



ANÁLISE DO EQUIVALENTE ALCALINO DE RESÍDUO OLEOSO DA INDÚSTRIA DE E & P DE PETRÓLEO E CIMENTO PORTLAND PARA UTILIZAÇÃO EM CONCRETO

Yane Coutinho Lira¹, Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça², Mauro Henrique Alves Nascimento³, Daniel Beserra Costa⁴, Milton Bezerra das Chagas Filho⁵

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia de Engenharia Civil – yane_coutinho@hotmail.com

² Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil – ana.duartemendonca@gmail.com

³ Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil – maurohanascimento@gmail.com

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

⁵ Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil – miltoncf@gmail.com

RESUMO

O processo de industrialização possibilita mais comodidade à população, uma vez que facilita as atividades diárias. Contudo, como consequência há a geração de resíduos, alguns dos quais danosos ao meio ambiente, necessitando de tratamento adequado antes de sua deposição final. Um dos resíduos que tem sido objeto de pesquisas devido ao seu difícil descarte é o resíduo proveniente da Exploração e Produção (E&P) de petróleo, pois contém metais pesados, óleos e graxas, sendo prejudicial ao meio ambiente. Dentre os destinos possíveis para este resíduo, o setor de construção civil se destaca como grande consumidor de materiais, tendo sido foco nas pesquisas para a utilização do resíduo oleoso como matéria prima. Um dos possíveis usos para este material é sua inserção no concreto, substituindo uma determinada porcentagem de cimento. Um aspecto a ser avaliado é o potencial reativo do material, que se refere à possibilidade de ser desencadeada a reação álcali-agregado. A reação álcali-agregado é um fenômeno patológico que tem ocasionado a degradação de diversas estruturas, como barragens e fundações de pontes. Uma vez desencadeada a reação, não há como mitiga-la. Desta forma, o presente trabalho comparou o equivalente alcalino, indicativo do potencial reativo, do resíduo oleoso e do cimento, de modo a examinar a possibilidade de desencadeamento da reação álcali-agregado em concretos produzidos com adição de resíduo oleoso. Foi feita a caracterização química dos materiais e calculados os valores de equivalente alcalino, que se mostraram próximos. Desta forma, infere-se que o resíduo oleoso não influi no desencadeamento da reação álcali-agregado.

Palavras-chave: Resíduo Oleoso, Cimento Portland, Concreto, Reação Álcali-Agregado, Equivalente Alcalino.

ABSTRACT

The industrialization process enables more commodity to the population, once it eases the daily activities. However, as a consequence there is residue generation, some of them toxic, requiring adequate treatment before its final disposal. One of the residues that has been object of many researches due to its difficult disposal is the residue from the



Petroleum Exploration and Production (E&P), because it contains heavy metals, oils and greases, being harmful to the environment. Among the possible destinations to this residue, the construction sector is highlighted, as a major materials consumer, and it has been focus in the researches to the use of oil residue as raw material. One of the possible uses for this material is its insertion in concrete, replacing a percentage of cement. An aspect to be evaluated is the reactive potential of the material, which refers to the possibility of initiate the alkali-aggregate reaction. This reaction is a pathological phenomenon that occasions degradation of many structures, for instance dams and bridges foundation. Once it is initiated, there is no way to stop it. In this way, the present work compared the alkali equivalent, indicative of reactive potential, of oily residue and cement, aiming to examine the possibility of triggering the alkali-aggregate reaction in concretes produced with addition of oily residue. It was performed the chemical characterization of materials and calculated the alkali equivalent values, which were similar. Therefore, it is possible to infer that the oily residue does not influence in the triggering of the alkali-aggregate reaction.

Keywords: Oil Residue, Portland Cement, Concrete, Alkali-Aggregate Reaction, Alkali Equivalent.

1. INTRODUÇÃO

O processo de industrialização possibilita mais comodidade à população, uma vez que facilita as atividades diárias [MENDONÇA, 2013]. Contudo, como consequência há a geração de resíduos, alguns dos quais tóxicos e danosos ao meio ambiente, necessitando de tratamento adequado antes de sua deposição final. Tais tratamentos são de extrema importância para assegurar a não-contaminação do ambiente, preservando-o para as próximas gerações, de acordo com o conceito de sustentabilidade.

Um dos resíduos que tem sido foco de pesquisas devido ao seu difícil descarte é o resíduo proveniente da Exploração e Produção (E&P) de petróleo. Este resíduo, chamado cascalho de perfuração, é constituído por fragmentos de rocha impregnados por fluido de perfuração, e contém metais pesados, alta salinidade, óleos e graxas além de elementos que causam alcalinidade [LUCENA et al, 2012], o que

torna sua destinação adequada fundamental.

