

APRIMORAMENTO NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO POR MEIO DA ADIÇÃO DE ÓXIDO DE GRAFENO

Giovana Camargo Albuquerque (IC) e Mauro Cesar Terence (Orientador)

Apoio: Pibit Cnpq - Mackenzie

RESUMO

O grafeno é considerado o material do futuro devido a diversas possibilidades de emprego, como em componentes de artigos eletrônicos e, obviamente, cogitado na construção civil, no entanto, ainda, em fase de estudo. O concreto é o resultado da mistura entre o cimento, areia, brita e água em determinadas quantidades. O material oferece distintas vantagens quando utilizado em qualquer edificação, no entanto com as atuais propriedades, ainda existem desvantagens sérias, como o grande peso, baixo grau de proteção térmica e acústica e risco de fissuração. O projeto foi desenvolvido com expectativa de melhoria de alguns aspectos do concreto através da utilização do óxido de grafeno como incremento na fabricação, sendo eles, resistência, força ou algum tipo de avanço em relação ao concreto convencional. Foram escolhidos diferentes percentuais de aditivo, 0,1%; 0,3%, sendo, respectivamente, 3 e 9 gramas de óxido de grafeno, para a fabricação dos corpos de prova, posteriormente utilizados para testes, onde suas propriedades foram avaliadas. Além da confecção de exemplares sem adição, para desempenhar o papel de controle. Duas remessas de testes foram realizadas em idades distintas para confirmação dos resultados. Os resultados alcançados não apresentaram nenhuma melhora considerável em relação ao grupo de controle. As teorias levadas giram em torno da relação água cimento colocada, aglomeração do aditivo dentro da composição do corpo de prova, ou, ainda, baixa eficiência do aditivo manuseado.

Palavras-chave: Concreto. Grafeno. Aumento de desempenho.

ABSTRACT

Graphene is considered the material of the future due to several possibilities of using in electronic's components and actually is in the phase of studies for the use in civil construction. Concrete is the result of cement, sand, water, and gravel in a proportional mixture. The material offers certain advantage when used in any kind of construction. However there are still disadvantages such as heavy weight low grade of acoustic protection and risk of cracking. The project has been developed with the expectation of improving some aspects of the cement by using graphene oxide to increase strength resistance or some advances over conventional concrete. Different percentages of additive have been chosen

between 0.1% and 0.3%, respectively 3 and 9 grams of graphene oxide, to create samples for later evaluation of their properties. Besides some with no addition to serve as control samples of performance. Two tests have been realized in two diferentes periods of ages to confirm the procedure. Results have revealed no improvement in comparison to the control groups. Theories are to quantity of water, joint addictive inside the test sample, or possibility of deficient addictive.

Keywords: Concrete. Graphene.

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um composto maleável e de fácil aplicação, no entanto apresenta recorrentemente patologias ou deficiências do próprio material ao longo de sua vida útil empregado na construção civil.

Dentre as diversas aplicações do óxido de grafeno, estuda-se neste projeto o aperfeiçoamento das propriedades do concreto, essencialmente a resistência a compressão, através do uso deste material como incremento em certa porcentagem, contornando o principal impasse, o elevado preço comercial do óxido.

Passando pela etapa de estudo das referências teóricas sobre o tema, foram confeccionados corpos de prova para a realização de testes e análise de suas capacidades, dentre eles, dois grupos com adição de óxido de grafeno com percentuais de 0,1% e 0,3% e, outro, sem adição, para comparação.

Posteriormente a obtenção dos resultados da primeira remessa de testes, foram produzidos novos exemplares para comprovar a veracidade dos mesmos, entretanto, diferentemente, da primeira remessa, foram escolhidas duas porcentagens, a de controle e de 0,1%.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A pesquisa teórica foi a etapa inaugural do projeto, embasada em artigos estrangeiros publicados que tratam de temas muito próximos.

Um dos artigos mencionado leva o nome, "Preparation and Mechanical Properties of Graphene Oxide: Cement Nanocomposites" (na tradução, "Preparação e Propriedades Mecânicas do Óxido de Grafeno: Nanocompósitos de cimento") onde o autor menciona o uso de 0,1% de óxido e alega ter conseguido uma melhora de 48% com o uso de 1,5% de óxido, fato que influenciou a escolha do percentual de óxido utilizado nos testes.

