

## 12º CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ENGENHARIA MECANICA

Guayaquil, 10 a 13 de novembro de 2015

### ESTUDO DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO COM RESÍDUOS DE ÓLEO LUBRIFICANTE E DE COZINHA

**Santana, M<sup>1</sup>.; Albuquerque, M. C. F<sup>2</sup>. ; Gonçalves, A. C<sup>3</sup>.; Mello, M<sup>4</sup>.**

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Civil - UNESP - FEIS-Alameda Bahia, 550, Centro- Ilha Solteira, SP, CEP 15385-000, maarcelsantana92@gmail.com

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Civil - UNESP - FEIS-Alameda Bahia, 550, Centro - Ilha Solteira, SP, CEP 15385-000, são@dec.feis.unesp.br

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia Mecânica – UNESP – FEIS – Avenida Brasil, 56, Centro - Ilha Solteira, SP, CEP 15385-000, cido@dem.feis.unesp.br

<sup>4</sup> Departamento de Física e Química – UNESP – FEIS – Avenida Brasil, 56, Centro - Ilha Solteira, SP, CEP 15385-000, michaeldemello@hotmail.com

#### RESUMO

O volume de resíduos de óleo produzidos no Brasil está cada vez mais crescente e, conseqüentemente, o descarte desses materiais na natureza torna-se progressivamente mais complicado. Acredita-se que a inserção de Resíduos de Óleo de Cozinha (ROC) e Resíduos de Óleo Lubrificante (ROL), para aplicação em pavimentos, possa ser uma opção para os descartes de ROL, diminuindo o impacto ambiental. Tem sido observado que a adição de ROC e ROL no concreto diminui a resistência e o módulo de elasticidade, entretanto aumenta a incorporação de ar e conseqüentemente a deformação na ruptura, o que significa um material mais dúctil. Isso é muito importante em pavimentação, pois um material mais dúctil tende a apresentar maior dificuldade à propagação catastrófica da trinca e conseqüentemente aumenta a vida útil do pavimento, pois se pode fazer a manutenção antes de uma ruptura repentina. Pretende-se, neste trabalho, estudar a influência da adição de ROC e ROL no comportamento do concreto fresco e endurecido, avaliando o abatimento, o módulo de elasticidade, quantidade de deslocamento da máquina na ruptura e tensão de ruptura na compressão e na flexão.

**PALAVRAS-CHAVES:** Concreto; Óleo como resíduo; Materiais alternativos; Sustentabilidade

## INTRODUÇÃO

Concreto é uma mistura de cimento, agregado miúdo e agregado graúdo, do qual seu endurecimento mais se parece com uma pedra. (Diab, 2012)[1]. O concreto é o material mais usado que qualquer outro feito pelo homem no mundo. Entretanto, a produção de cimento Portland, um constituinte essencial do concreto, ocasiona uma liberação significativa de gases CO<sub>2</sub>, contribuindo para o aumento do efeito estufa. (Naik, Moriconi, 2005)[2].

Naik e Moriconi (2005)[2], afirmam também que apesar da emissão de gases prejudiciais na produção de cimento Portland, o concreto é considerado como um material ambientalmente sustentável por possuir características próprias de durabilidade, resistência e baixo impacto ambiental, além de contribuir para o progresso social e crescimento econômico.

Mehta, (2001)[3], afirma que somente 6% dos materiais produzidos, cerca de 500 bilhões de toneladas por ano, atualmente é finalizado como produtos desejáveis, enquanto que a maior parte da matéria prima retorna ao meio ambiente como resíduo prejudicial. Estes resíduos são um dos principais fatores de impactos ambientais existente, devido à sua disposição inadequada na natureza, poluindo o meio ambiente.

Vários autores têm proposto alternativas de adicionar os resíduos de materiais dentro das misturas de concreto, como alternativas de redução do impacto ambiental. Estes estudos têm sido fundamentais para contribuir com o desenvolvimento sustentável, apresentando uma destinação mais nobre aos resíduos que simplesmente são dispostos no meio ambiente. (Oliveira e Modro, (2009))[4].

O aumento do volume de resíduos de óleo tem ocasionado sérios problemas ambientais. Somente no Brasil, produz-se mais de 9 bilhões de litros vegetais por ano, e deste total, mais de 200 milhões de litros de óleo usado por mês vão para galerias, rios e lagos, comprometendo significativamente o meio ambiente (Oil World, (2012))[5]. A poluição dos rios e lagos pelo óleo é extremamente prejudicial à natureza, causando desoxigenação e impedindo a continuação da vida marinha.