A destinação do resíduo oleoso torna-se fonte de grande preocupação para as empresas de extração de petróleo, uma vez que, quase sempre, não existem aterros nas proximidades dos locais de exploração. Tal fato acarreta mais custos, tendo em vista as distâncias envolvidas no transporte desse material para aterros disponíveis ou outros tipos de tratamento [ARIDE, 2003]. O resíduo fica disposto temporariamente em diques nas proximidades dos campos de petróleo, muitas vezes sem a impermeabilização da base e um sistema de cobertura adequado, como exposto na Figura 1 [PIRES, 2009], o que pode causar contaminação ambiental. Os tratamentos existentes para este resíduo são caros e não há consenso sobre qual o melhor em termos econômicos e ambientais [LUCENA et al, 2012]. Além disso, há uma tendência de reduzir este tipo de destinação final em um esforço de



converter o resíduo em matéria prima [ARIDE, 2003].



Figura 1: Figura Cascalho de perfuração estocado após processo de perfuração do poço MG – 112, Campo de Miranga, Pojuca – BA [PIRES, 2009].

Dentre os destinos possíveis para este resíduo, o setor de construção civil se destaca como grande consumidor de materiais, tendo sido foco nas pesquisas para a utilização do resíduo oleoso como matéria prima. Cordeiro [2007 apud SILVA, 2010] sugere a pavimentação como uma alternativa ao reaproveitamento deste material, devido à grande quantidade de solo mobilizada nesta área. Silva [2010] estudou misturas com o resíduo para utilização em base e sub base. Neste trabalho, sugere-se a utilização do resíduo oleoso substituindo porcentagens determinadas de cimento na produção de concreto.

Segundo Chagas Filho [2005], a utilização de novos materiais alternativos só é possível quando vem atrelada a um conhecimento científico e vantagens econômicas. Este binômio, segundo o autor, gera confiança, modificando hábitos culturais, e pode ao longo do tempo, estimular seu uso. Desta forma, é importante estudar as propriedades e o comportamento desses materiais.

Um aspecto a ser avaliado é o potencial reativo do material, que se refere à possibilidade de ser desencadeada a reação álcali-agregado. A reação álcali-agregado é um fenômeno patológico que ocorre no concreto e que

pode desencadear problemas tanto em nível estrutural como operacional [HASPARYK, 2005]. O desenvolvimento deste fenômeno patológico no concreto tem ocasionado a degradação e a desativação de diversas estruturas, como barragens, fundações de pontes e estruturas marinhas [MEHTA & MONTEIRO, 1994, apud HASPARYK, 2005], como observado na Figura 2. Uma vez desencadeada a reação, não há como mitiga-la. Para avaliar o potencial reativo de um material, calcula-se seu equivalente alcalino.



Figura 2 - Detalhe das fissuras mapeadas no topo do pilar – Usina de Furnas [HASPARYK, 2005].

1.1. Equivalente Alcalino

Os óxidos de sódio (Na_2O) e potássio (K_2O) são os principais compostos alcalinos presentes no cimento. O teor de álcalis presente no cimento pode ser calculado através da equação [1].

$$\text{E.A.} = \text{K}_2\text{O} + 0,658 \cdot \text{Na}_2\text{O} \quad [1]$$

O equivalente alcalino costuma variar entre 0,2% e 1,5%. Com a intenção de se evitar a reação entre os álcalis do cimento e os agregados reativos, o equivalente alcalino nos cimentos foi limitado em 0,60% [NOGUEIRA, 2010]. Porém, é comum encontrar cimentos com teores superiores ao valor especificado.



1.2. Objetivo

Determinar o equivalente alcalino do resíduo oleoso visando ao estudo de reações álcali-agregado com concretos produzidos com o resíduo.

2. METODOLOGIA

2.1. Materiais

A seguir estão descritos os materiais utilizados na pesquisa.

- Cimento: CP II F 32 – Cimento Portland;

- Resíduo oleoso de E&P de petróleo: cascalho de perfuração oriundo das atividades de Exploração & Produção de petróleo do município de Carmópolis, Sergipe e São Sebastião do Passé, na Bahia.

2.2. Métodos

A determinação do equivalente alcalino se deu pela caracterização química do cimento e resíduo oleoso.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização Química

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise química do resíduo oleoso.

Tabela 1: Análise Química do Resíduo Oleoso

Componente	Porcentagem (%)
SiO ₂ (óxido de silício)	58,44
Al ₂ O ₃ (óxido de alumínio)	17,06
Fe ₂ O ₃ (óxido de ferro)	7,016

CaO (óxido de cálcio)	5,733
BaO (óxido de bário)	3,260
SO ₃ (trióxido de enxofre)	2,525
MgO (óxido de magnésio)	2,239
K ₂ O (óxido de potássio)	1,824
TiO ₂ (óxido de titânio)	1,609
SrO (óxido de estrôncio)	0,119
MnO (óxido de manganês II)	0,107
ZrO ₂ (óxido de zircônio)	0,035
ZnO (óxido de zinco)	0,026
Rb ₂ O (óxido de rubídio)	0,007
C (carbono)	0,000

Através dos resultados expostos na Tabela 1, pode-se observar que o resíduo oleoso analisado apresenta grande quantidade de sílica (SiO₂) e óxido de alumínio, assim como óxido de ferro e óxido de cálcio. Desta forma, pode-se classificá-lo como um complexo sílico-aluminoso.