Outra questão relevante foi o valor utilizado na relação água/cimento, sendo 0,4 em uma fase do teste e 0,5 em outra, números que, novamente, serviram de apoio para a escolha do traço.

O segundo artigo, escrito por Xiangyu Li, Chenyang Li, Yanming Liu, Shu Jian Chen, C. M. Wang, Jay G. Sanjayan e Wen Hui Duan, tem como enunciado "Melhoria das propriedades mecânicas através da incorporação de óxido de grafeno em argamassa de cimento" (em inglês "Improvement of mechanical properties by incorporating graphene oxide into cement mortar"), no qual, confirmam que óxido de grafeno contém propriedades químicas,

como excelentes propriedades mecânicas e alta funcionalidade da superfície, que poderiam melhorar as propriedades dos materiais de cimento.

Observando que, mesmo sendo componente essencial do concreto, as fissuras inerentes do cimento devido à menor resistência à tração e a capacidade de deformação constitui uma desvantagem crítica.

Certas limitações do óxido são analisadas ao final do artigo, sendo assim para seu uso como aditivo, por possuir uma influência negativa sobre a fluidez do cimento, é proposto um método diferente, um processo de mistura modificado para melhorar a dispersão de óxido de grafeno na argamassa de cimento, utilizando areia de sílica.

3. METODOLOGIA

Ao decorrer do projeto, algumas adaptações foram necessárias para o melhor aproveitamento de tempo e recursos. Inicialmente, o planejamento estipulado para ser seguido, contava com testes na argamassa, para que, somente depois, fossem fabricados novos corpos de prova de concreto e, posteriormente, testados quanto a resistência, a trabalhabilidade, entre outros quesitos. No entanto, devido a problemas técnicos quanto a disponibilidade de material e laboratório necessários para execução de tais processos, essa etapa inicial de testes foi eliminada.

O óxido foi produzido através de uma adaptação do Método de Hummers, dentro da universidade, e devido a direitos autorais e processos de patente, o processo não pode ser descrito nesse artigo.

As taxas de óxido de grafeno elegidas, também sofreram alterações. A princípio, produziríamos três percentuais e um conjunto para controle, para teste, todavia, esta escolha se tornou inviável. As porcentagens utilizadas, então, foram duas, 0,1% e 0,3%, além do grupo de controle.

A sequência seguida para o desenvolvimento do projeto, a partir das alterações mencionadas acima, começou com a fabricação de três séries de corpos de prova. Os grupos eram divididos por porcentagem de aditivos utilizada na sua confecção, sendo eles, o de controle, ou seja, sem nenhum aditivo, utilizado para os testes como base de comparação, os corpos com percentual de 0,1% e, por fim, o grupo com 0,3% de adição.

O traço selecionado foi o de 1;2;3;0,6, sendo utilizados 3 kg de cimento, portanto, 6 kg de areia, 9 kg de brita e 700 mL de água. A relação a/c passou por modificações devidas as condições de fabricação dos corpos de provas. As quantidades dos materiais, em quilogramas, foram designadas conforme o mínimo necessário para o teste de abatimento.

No mesmo dia da produção do traço para os corpos de prova, são realizados alguns testes, que correspondem a teste de massa específica e o teste de abatimento do concreto, um dos métodos mais utilizados para determinar a consistência denominado *slump test*.

Neste ensaio, colocamos uma massa de concreto dentro de uma forma tronco-cônica, em três camadas igualmente adensadas, cada uma com 25 golpes. Retiramos o molde lentamente, levantando-o verticalmente e medimos a diferença entre a altura do molde e a altura da massa de concreto depois de assentada. A trabalhabilidade é extremamente dependente da consistência do concreto, entre outros fatores como de características da obra e dos métodos adotados para o transporte, lançamento e adensamento do concreto.

Efetuados os ensaios introdutórios e o ajustamento dos moldes, os corpos de prova são reservados por um dia. No dia subsequente, os corpos são desmoldados e conservados em uma câmara úmida, onde permanecem por 28 dias, tempo fundamental para a cura completa do concreto.

