

**A utilização do agregado fuligem como uma alternativa sustentável para
mistura do concreto**

The use of the aggregate fulfills as a sustainable alternative for concrete mixture

*La utilización del agregado fuligen como una alternativa sostenible para la mezcla del
concreto*

Gean Pereira da Silva Junior

Aluno, UNIP, Brasil
Gean.junior1995@gmail.com

João Vitor Meneguetti Berti

Aluno, UNESP, Brasil
jvmb97@gmail.com

Jose Antonio Armani Paschoal

Professor Doutor, UNIP, Brasil.
Armani@armaniconsult.com.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo experimental desenvolvido em trabalho de conclusão de curso, com a utilização de fuligem escura como material (agregado) secundário na produção de concreto para construções. A utilização da fuligem tem como base fundamental aumentar a resistência do concreto ao atingir a cura, evitando-se a utilização maior de agregados e de cimento, além de que, o uso dessa fuligem é de grande importância para a preservação da natureza, pois, este produto é descartado na natureza sem nenhum tipo de tratamento, o que resulta em prejuízos ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Fuligem escura. Concreto. Sustentabilidade. Substituição.

ABSTRACT

The objective of this work is to present an experimental study developed in the course work, with the use of dark soot as secondary material (aggregate) in the production of concrete for constructions. The use of soot has as its fundamental basis to increase the resistance of the concrete to reach the cure, avoiding the greater use of aggregates and cement, besides, that the use of this soot is of great importance for the preservation of the nature, this product is disposed of in nature without any kind of treatment, which results in environmental damage.

KEY-WORDS: Dark soot. Concrete. Sustainability. Replacement.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es presentar un estudio experimental desarrollado en trabajo de conclusión de curso, con la utilización de hollín oscura como material secundario en la producción de concreto para construcciones. La utilización del hollín tiene como base fundamental aumentar la resistencia del concreto al alcanzar la cura, evitando la utilización mayor de agregados y de cemento, además de que el uso de ese hollín es de gran importancia para la preservación de la naturaleza, Este producto es descartado en la naturaleza sin ningún tipo de tratamiento, lo que resulta en daños ambientales.

PALABRAS CLAVE: Hollín oscuro. Concreto. Sostenibilidad. Recambio.

1. INTRODUÇÃO

O concreto, um dos principais componentes da engenharia empregados pelo homem, é também um dos maiores causadores da degradação ambiental. Desde a antiguidade já haviam compostos formado por água, agregados e aglomerantes servindo de matéria prima para a construção de diversas estruturas que persistem ao longo dos séculos às ações intempéricas diversas e perduram até os dias atuais. De acordo com os estudos realizados pelo Sindicato Nacional da Indústria do Cimento – SNIC (2010) foram indicados uma produção de cerca de 2,5 bilhões de toneladas por ano de cimento Portland no mundo, o Brasil é o décimo maior produtor de cimento do mundo e, o primeiro da América Latina, produzindo cerca de 59,80 milhões de toneladas de cimento só no ano de 2009.

Há uma grande preocupação pela busca de alternativas sustentáveis em relação aos produtos que são descartados na natureza sem nenhum tipo de tratamento, o que resulta em degradação do meio ambiente. Os produtos que são descartados na natureza sem nenhum tipo de tratamento são os concretos e massas utilizadas para a construção civil. Diversas usinas descartam resíduos derivados da queima do bagaço da cana – de – açúcar, o que consequentemente resulta num aumento do número de descarte. Tendo como base esse produto derivado de resíduos da cana, pode ser comprovado que é possível a utilização de materiais descartáveis, reaproveitando-os e utilizando-os na produção de um concreto mais resistente, firme, mais flexível, e, inclusive, esse concreto não trará danos para o meio ambiente, assim como o concreto que não é misturado com material descartável traz.

Como já dito anteriormente, o concreto é um dos maiores causadores da degradação ambiental, e devido a esse fator alarmante, é necessário que haja uma forma mais sustentável que possa desempenhar a mesma função do concreto e que não prejudique o meio ambiente (SOUTO, 2010). A alternativa mais viável que pode ser utilizada é o agregado, por razões econômicas e também pela sua importância para o meio ambiente. Estudos comprovam que 75% do volume do concreto é ocupado pelos agregados, o que, de certa forma, gera uma economia no valor gasto em material, além de que o concreto terá maior solidez e maior durabilidade do que só a mistura de cimento com água (LEVY, 2001). Logo, as propriedades físicas, térmicas e químicas do agregado têm um bom desempenho no quesito durabilidade do concreto, e também, um custo de menor valor e há uma grande facilidade em misturá-los ao concreto.

