



ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO CONCRETO COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO OLEOSO DA INDÚSTRIA DE (E&P) DE PETRÓLEO

Taíssa Guedes Cândido¹, Ana Maria Gonçalves Duarte de Mendonça², Milton Bezerra das
Chagas Filho³, Mauro Henrique Alves Nascimento⁴

¹Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia de Engenharia Civil -
taissaguedes1@hotmail.com

²Engenharia de Materiais, Professora Pesquisadora. Doutora, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil,
CTRN, UFCG, Campina Grande, PB,
ana.duartermendonca@gmail.com

³Engenharia Civil, Professor Titular. Doutor, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, CTRN, UFCG,
Campina Grande, PB,
miltoncf@gmail.com

⁴Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia de Engenharia Civil –
maurohanascimento@gmail.com

RESUMO

A sociedade se mostra cada vez mais preocupada com as questões ambientais e as atividades do homem causadoras de impactos no meio ambiente. As atividades industriais geram grandes quantidades de resíduos e sua destinação final é uma preocupação mundial. Diante dessa realidade, crescem os estudos com objetivo de desenvolver novas tecnologias que reaproveitem esses resíduos, para minimizar os impactos ambientais causados pelos mesmos. As atividades de exploração e produção de petróleo geram resíduos bastante poluentes nos diversos setores da sua cadeia produtiva. As indústrias petrolíferas já mostram sua responsabilidade com as questões ambientais buscando técnicas mais limpas e economicamente viáveis, porém, quanto à disposição final dos seus resíduos ainda não se tem um consenso sobre a solução mais viável. A construção civil por sua vez, é responsável pelo consumo de grandes quantidades de insumos e geração de resíduos. Por isso, vem procurando diversas formas de minimizar os impactos causados a natureza devido a suas atividades. Uma solução bastante empregada é a incorporação de agregados não convencionais ou reciclados nas misturas de concreto, economizando assim, recursos e reservas naturais. Este trabalho tem como objetivo principal estudar o comportamento do concreto com incorporação de resíduo oleoso da indústria de (P&E) de petróleo. Verificou-se que o resíduo oleoso utilizado como parte do agregado miúdo na mistura mostrou-se como alternativa viável.

Palavras - chave: Resíduo oleoso, reciclagem, concreto, petróleo.

1. INTRODUÇÃO

O petróleo é um produto de grande importância mundial. A grande maioria das atividades exercidas pelo homem depende direta ou indiretamente do

petróleo. O petróleo é uma substância oleosa, constituído basicamente por uma mistura de compostos químicos orgânicos (hidrocarbonetos). Suas características variam de reservatório para reservatório, isto é, diferentes reservatórios produzem



petróleo com características diferentes. [SANTOS, 2010].

Desde o século XIX o homem tem desenvolvido e aperfeiçoado várias técnicas e atividades industriais, visando aumentar o seu potencial na produção, se possível, com melhor qualidade. Dessa produção em massa, resultam quase sempre resíduos industriais, ou seja, descartes que, muitas vezes, são lançados inadequadamente ao meio ambiente sem tratamento prévio, causando grandes degradações ambientais como: a contaminação do solo, do ar, da água e, conseqüentemente, da fauna, da flora, trazendo prejuízos econômicos e ambientais incalculáveis [GUIMARÃES, 2007].

Devido ao crescimento do setor de transporte, há uma tendência mundial de elevar a demanda de derivados de petróleo, tais como gasolina e o diesel. Assim como o aumento da demanda de derivados leves e médios, temos como tendência mundial o processamento de petróleo mais pesado e com maior teor de enxofre e as modificações nas especificações dos combustíveis de modo a atender as regulamentações ambientais que vem ficando cada vez mais restritivas [EPE, 2006].

De acordo com Cunha [2009], o aumento previsto na demanda mundial de derivados, é um fato que, se mantidas as tecnologias atuais, um maior volume de resíduos sólidos será gerado durante o refino do petróleo. Pelo fato destes resíduos apresentarem características potencialmente perigosas e seu volume tender a aumentar nos próximos anos, avaliar seus modelos de gestão com vistas ao aumento da eco-eficiência (eficiência 24 ecológica e econômica) na atividade se faz necessário para a preservação ambiental.