Sobre o ponto de vista de desenvolvimento sustentável, meios e propostas de redução de impactos ambientais causados por estes resíduos na natureza é de extrema importância. Dessa maneira, o concreto pode ser utilizado como meio de disposição e reduzir o impacto causado por estes resíduos de óleo.

Pukhov, (2001)[6], estudou os efeitos do óleo mineral nas estruturas reforçadas de concretos em instalações de usinas hidrelétricas. Constatou-se que compostos de óleo lubrificante (óleos de turbina, máquinas, transformador) são agressivos às estruturas de concreto, mas o nível de agressividade depende da qualidade do concreto e de sua densidade. Nesse estudo, a resistência à compressão do concreto impregnado com óleo mostrou uma redução de 20-63% com relação ao concreto sem impregnação de óleo.

Błaszczyski, (2002)[7], analisou a durabilidade de estruturas de concreto armado. Nessas estruturas, observou a influência de hidrocarbonetos e as falhas progressivas causadas pelas mesmas, identificando que os produtos de óleo com baixo número de neutralizadores são agentes físico-químicos ativos no concreto, afetando sua resistência à compressão e suas ligações interfásicas.

Ejeh e Uche, (2009)[8], prepararam amostras de concreto com controle da variável água/óleo. Os corpos de provas foram curados à temperatura ambiente aos 3, 7, 28 e 56 dias, onde foi possível observar que o concreto com cimento Portland é suscetível à agressividade de soluções com diferentes concentrações de óleo, apresentando baixa taxa de desenvolvimento de resistência e baixa taxa de corrosão para os concretos que continham em sua composição a mistura de óleo quando comparadas com as amostras que não tinham óleo.

Al-Attar, (2013)[9], apresenta uma proposta de cálculo quantitativo para a resistência à ruptura, sendo esta dependente principalmente da compressão uniaxial do concreto. Al-Attar intencionalmente tratou os agregados graúdos com óleo de motor e com tinta óleo para investigar os efeitos destes envoltórios nas ligações interfásicas, influenciando as propriedades de resistência do concreto. O autor concluiu que o efeito destes agregados, cobertos de óleo de motor e de tinta, foi a redução da ligação entre agregado e a pasta de cimento, ou seja, a ligação interfacial, diminuindo suas propriedades mecânicas consideravelmente.

Diab, (2012)[1], em seus estudos sobre a influência da resistência à compressão dos concretos mergulhados em óleo, observou que o derramamento de óleo em antigas estruturas de concreto tem resultado em uma melhora nas propriedades de resistência ao gelo-degelo, sugerindo estudos para técnicas de disposição de resíduos de óleo dentro do concreto. O autor sugere que o acréscimo de óleo no concreto pode ser similar à adição química para incorporação de ar no concreto, aumentando algumas propriedades de durabilidade do concreto.

Ajagbe (et al., 2012)[10], investigaram algumas propriedades do concreto fresco e endurecido para determinar a influência da areia contaminada com óleo no concreto. Os autores realizaram testes em amostras com

diferentes níveis de contaminação de óleo, em peso. As propriedades como trabalhabilidade, fator de compactação, resistência à compressão, resistência à flexão, absorção de água, resistência ao fogo, entre outras, foram determinadas utilizando métodos padronizados. Os resultados mostraram que a trabalhabilidade e o fator de compactação aumentaram com os níveis de contaminação, enquanto as propriedades relativas à resistência à compressão, resistência à tração, absorção de água e resistência ao fogo diminuíram significativamente com o aumento da contaminação de óleo na areia. Os autores afirmam que areia contaminada com óleo abaixo de 10% em peso é adequado para uso de estruturas com baixa solicitação de resistência mecânica.

O principal objetivo deste estudo é analisar os efeitos dos Resíduos de Óleo Lubrificante, ROL e dos Resíduos de Óleo de Cozinha, ROC, no concreto, verificando suas propriedades mecânicas, a fim de dar uma destinação para estes resíduos, caso isto seja técnica e economicamente viável.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Materiais utilizados**

#### **Agregados**

Os agregados miúdos possuem uma dimensão máxima de 0,6 mm e massa específica igual a 2,6 g/cm<sup>3</sup>. Os agregados graúdos possuem uma dimensão máxima de 20 mm e massa específica de 2,8 g/cm<sup>3</sup>. Os agregados foram colocados numa estufa a 100°C por 24h para assegurar que a relação água/cimento não fosse modificada.