Existem críticas em relação ao uso de agregados naturais para a produção de concreto, portanto, com o uso da reciclagem de materiais, outra fonte de matéria-prima passa a ser utilizada e proporciona a redução da disposição e no volume final do resíduo.

Apesar das críticas com o uso de agregados, há grandes chances de que a mistura de concreto com o agregado produza um resultado final de grande qualidade, pois, pode ser utilizado o concreto convencional (CC) como um substituto aos agregados naturais por agregados advindos da cana – de – açúcar. Sendo assim, para que este concreto seja utilizado em grande escala, é necessário que ele seja utilizado na produção de elementos construtivos e que esses elementos correspondam à maior parte do consumo deste material.

A utilização da fuligem tem como base fundamental aumentar a resistência que este concreto atinge ao curar, evitando assim a necessidade de se utilizar um volume muito maior de materiais como areia e cimento. Logo, há uma economia de material, o que resulta na economia do custo total da obra, fator extremamente importante, já que uma das maiores funções de um engenheiro é de minimizar ao máximo os custos de um trabalho, e, conseguir realizar este trabalho com qualidade.

Dessa forma, pode-se entender o porquê da utilização do agregado fuligem é de extrema importância, tanto para o meio ambiente, quanto para o custo benefício total de uma grande construção. Além de sua produção ser bem menos prejudicial ao meio ambiente, o seu custo será reduzido já que é um tipo de material reciclado que tem um bom desempenho quando misturado ao cimento em condições favoráveis.

2. OBJETIVOS

O objetivo do trabalho é gerar a conciliação do agregado fuligem de cana-de-açúcar atingir os diagramas de dosagem de concreto variando os agregados naturais junto com a fuligem, considerando-se a possibilidade de utilização do mesmo gerado, pela usina de cana-de-açúcar, como substituto parcial do cimento na produção do concreto. Realizando assim a comparação das características do concreto convencional (CC) com as características do concreto com adição de agregado fuligem (CF) de cana-de-açúcar.

3. MATERIAS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS

3.1.1 Agregados miúdos

Os agregados miúdos utilizado na pesquisa foram:

- Areia Grossa Natural tem a origem do Porto de Areia Irmãos Brambilla, de Pereira Barreto – SP.
- Fuligem, gerada a partir da combustão do bagaço da cana-de-açúcar, proveniente da Usina Santa Adélia, localizada na cidade de Pereira Barreto – SP.

3.1.2 Agregado graúdo

Os agregados graúdos utilizados na pesquisa foram:

- Brita 0 natural, tem origem da pedreira de três irmãos, de Andradina – SP.
- Brita 1 natural, origem da pedreira de três irmãos, de Andradina – SP.

3.1.3 Aglomerante

O aglomerante utilizado foi o cimento CII-Z: Cimento Portland composto com pozolana.

3.1.4 Aditivo

O aditivo utilizado foi superplastificante

3.1.5 Água

Foi utilizada água potável de abastecimento público da cidade de São José do Rio Preto – SP.

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 Dosagem

Foi utilizado o traço com as seguintes proporções:

- Relação água/cimento de 0,52;
- Relação cimento/areia/pedra de 1:1,96:2,52;
- Substituição da fuligem por cimento portland: 15%.

3.2.2 Mistura

Primeiramente foram adicionados 80% da água, seguido de brita (agregado graúdo) e areia (agregado miúdo) conforme a tabela do traço utilizado, a betoneira foi acionada por 2 minutos. Após as misturas dos mesmos, foi adicionado o aglomerante e a fuligem com 50 ml de aditivo superplastificante, a betoneira novamente foi acionada por mais 3 minutos, formando assim uma mistura homogênea, finalizando o processo.

3.2.3 Ensaio de Consistência

Logo após a mistura, realizou-se o ensaio de abatimento de tronco de cone, também conhecido como “slump test”, seguindo a norma NBR NM 67:1998, com o objetivo de verificar se a consistência do concreto estava de acordo com a desejada para o propósito que o mesmo seria utilizado.