Segundo Environmental Protection Agency [EPA, 2000], configuram-se como resíduo oleoso a areia oleosa produzida, as borras de separadores, a parafina, a

areia/detritos de fundo, os solos contaminados, e os lodos de separadores. De acordo com Cordeiro [2007], o “resíduo oleoso”, resultante da exploração e produção de petróleo, é obtido de diversos setores da cadeia produtiva de petróleo como, limpeza de filtros, derrames de óleo, fundo de tanques, limpezas em geral, transportes, etc.

O resíduo oleoso é classificado por Santos [2010] como resíduo classe I, ou seja, tóxico e perigoso. Segundo definição da NBR 10004/2004, resíduo perigoso é aquele que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, possa apresentar: Risco à saúde pública, provocando ou acentuando, de forma significativa, um aumento de mortalidade ou incidência de doenças; Riscos ao meio ambiente, quando o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada. Com a legislação ambiental cada vez mais restritiva, é fundamental efetuar a reutilização e/ou reciclagem de resíduos perigosos. De acordo com Guimarães [2007], a busca por medidas de ações corretivas, preventiva para solucionar os problemas de impacto ambiental, causados, principalmente, pelos poluentes industriais, passou a ser um desafio constante para as indústrias.

De acordo com Moreira [2010], o setor da construção civil é um dos grandes causadores dos impactos ambientais. Assim, o incentivo ao reaproveitamento de resíduos, viabiliza a arte da sustentabilidade.

Nas últimas décadas, tem-se observado o reaproveitamento de alguns tipos de resíduos, como por exemplo, aqueles produzidos pela construção civil. [GRANZOTTO, 2010]. Porém, a mesma situação não ocorre para outros tipos de resíduos, como por exemplo, o resíduo oleoso proveniente da exploração e produção de petróleo.

Segundo John [1999] apud Moreira [2010], a construção civil é o setor que mais consome materiais naturais e



consequentemente, é potencialmente um grande reciclador.

O estudo de novas tecnologias para o reaproveitamento dos resíduos industriais poderá propiciar o desenvolvimento de novos produtos com conseqüente diminuição do descarte de resíduos e maximização da cadeia produtiva da indústria.

Diante da preocupação mundial com os resíduos gerados pelas atividades industriais, este estudo buscou proporcionar um destino final adequado para os resíduos oleosos, incorporando-o como agregado na mistura do concreto. Para a viabilidade da reciclagem do resíduo oleoso no concreto, deve-se levar em conta o desempenho técnico do produto. Neste trabalho, são realizados ensaios de caracterização do resíduo oleoso para se ter conhecimento de suas características, e ensaios mecânico no concreto que utiliza o resíduo oleoso como agregado.

2. METODOLOGIA

Na pesquisa foram utilizados dois tipos de concretos para efeito comparativo. Um concreto de referência composto com brita granítica como agregados graúdos, areia como agregados miúdos, cimento e água e, outro concreto composto de brita granítica como agregados graúdos, areia como agregados miúdos, resíduo oleoso substituindo 5% da massa de areia, cimento e água.

2.2.1 Caracterização do resíduo oleoso

Foram realizados ensaios de caracterização física e químico-mineralógica do resíduo oleoso de petróleo, tais como: Determinação da massa específica, porcentagem de betume, teor de umidade higroscópica e análise química.

2.2.2 Caracterização do concreto fresco

Ensaio de abatimento (Slump test)

O ensaio permite verificar se há excesso ou falta de água no concreto. Realizado segundo a norma ABNT-NBR 67:1998 para determinação da consistência do concreto.

2.2.3 Caracterização Mecânica do concreto

Resistência à compressão simples do concreto f_{cc}

Para determinar a resistência à compressão simples do concreto, foram moldados corpos-de-prova cilíndricos de 10,0cm de diâmetro por 20 cm de altura, os quais foram ensaiados nas idades de 3, 7 e 28 dias da data de moldagem, de acordo com o método de ensaio ABNT NBR 5739: 2007. A resistência à compressão deve ser obtida, dividindo-se a carga de ruptura pela área da seção transversal do corpo-de-prova.