#### **Cimento**

O cimento utilizado foi o Cimento Portland (CPII – Z32), e foi utilizado como ligante na mistura.

#### **Água**

Foi utilizada água potável na mistura do concreto. Sua função foi a de reagir com o cimento, hidratando-o, para que depois a mistura endurecesse.

#### **Resíduos de óleo lubrificante**

Os resíduos de óleo lubrificante foram coletados em postos de combustível na cidade de Ilha Solteira, Estado de São Paulo. A massa específica do resíduo é 0,93 g/cm<sup>3</sup>.

## Resíduos de óleo de cozinha

Os resíduos de óleo de cozinha foram coletados em restaurantes na cidade de Ilha Solteira, Estado de São Paulo. A massa específica do resíduo é  $0,86 \text{ g/cm}^3$ .

## Métodos

### Preparação de amostras

As amostras foram dosadas e moldadas em formas cilíndricas e prismáticas de dimensões  $100 \times 200 \text{ mm}$  (diâmetro e altura) e de  $150 \times 150 \times 500 \text{ mm}^3$ , respectivamente. Foram confeccionadas amostras para três formulações de concreto, uma de referência, ou seja, sem óleo, e outras duas com acréscimos de 10% de cada um dos óleos em relação à massa de água colocada no concreto de referência. O traço do concreto utilizando para o estudo foi 1:2,11:3,68, com uma relação de água cimento de 0,55.

A trabalhabilidade do concreto fresco foi observada no concreto com óleo e sem óleo.

### Testes mecânicos

Os ensaios mecânicos que foram realizados neste estudo são: resistência à compressão, tração na flexão e tração por compressão diametral. O ensaio de resistência à compressão foi obtido conforme a ABNT-NBR 07215, (1996)[11], o ensaio de tração na flexão em conformidade com a ABNT-NBR 12142, (1991)[12], e os testes de tração por compressão diametral de corpos de provas cilíndricos foram obtidos em conformidade com a ABNT-NBR 7222, (2010)[13].

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao contrário do que foi observado no trabalho de Ajgabe (et al., 2012)[14], no presente trabalho o acréscimo de óleo no concreto reduziu significativamente a trabalhabilidade. Para manter o *Slump* constante, foi necessário adicionar 6% de água nas misturas de concreto com óleo, alcançando uma média de 6,25 cm para cada *Slump*.

### Ensaio de compressão diametral

Os corpos cilíndricos foram rompidos com 28 dias. Foram nove corpos-de-prova, sendo três deles com adição de 10% de ROC, três com adição de 10% de ROL e três deles sem óleo. Conforme se observa na Figura 1, neste trabalho também foi observada uma redução na resistência à compressão com a adição de ROC e de ROL no concreto. Esse resultado está de acordo com a literatura. (Diab, (2002)[1], Ajgabe, (2012)[14], Al-Attar, (2013)[9], Pukhov, (2001)[6]).