Passados os 28 dias, os corpos são retirados da câmara úmida e preparados para o teste a compressão, onde foram rompidos. Podemos afirmar que este teste é um esforço axial que tende a provocar um encurtamento ou ruptura do material submetido.

Para estimativa da resistência à compressão são moldados e preparados corpos de prova para ensaio segundo a NBR 5738 – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto, os quais são ensaiados segundo a NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de-prova cilíndricos. O corpo de prova padronizado é o cilíndrico com o diâmetro sendo metade da altura, em valores numéricos 15cm de diâmetro e 30cm de altura.

Após a finalização do teste de compressão das três remessas de corpos de prova, os resultados são comparados.

A ruptura dos corpos após a execução do ensaio se encaixam, geralmente, dentro de um padrão, o qual está previsto pela norma NBR 5739, que classificou alguns tipos, sendo eles:

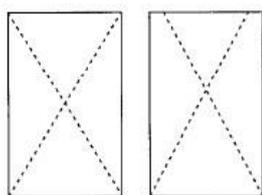


Figura A.1 – Tipo A – Cônica e cônica afastada 25 mm do capeamento

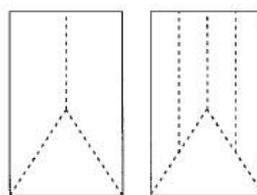


Figura A.2 – Tipo B – Cônica e bipartida e cônica com mais de uma partição

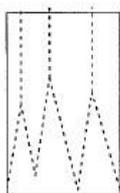


Figura A.3 – Tipo C – Colunar com formação de cones

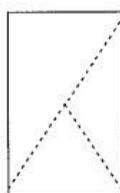


Figura A.4 – Tipo D – Cônica e cisalhada

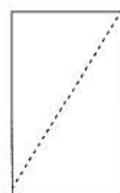


Figura A.5 – Tipo E Cisalhada

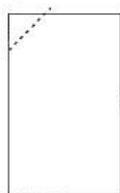


Figura A.6 – Tipo F – Fraturas no topo e/ou na base abaixo do capeamento



Figura A.7 – Tipo G – Similar ao tipo F com fraturas próximas ao topo

Fonte: NBR 5739

Novo teste foi realizado, com novos dois conjuntos de moldes para prova, repetidamente empregado os percentuais de controle e de 0,1% de aditivo. O mesmo tinha o propósito de confirmar os resultados obtidos previamente, com este objetivo definido, foi julgado que não era crucial o aguardo pela cura completa. O rompimento foi cumprido com 7 dias.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos não foram satisfatórios. Os corpos de prova que continham aditivos não apresentaram melhoras significativas nos quesitos de resistência a compressão ou consistência.

RESULTADOS DE DENSIDADE E ABATIMENTO

Idade de rompimento: 28 dias (REMESSA A)

Traço: 1:2:3:0,6

Data de moldagem: 18/04/2017

Massa do Cx. Vazio: 2,58 Kg

Volume do Cx: 3,055 L

Percentual de aditivo (%)	Massa do Cx. Cheio (Kg)	Densidade (Kg/m ³)	Abatimento (mm)
00%	9,88	3234,04	10
,0,1%	9,84	3220,95	25
00,3%	9,78	3201,31	5

RESULTADOS DO ENSAIO A COMPRESSÃO

Idade de rompimento: 28 dias (REMESSA A)

Traço: 1:2:3:0,6

Data de moldagem: 18/04/2017 Data de desmoldagem: 20/04/2017

Data de Rompimento:16/05/2017

Corpo de prova	Diâmetro (mm)	Carga de ruptura (kgf)	Resistencia de ruptura (Mpa)	Desvio da média de controle (%)
0% (A)	101,19	24600	30,49	-
0% (B)	100,14	24000	30,47	-
0% (C)	100,06	23600	30,01	-
0% (D)	100,37	8600	23,51	-
0,1% (A)	100,42	25300	31,94	11,50
0,1% (B)	99,98	22800	29,04	1,38
0,1% (C)	100,16	19700	25	-12,72
0,1% (D)	100,54	23600	29,73	3,79
0,3% (A)	100,07	24200	30,77	7,42
0,3% (B)	100,02	24100	30,67	7,07
0,3% (C)	101,08	25000	31,15	8,74
0,3% (D)	99,92	22000	28,06	-2,04
Desvio foi baseado na média dos corpos de controle (28,645)				

IMAGENS



Três grupos de corpos de provas (0%; 0,1%; 0,3%), preparados para o rompimento.