Resistência à tração por compressão diametral $f_{ct,sp}$

O ensaio de resistência à tração por compressão diametral $f_{ct,sp}$ é um ensaio onde o corpo de prova é posicionado horizontalmente e a carga é aplicada ao longo de duas geratrizes diametralmente opostas. Foram utilizados corpos de prova cilíndricos de 15,0cm de diâmetro por 30 cm de altura, e ensaiados a 3, 7 e 28 dias da data de moldagem, seguindo o método de ensaio ABNT NBR NM 7222:1994.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do resíduo oleoso

Massa específica



A Tabela 1 apresenta o valor da massa específica real dos grãos para o resíduo oleoso.

Tabela 1: Massa específica real dos grãos do resíduo oleoso.

Resíduo Oleoso	Massa Específica Real
	2,342 g/cm ³

Observa-se que o resíduo oleoso apresenta uma massa específica de 2,34 g/cm³.

Porcentagem de betume do resíduo oleoso

Quanto ao aspecto toxicidade, o resíduo é classificado como tóxico, uma vez que o teor de óleo e graxas ultrapassa o limite estabelecido pela norma que é de 5% em massa. Portanto, de acordo com as características apresentadas, o resíduo oleoso foi classificado como resíduo Classe I ou perigoso de acordo com a NBR 10004:2004. A Tabela 2 apresenta o valor obtido.

Tabela 2: Porcentagem de betume do resíduo oleoso.

Resíduo Oleoso	Porcentagem de Betume (%)
	5,4

Teor de umidade higroscópica do resíduo oleoso

O valor do teor de umidade higroscópica, obtido para a amostra de resíduo oleoso utilizado na pesquisa, foi de 22,35% (Tabela 3).

Tabela 3: Umidade higroscópica do resíduo oleoso.

Cápsulas	
AL -11	AL -12

PBh	30,32	23,60
PBs	26,07	20,64
Tara	7,05	7,40
Pss	19,02	13,24
Pa	4,25	2,96
h (%)	22,34	22,36
h (%) média	22,35	

Análise Química do resíduo oleoso de petróleo

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos a partir da análise química do resíduo oleoso.

Tabela 4: Composição química do resíduo oleoso de petróleo.

Resíduo oleoso de petróleo	
Determinações (%)	
SiO ₂	58,43
Al ₂ O ₃	17,06
Fe ₂ O ₃	7,01
CaO	5,73
BaO	3,26
SO ₃	2,52
MgO	2,23
K ₂ O	1,82
TiO ₂	1,60
Outros	0,27

Observa-se que o resíduo oleoso de petróleo é constituído basicamente por: Óxido de Silício (58%), Óxido de Alumínio (17%), Óxido de Ferro (7%), Óxido de Cálcio (5%), óxido de Bário (3%) e baixos teores de Óxidos de Enxofre, Magnésio, Potássio e Titânio. A composição química obtida para o resíduo oleoso classifica-o como sendo um complexo sílico aluminoso.

3.2 Caracterização mecânica do concreto

Resistência à compressão simples

f_{cc} :

Os corpos de prova foram submetidos a forças de compressão até o instante da ruptura do material, de acordo



com a Figura 1, obtendo desta forma a resistência à compressão do concreto ensaiado.



Figura 1: Ensaio de resistência à compressão.

A Figura 2 ilustra o comportamento dos concretos de referência-CR e com resíduo oleoso-CRO segundo a resistência à compressão simples.

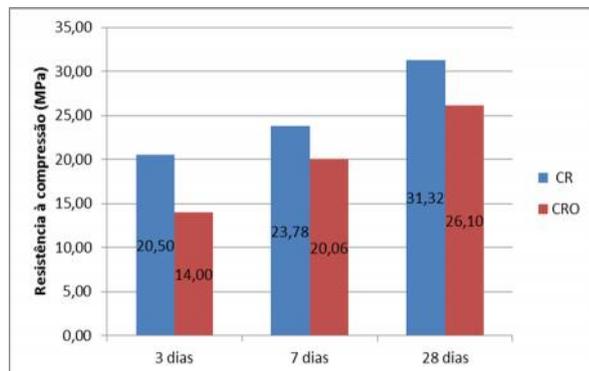


Figura 2: Valores da resistência à compressão simples.