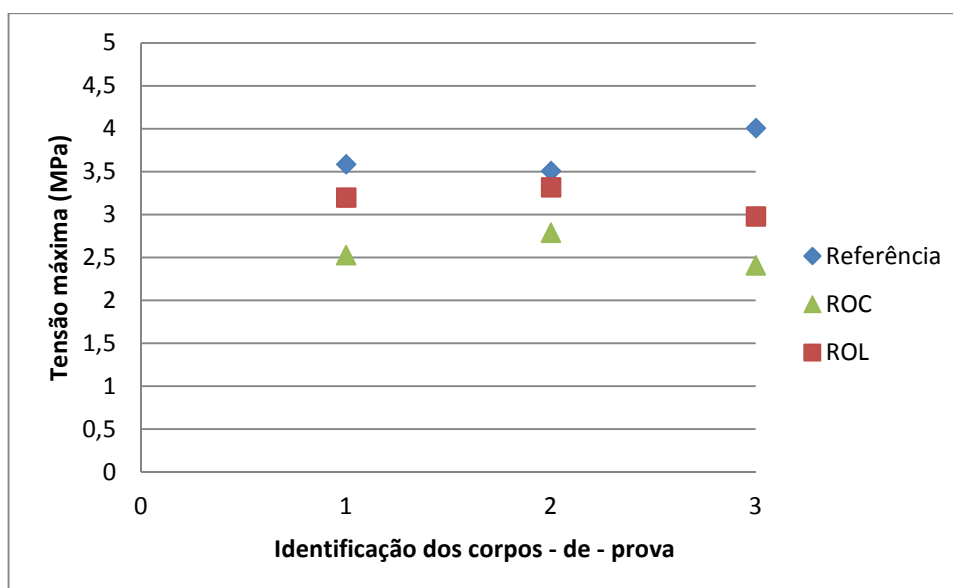


Figura 1: Teste de resistência à tração na compressão diametral dos corpos-de-prova dos concretos de referência e do concreto com adição de 10% de ROC e 10% de ROL

A resistência à compressão do concreto com adição de óleo apresentou 31% de redução para o concreto com adição de ROC e de 15% para a adição de ROL , conforme podemos observar na Tabela 1 neste trabalho.

Tabela 1: Resultado de tensão máxima de resistência à tração por compressão dos corpos-de-prova

Corpo-de-prova	Referência (Mpa)	ROC (Mpa)	ROL (MPa)
CP1	3,59	2,53	3,20
CP2	3,51	2,79	3,32
CP3	4,01	2,41	2,98
Média	3,70	2,57	3,16
Desvio-padrão	0,27	0,20	0,17
VES	3,97	2,77	3,33
VEI	3,43	2,38	3,00

\*VES: Variação de ensaio superior

\*VEI: Variação de ensaio inferior

### Ensaio de tração na flexão

Os corpos cilíndricos foram rompidos com 28 dias. Foram nove corpos-de-prova com óleo, sendo três deles com adição de 10% de ROC, três com adição de ROL e três deles sem óleo. Observando a Figura 2, pode-se notar que a resistência na tração na flexão não foi sensível tanto ao acréscimo de ROC como de ROL.

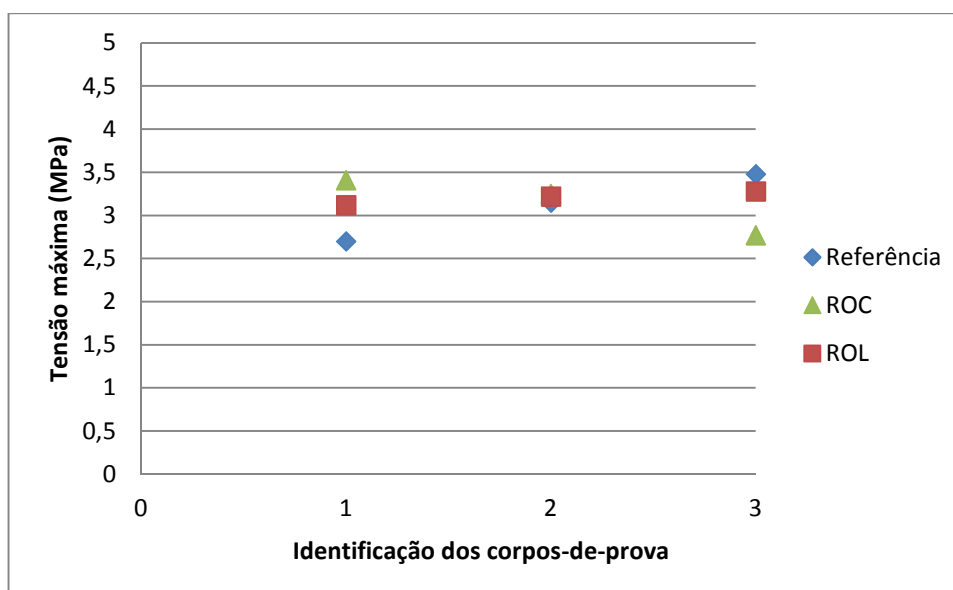


Figura 2: Teste de resistência à tração na flexão dos corpos-de-prova dos concretos de referência e do concreto com adição de 10% de ROC e com 10% de ROL

A Tabela 2 mostra que os valores das resistências mantiveram-se próximos, o que indica que a substituição de água por óleo não influenciou a resistência nesse caso.