Exemplares dos corpos de controle



Tipo de ruptura: A



Tipo de ruptura: A



Tipo de ruptura: B



Tipo de ruptura: B

Exemplares dos corpos com 0,1% de

aditivo.



Exemplares dos corpos com 0,1% de aditivo.



Tipo de ruptura: E



Tipo de ruptura: B

Exemplares dos corpos com 0,3% de aditivo.



Tipo de ruptura: D



Tipo de ruptura: D



Tipo de ruptura: E



Tipo de ruptura: E

RESULTADOS DE DENSIDADE E ABATIMENTO

Idade de rompimento: 7 dias (REMESSA B)

Traço: 1:2:3:0,6

Data de moldagem: 14/06/2017

Massa do Cx. Vazio: 2,58 Kg

Volume do Cx: 3,055 L

Percentual de aditivo (%)	Massa do Cx. Cheio (Kg)	Densidade (Kg/m ³)	Abatimento (mm)
0%	9,78	3234,04	35
0,1%	9,78	3220,95	80

RESULTADOS DO ENSAIO A COMPRESSÃO

Idade de rompimento: 7 dias (REMESSA B)

Traço: 1:2:3:0,6

Data de moldagem: 14/06/2017 Data de desmoldagem: 16/06/2017

Data de Rompimento: 21/06/2017

Corpo de prova	Diâmetro (mm)	Carga de ruptura (kgf)	Resistencia de ruptura (Mpa)	Desvio da média de controle (%)
0% (A)	100	16950	21,58	-
0% (B)	100,2	17200	21,81	-
0% (C)	100	17100	21,77	-
0% (D)	100	16100	20,50	-
0,1% (A)	100,3	15100	19,11	-10,76
0,1% (B)	100,5	14200	17,90	-16,41
0,1% (C)	100,6	14800	18,62	-13,05
0,1% (D)	100,3	15500	19,62	-8,38
Desvio foi baseado na média dos corpos de controle (21,415)				

IMAGENS

Exemplares dos corpos de controle.



Tipo de ruptura: E



Tipo de ruptura: E



Tipo de ruptura: C



Tipo de ruptura: C

Exemplares dos corpos com 0,1% de aditivo.



Tipo de ruptura: A



Tipo de ruptura: E



Tipo de ruptura: C



Tipo de ruptura: E

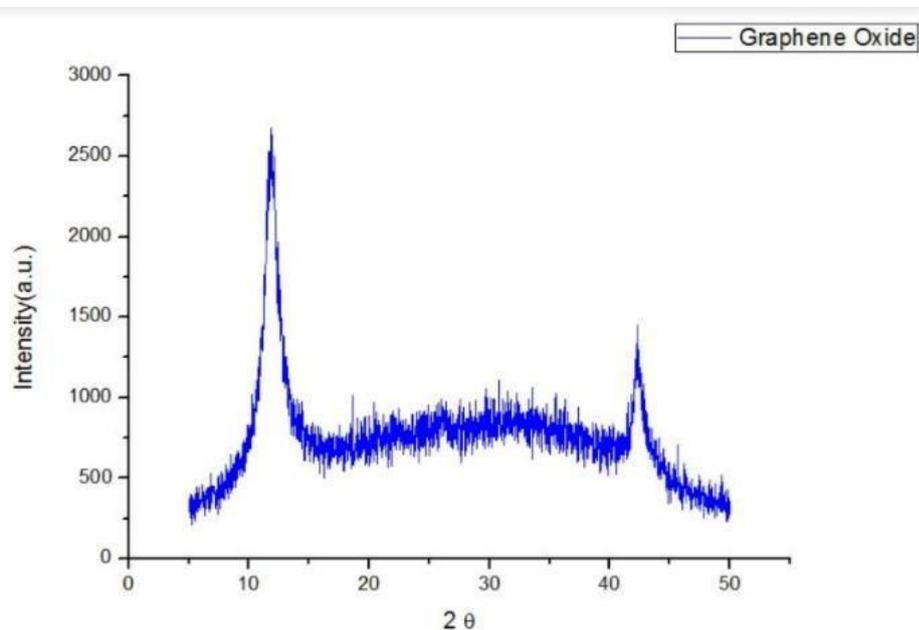
O resultado negativo gerou três hipóteses admissíveis: Problema de acúmulo dentro da composição dos exemplares rompidos, quantidade errônea de água aplicada na preparação e, por fim, baixa qualidade do aditivo empregado.