O concreto com resíduo oleoso obteve resistência inferior ao concreto de referência nas as 3 idades ensaiadas. Aos 28 dias, o concreto de referência apresenta resistência 20% maior que o concreto com resíduo oleoso. Essa diferença pode ser explicada pelo alto teor de óleo e graxa presente no resíduo oleoso, que foi de 5,4%. Além disso, o resíduo oleoso não recebeu nenhum tratamento prévio antes de ser incorporado no concreto, ou seja, não foi seco em estufa. Como o resíduo

apresenta umidade higroscópica de 22,35%, essa umidade pode ter influenciado no fator água/cimento, concorrendo para uma redução da resistência.

Resistência à tração por compressão diametral $f_{ct.sp}$.

No ensaio de tração por compressão diametral, foram utilizados corpos de prova com dimensões de 15x 30 mm. O plano de ruptura dos corpos de prova foi paralela à sua geratriz, conforme ilustra a Figura 3.



Figura 3: Ensaio de tração por compressão diametral.

A Figura 4 ilustra o comportamento dos concretos de referência - CR e com resíduo oleoso-CRO segundo a resistência à tração por compressão diametral.

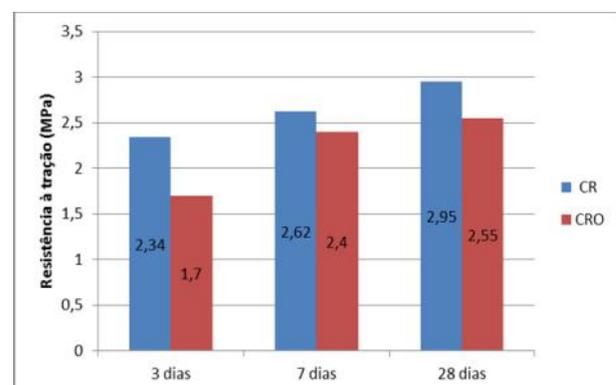


Figura 4: Valores da resistência à tração por compressão diametral.



O concreto de referência apresentou melhor desempenho da resistência à tração por compressão diametral. Aos 28 dias, a resistência do concreto com resíduo oleoso foi 13,6% menor do que o concreto de referência, valor esse, inferior ao encontrado para o ensaio de resistência a compressão simples que foi de 16%. Portanto, a perda de resistência à tração, foi proporcionalmente menor do que a compressão.

Após a realização dos ensaios de tração diametral foram retiradas amostras de corpos de prova para a verificação visual dos aspectos internos das amostras do concreto de referência e o concreto com resíduo oleoso, conforme mostra a Figura 5.



Figura 5: Aspecto interno dos corpos de prova.

Pode-se observar que os corpos de provas rompidos por compressão diametral apresentaram ruptura paralela à sua geratriz, conforme ilustra a Figura 5. Foi verificado que no concreto com resíduo oleoso, ocorreu maior número de vazios deixados pelos agregados, isso pode significar que a aderência entre o agregado e o concreto pode ter sido prejudicada pelo efeito lubrificante do resíduo oleoso.

4. CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir que:

- O resíduo é classificado como Classe I ou perigoso de acordo com NBR 10004:2004;

- A composição química obtida para o resíduo oleoso classifica-o como sendo um complexo sílico aluminoso;

- A perda de resistência à tração foi proporcionalmente menor do que a compressão;

- É possível que a redução da resistência ocorreu devido alto teor de óleo e graxa presente no resíduo oleoso, que foi de 5,4% e sua umidade hidrocópica, que podem ter influenciado no fator água/cimento.