Tabela 2: Resultado de tensão máxima de resistência à tração na flexão dos corpos-de-prova

Corpo-de-prova	Referência (MPa)	ROC (MPa)	ROL (MPa)
CP1	2,70	3,41	3,12
CP2	3,15	3,25	3,22
CP3	3,48	2,77	3,28
Média	3,11	3,14	3,21
Desvio-padrão	0,39	0,33	0,08
VES	3,50	3,47	3,29
VEI	2,71	2,81	3,13

\*VES: Variação de ensaio superior

\*VEI: Variação de ensaio inferior

### Módulo de elasticidade

As rupturas para o módulo de elasticidade foram realizadas em quatro corpos-de-prova, sendo dois destes com adição de 10% de óleo. O teste indicou uma redução de 22% no valor do módulo de elasticidade do concreto com óleo, o que está de acordo com a literatura (Diab, (2002)[1], Ajgabe, (2012)[14], Al-Attar, (2013)[9], Pukhov, (2001)[6]). Os resultados do teste estão representados na Tabela 3 e no gráfico da Figura 3.

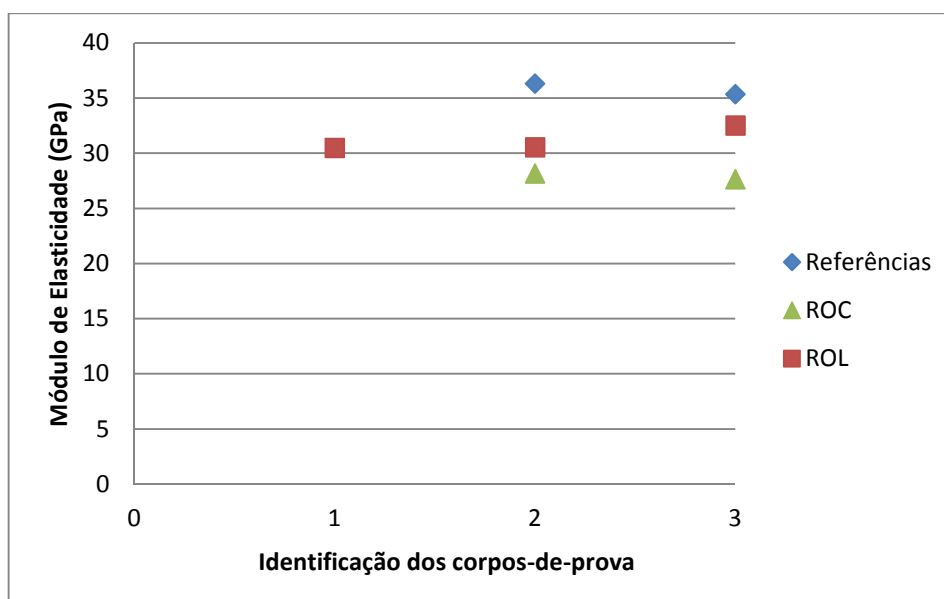


Figura 3: Teste do módulo de elasticidade dos corpos-de-prova dos concretos de referência e do concreto com adição de 10% de ROC E ROL

A Tabela 3 apresenta os valores dos módulos de elasticidade das amostras referências e dos corpos-de-prova com adição de ROC e ROL. O concreto com adição de ROC teve uma diminuição em seu módulo de elasticidade enquanto aquele com adição de ROL manteve um valor próximo ao da referência.

Tabela 3: Resultado de tensão máxima de resistência à tração na flexão dos corpos-de-prova

Corpo-de-prova	Referência (GPa)	ROC (GPa)	ROL (GPa)
CP1	-		30.513,86
CP2	36.341,57	28.193,96	30.559,12
CP3	35.369,40	27.669,66	32.521,59
Média	35.855,49	27.931,81	31.198,19
Desvio-padrão	687,43	370,74	1.146,32
VES	36.542,91	28.302,55	32.344,51
VEI	35.168,06	27.561,07	30.051,87

\*VES: Variação de ensaio superior

\*VEI: Variação de ensaio inferior

O decréscimo do módulo de elasticidade pode ser vantajoso, pois sinaliza que deve estar ocorrendo uma queda na rigidez do material, sendo assim, podemos imaginar que há um aumento na capacidade de deformação do mesmo.

