVEIRA, M. E. (2001). **Resíduo de Concreto: Uma Contribuição para a Revisão da Norma NBR 10004**.IN: 430 CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, Foz do Iguaçu, Paraná, IBRACON.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2009). NBR NM 53 – **Agregado graúdo – Determinação da massa específica.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2003). NBR NM 52 – **Agregado miúdo – Determinação da massa específica.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2009). NBR 7211 – **Agregado para concreto- Especificações.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2013). NBR 12118 **–Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Métodos de ensaio.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1998). NBR 5739 **– Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2008). NBR 9833 – **Concreto fresco: Determinação da massa específica.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1998). NBR NM 67 **– Ensaio do Abatimento do Concreto (Slump Test).**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2015). NBR 5738 **– Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos.**

BUTTLER, A.M. **Uso de agregados reciclados de concreto em blocos de alvenaria estrutural.**Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CHUAH, S., PAN, Z., SANJAYAN, J. G., WANG, C. M., & DUAN, H. W. (2014). **Nano reinforced cemend and concrete composites and new perspective from graphene oxide.** Construction and Building Materials.

CONAMA. RESOLUÇÃO Nº 307(2002). **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Governo Federal. Ministério do Meio Ambiente.

DREYER, D. R., PARK, S., BIELAWSKI, C. W., & RUOFF, R. S. (2010). **The chemistry of graphene oxide**. Chemical Society Reviews, pp. 228-240. Acesso em 20 de Maio de 2019, disponível em http://dx.doi.org/10.1039/b917103g

FERNANDES, IDARIO. **Blocos e pavers: Produção e controle de qualidade.** (7a edição). Ribeirao Preto, São Paulo, 2016.

MOREIRA, MATHEUS NUNES. **Estudo comparativo entre concretos de alto desempenho (cad) convencionais e aditivado com óxido de grafeno.** Iniciação Científica (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2018.

NEVILLE, A. M., & BROOKS, J. J. (2013). **Tecnologia do Concreto** (2a edicao). Porto Alegre: Bookman.

PAULA, P.R.F. **Utilização dos resíduos da construção civil na produção de blocos de argamassa sem função estrutural.** Dissertação. Tecnologia das Construções. Universidade Católica de Pernambuco, Pernambuco, 2010.

RIBEIRO, C. C. **Materiais de construção civil**. São Paulo: UFMG, 2006

VAN ACKER, A. (1996). **Recycling of Concrete at a Precast Concrete Plant**. BIBM, Paris.

VIEIRA SEGUNDO, J. E. D.; VILAR, E. O. **Grafeno: Uma revisão sobre propriedades, mecanismos de produção e potenciais aplicações em sistemas energéticos**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 2, n. 2, 2016.

Contatos: luanairdias@gmail.com e odila.florencio@mackenzie.br