A Tabela 2 apresenta os resultados da análise química do cimento, obtidos por Souza [2007].

Tabela 2: Análise Química do Cimento

Componente	Porcentagem (%)
Perda ao Fogo	4,80
SiO ₂ (Dióxido de silício)	29,22
Al ₂ O ₃ (óxido de alumínio)	12,69
Fe ₂ O ₃ (óxido de ferro)	2,32



CaO (óxido de cálcio)	44,80
Na ₂ O (óxido de sódio)	0,68
MgO (óxido de magnésio)	2,40
K ₂ O (óxido de potássio)	1,51
Resíduo Insolúvel (RI)	0,58

O cimento possui como principais constituintes o óxido de cálcio, sílica, óxido de alumínio e óxido de ferro, cuja quantidade influi diretamente nas características do concreto produzido.

Pode-se notar a similaridade nas composições do resíduo oleoso e do cimento, os quais têm os mesmos compostos como constituintes principais.

A partir dos resultados da análise química e utilizando-se da Equação 1, foi possível calcular o equivalente alcalino dos materiais. Desta forma, tem-se um equivalente alcalino de 1,82% para o resíduo oleoso e 1,96% para o cimento, valores superiores a 0,6%, estabelecido pela NBR 9773:1987 para o cimento. Percebe-se a similaridade de valores, permitindo-se concluir que o resíduo oleoso não seria decisivo no desencadeamento da reação álcali-agregado.

Comparando as quantidades de componentes presentes nos dois materiais, percebe-se que a quantidade de sílica é significativa no resíduo oleoso, maior que no cimento. Porém, a quantidade de Óxido de Cálcio é drasticamente inferior no resíduo oleoso. Sabe-se que a reação álcali-sílica, que é a mais comum, ocorre entre a sílica reativa dos agregados e os álcalis, na presença de Hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) originado da hidratação do cimento [NOGUEIRA, 2010]. Infere-se, pois, que o resíduo oleoso, por ter

reduzida quantidade de Óxido de Cálcio, inibe ou pelo menos não desencadeia a reação álcali-agregado, pela formação em menor quantidade de Hidróxido de Cálcio.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que as composições do resíduo oleoso e do cimento são similares. Ademais, os equivalentes alcalinos obtidos a partir da concentração de óxido de sódio e cálcio para os dois materiais são similares, de 1,82% para o resíduo oleoso e de 1,96% para o cimento. Desta forma, pode-se inferir que o resíduo oleoso não intensifica a reação álcali-agregado, podendo ser utilizado na produção de concreto.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

Ao Departamento de Engenharia Civil – CTRN – UFCG pela oportunidade de realização da pesquisa de Iniciação Científica.

Ao Professor Titular Dr. Milton Bezerra das Chagas Filho, pela orientação e apoio.

À Professora Ph.D. Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça, pelo apoio, suporte e amizade.

Aos meus amigos, que me ajudaram no desenvolvimento da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
NORMAS TÉCNICAS (ABNT).



_____. **Cimento Portland – Cimento Portland Comum.**_NBR 5732. Rio de Janeiro. 1991.

_____. **Cimento Portland – Determinação da Finura por meio da peneira 75µm (nº 200).**_ MB 3432. Rio de Janeiro. 1991.

_____. **Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica.**_NM 23. Rio de Janeiro. 2001.

BAUER, L.A. Falcão. **Materiais de Construção.** LTC. 5ª Edição Revisada. Rio de Janeiro, 2011.

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

CHAGAS FILHO, M. B. **Estudo de Agregados Lateríticos para Utilização em Concretos Estruturais.** Tese de Doutorado, 2005. Universidade Federal de Campina Grande, 2005.

HASPARYK, N. P. **Investigação de Concretos Afetados pela Reação Álcali-Agregado e Caracterização Avançada do Gel Exsudado.** Tese de Doutorado, 2005. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LUCENA, A; RODRIGUES, J. K.; FERREIRA, H; LUCENA, L. C.; LUCENA, L. **Caracterização Térmica de Resíduos**

de Perfuração “Onshore”. 4º DPETRO, 2007.

MENDONÇA, A. M. G. D. **Uso de Resíduos Oleosos de Petróleo (E&P) em Obras Cíveis.** RELATÓRIO FINAL Programa Nacional de Pós-Doutorado – PNPd 2007. Universidade Federal de Campina Grande, 2013.

NOGUEIRA, K. **Reação Álcali-Agregado: Diretrizes e Requisitos da ABNT NBR 15577/2008.** Monografia, 2010. Universidade Federal de Minas Gerais.

SILVA, Y.; SANTOS, C.; LUCENA, A. **Estabilização/Solidificação de um resíduo da indústria de petróleo para uso em pavimentos rodoviários.** VII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande, 2010.

SOUZA, J. **Estudo de durabilidade de concretos e argamassas através de RAA em agregados convencionais da região de Campina Grande e alternativos em concreções lateríticas Sapé-PB e Jacumã-PB.** Dissertação de Mestrado, 2007. Universidade Federal de Campina Grande, 2007.