## CONCLUSÃO

Ao adicionar 10%, tanto de óleo de cozinha como de óleo lubrificante em massa, substituindo essa porcentagem em massa de água da amostra de referência, ocorreu uma diminuição da resistência à compressão diametral e no módulo de elasticidade. Estes resultados estão de acordo com a literatura. Entretanto, o mesmo não ocorreu com a resistência à tração na flexão. Nesse contexto, podemos concluir que tais fatores indicam que o uso de ambos os óleos no concreto pode ser uma alternativa para aplicação na construção civil, com a finalidade de diminuir o impacto ambiental, pois além de que a redução no módulo de elasticidade muitas vezes é benéfica, o concreto com óleo não mostrou sensibilidade na resistência à tração na flexão em nenhum dos dois casos. Portanto, dependendo da solicitação estes podem ser usados. Também pode ser utilizado em estruturas com baixa solicitação, contudo, é de fundamental importância estudos relacionados à lixiviação e solubilidade do concreto com adição de resíduo de óleo lubrificante, pois o mesmo apresenta metais pesados.

## REFERÊNCIAS

1. Diab, H. Compressive strength performance of low- and high-strength concrete soaked in mineral oil. Construction and Building Materials. Civil Engineering Department. Assiut University, Assiut 71516, Egypt, 2012.
2. Naik, T.R., Moriconi, G. Environmental-Friendly durable concrete made with recycled materials for sustainable concrete construction, 2005.
3. Mehta, P.K. Reducing the environmental impact of concrete. Concrete International. 2001.
4. Modro, N.R., Oliveira, A.P.N. Avaliação de Concreto de Cimento Portland Contendo Resíduos de PET. Revista Matéria, v.14, n. 1, pp. 725 – 736, ISSN 1517-7076, 2009.
5. Oil World. The Independent Forecasting Service for Oilseeds, Oils & Meals. Disponível em: <http://www.oilworld.biz/app.php?fid=1061&fpar=YToyOntzOjEzOiJQdWJsaWNhdGlvbkljtzOjQ6IjgxMjMiO3M6NDoiVHlwZSI7aTowO30%3D&isSSL=0&aps=0&blub=036afaa46f7dbfc0b0a316b4ecbfb1af&ista=zcmfkdqy>. 2012. Acesso em 31 jul. 2013.
6. Pukhov I.E. Effect of Mineral Oil on the Reinforced-Concrete Floors of the Uglich and Rybinsk Hydroelectric Power Plants. Hydrotechnical Construction, Vol. 35, N<sup>o</sup> 7, 2001.
7. Blaszczyński, T. RC Structures in Crude Oil Products Environment. Politechnika Poznańska. Instytut Konstrukcji Budowlanych. Foundations of Civil and Environmental Engineering. No. 2. 2002.
8. Ejeh, S.P., Uche, O.A.U. Effect of Crude Oil Spill on Compressive Strength of Concrete Materials. Journal of Applied Sciences Research, 5(10) 1756-1761, 2009.
9. Al-Attar, T. A. A Quantitative Evaluation of Bond Strength Between Coarse Aggregate and Cement Mortar in Concrete. Building and Construction Engineering Department, University of Technology, Iraq. European Scientific Journal, Vol. 9, No. 6. ISSN: 1857 – 7881 (Print) e – ISSN: 1857 – 7431. 2013.
10. Ajgabe, W. O., Omokehinde, O.S., Alade, G.A., Agbede, O.A. effect of Crude Oil Impacted Sand on Compressive Strength of Concrete. Construction and Building Materials 26 (2012) 9-12.b.
11. ABNT NBR 07215: Resistência à Compressão do Cimento Portland. 1996.
12. ABNT NBR 12142: Determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismática. 1991.
13. ABNT NBR 7222: Determinação da resistência à tração por compressão. 2010.
14. Ajgabe, W.O., Agbede, O.A., Dahunsi, B.I. Effect of Crude Oil Impacted Sand On The Properties Of Concrete. Procs 4th West Africa Built Environment Research (WABER) Conference, 24-26, Abuja, Nigéria, 177-189. 2012.





GUAYAQUIL 10-13 NOVIEMBRE  
ECUADOR 2015



FEDERACIÓN IBEROAMERICANA DE INGENIERÍA MECÁNICA  FEDERAÇÃO IBEROAMERICANA DE ENGENHARIA MECÂNICA