O erro foi cogitado ser proveniente de algum tipo de aglomeração do aditivo dentro da composição do concreto, em consequência da desvantagem do óxido de grafeno quanto a dispersão, considerada insatisfatória. Na segunda remessa de teste, o aditivo, até então utilizado em pó, foi dissolvido em água, antes de mistura-lo para composição do concreto, porém os resultados não demonstraram nenhum beneficiamento, o que, praticamente, exclui tal conjectura.

Existe o prognostico, também, quanto ao prejuízo a fluidez que o GO causa a mistura do concreto. Dado que a relação de água cimento utilizada necessitou de adequação no

momento de fabricação, considerando que o material estava com consistência não compatível ao concreto usual na construção civil. A resistência a compressão requerida após 28 dias é característica essencial para determinação da quantidade de água cimento necessária. Sabemos quanto maior a a/c, mais água existirá na mistura e, portanto, menor será a resistência do concreto. Tal malefício altera não somente a resistência, quanto a trabalhabilidade. No entanto, o objetivo estava direcionado a melhora quanto aos exemplares sem nenhum tipo de adição, portanto, considerando que a relação a/c utilizada foi a mesma, a diferença de resistência deveria ser, nitidamente, observada do mesmo modo.

O processo de fabricação do aditivo é majoritariamente manual, o que implica em erros mais frequentes. Com o aditivo já pronto, é realizada uma etapa denominada DRX que indica a eficiência do mesmo. O aditivo utilizado para os testes apresentou uma anormalidade no DRX, o que levantou a última teoria.



A anormalidade se deve ao segundo pico representado na imagem.

Outro fator determinante é a escolha dos agregados. A resistência à compressão tende a aumentar quando usamos agregados mais finos. Já a trabalhabilidade inclina-se a aumentar quando aumentamos o tamanho médio dos agregados. Contudo, é necessário pensar também na uniformidade e nos espaços vazios. O ideal é usar agregados de granulometria controlada e misturá-los para que os agregados menores envolvam os maiores sem deixar vazios.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo tem potencial próspero considerando pesquisas anteriores que obtiveram resultados positivos e, nesse projeto, uma melhora pequena observada em alguns corpos de prova da primeira remessa de testes realizada. Enfatizando, que a complicação com o processo de fabricação do aditivo empregado, foi considerado fator determinante para o resultado final diferente do esperado.

6. AGRADECIMENTOS

Finalmente, deixo meus sinceros agradecimentos a todos que colaboram comigo em todas as etapas defrontadas no período de doze meses de duração deste projeto. Cumprimentos aos técnicos do laboratório de Materiais de Construção, José Maria e Lazaro, aos alunos do mestrado em Engenharia dos Materiais, Carolina Tegon e Andressa, ao grupo de iniciação, no qual estava inserida: Matheus Pedro Del Nero Silva e Camila Andrade, e ao meu orientador Mauro Terence.

7. REFERÊNCIAS

Traço do concreto, disponível em:

<<https://engciv.wordpress.com/2012/08/31/traco-do-concreto-propriedadescimento-economia/>>. Acessado em: 03/07/2017.

Ensaio de abatimento, disponível em:

<<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/slump.html>>. Acessado em: 04/07/2017.

Ensaio de compressão, disponível em:

<<https://pt.slideshare.net/alexleal3720/aula-3-ensaios-mecnicos-e-end-ensaiode-compresso>>. Acessado em: 04/07/2017.

Concreto, disponível em:

<<http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec702/EESC/Concreto.pdf>>. Acessado em: 04/07/2017.

Contato: giocalbuquerque@gmail.com e mauroterence@yahoo.com.br