- O concreto com resíduo oleoso apresentou resistência à compressão simples de 26,10 MPa e à compressão diametral de 2,55 MPa, portanto, apresenta potencial para utilização;

- Outros estudos devem ser realizados para verificar outras propriedades mecânicas como retração, durabilidade das misturas de concreto, e realização de estudos de campo com este compósito para verificar seu comportamento quando exposto às intempéries.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo financiamento do projeto e pela concessão da bolsa PIBIC para realização dessa pesquisa.

Ao Professor Titular Dr. Milton Bezerra das Chagas Filho, do pela orientação deste trabalho.

A Professora Dra. Ana Maria Duarte Mendonça por todo o seu apoio.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-10004.



Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67:1998 Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

__. **Agregados – Determinação da composição granulométrica.** NBR 7217. Rio de Janeiro, Agosto de 1987.

__. **Agregados – Determinação do inchamento de agregado miúdo.** NBR 6467. Rio de Janeiro, Agosto de 1987.

__. **Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira 75µm.** NBR 11579/1991. Rio de Janeiro, Julho de 1991.

__. **Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.** NBR 7222. Rio de Janeiro, Março de 2010.

__. **Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** NBR 5739. Rio de Janeiro, Junho de 2007.

Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), 2010. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro, INSS 1983–5884.

ARIDE, S. **Uso do resíduo oleoso das atividades de extração de petróleo em manutenção de estradas: um enfoque econômico e ambiental.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.

BANDEIRA, A. A. S.; **Atenuação de Hidrocarbonetos Totais de Petróleo e**

Óleo Presentes em Borra de Petróleo Usando Aglomerantes à Base de Cimento e Argila Organofílica, Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande–PB, 2010.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção. Volume II.** 5ª Edição. Livros Técnicos e Científicos. Ed., Rio de Janeiro, 2000.

BRASIL. **Plano Nacional de Energia 2030: Petróleo e Derivados. Ministério de Minas e Energia; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA -EPE.** Brasília, 2006.

CABRAL, A. E. D. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD.** Tese de Doutorado. Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, 2007.

CORDEIRO, J. F. S. **Estabilização química e Solidificação do resíduo oleoso gerado nas atividades de E & P de petróleo, com solo para o uso em camadas de bases e/ou sub-bases de pavimentos rodoviários,** 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade

CUNHA, C. E. S. C. P. **Gestão de resíduos perigosos em refinarias de petróleo.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ. Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB.

GUIMARÃES, A. K. V. **Extração do óleo e caracterização dos resíduos da borra**



oleosa de petróleo para fins de reuso. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

GRANZOTTO, L. **Concreto com adições de borracha: Uma alternativa ecologicamente viável.** Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Maringá, 2010.

HELENE, P.R.L.; TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto.** PINI Editora. São Paulo, 1993.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Profile of the oil and gas extraction industry. Notebook project oil and gas extraction,** Sector Notebook Project, EPA/310-R-99-006. Outubro, 2000.

LUCENA, L. C. F. L. **Verificação da influência do uso de resíduos industriais como fíler em misturas asfálticas sob o efeito da presença d'água,** 2009. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB.

MAIT, K. , MARCIA, M., ALEKSANDER, M., 2008. Characterization of oily sludge from a waste water treatment plant flocculation-flotation unit in a petroleum refinery and its treatment implications. **J. Mater. Cycles Waste Manage.** 10, 79–86.

MOREIRA, L. H. H. **Avaliação da influência da origem do tratamento dos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto estrutural,** 2010. Dissertação (Mestrado)- Escola Politécnica de São Paulo, SP.

RICCI, G.; BALBO, T.J. **Resistência e elasticidade de concretos**

compactados com agregados reciclados de construção e de demolição para aplicações em pavimentação. TRANSPORTES, v. XVII, n. 2, dezembro de 2009. ISSN: 1415-7713.

SANTOS, C.B. **utilização de resíduos oleosos provenientes das atividades de petróleo para uso em pavimentos rodoviários,** 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande

SEABRA, P. N., GARCIA, R. L. P., NEDER, L. T. C. **Técnicas de tratamento de resíduos sólidos gerados na exploração e produção de petróleo.** Primeiro Seminário Sobre Proteção Ambiental na Exploração e Produção de Petróleo, Rio de Janeiro, Outubro de 2001.