3.2.4 Adensamento Manual.

Foi introduzido o concreto no corpo de prova em 2 camadas, a primeira camada foi adicionada aproximadamente na metade, fazendo 12 golpes com a haste, evitando-se golpear a base do molde. Os golpes foram distribuídos uniformemente em toda a seção transversal do mesmo, em seguida foi adicionada a segunda camada de concreto completando todo o volume do molde, repetindo a quantidade de golpes com penetração de 20 mm na camada anterior. Por fim foi feito o rasamento da superfície com uma colher de pedreiro. Seguindo a norma NBR 5738:2015.

3.2.5 Capeamento

O capeamento é realizado para fazer a regularização dos corpos de prova, após analisar a trabalhabilidade para cada traço, a fim de efetuar o ensaio de compressão axial.

Para isso, foi utilizado gesso. Todos os corpos de prova foram capeados com o mesmo, respeitando o limite máximo de espessura da camada de 3 mm em cada base. Para que ambas as superfícies fiquem lisas e planas após o endurecimento.

3.2.6 Ensaio de resistência à compressão axial

Posteriormente o período de cura dos corpos de prova, foram realizados os ensaios de resistência a compressão axial simples. As idades de ensaios dos corpos de prova foram de 7, 28 e 90 dias para a substituição em porcentagem de 15% com adição de 50 ml de aditivo (superplastificante), em relação ao aglomerante utilizado, os mesmos foram posicionados no centro do prato inferior para que seu eixo seja o mesmo que o da prensa, deste modo as forças resultantes passam pelo centro do corpo de prova, utilizando uma prensa universal sob velocidade de $0,45 \pm 0,15$ MPa/s.

Os dados de resistência à compressão foram calculados conforme a NBR 5738, 2015.

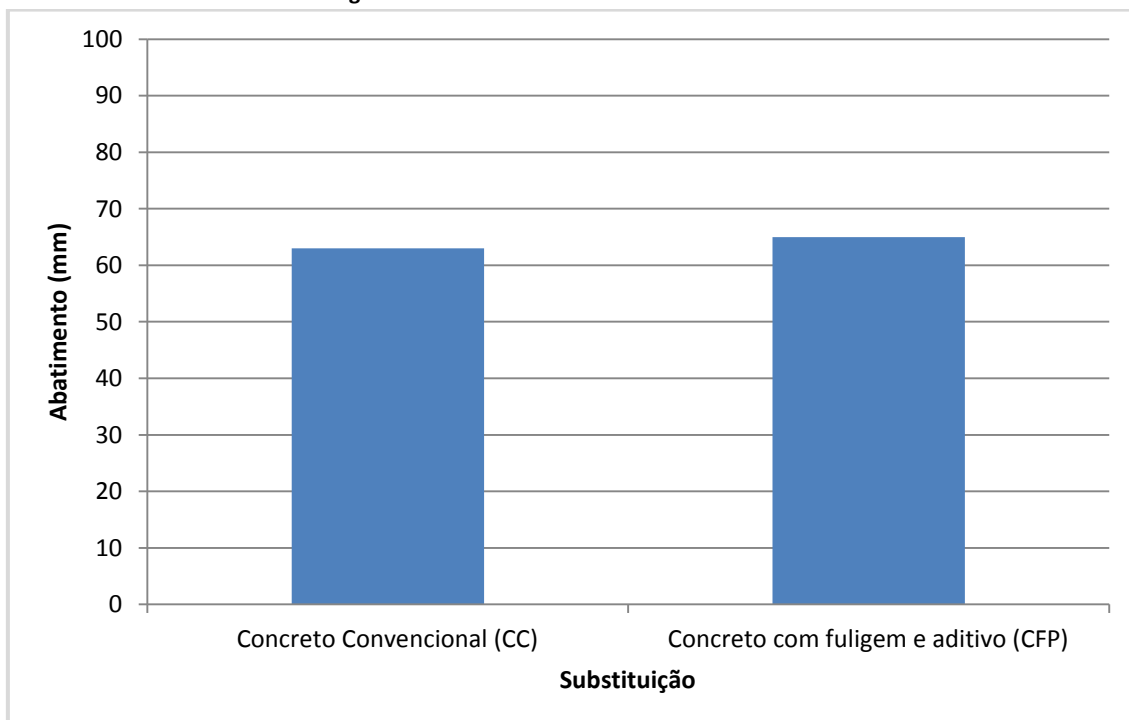
4. RESULTADOS

Os resultados de resistência à compressão axial e índice de consistência, com a substituição de aglomerante por fuligem de cana de açúcar na porcentagem de 15% com aditivo, serão apresentados a seguir.

4.1 Resultados do ensaio de consistência “slump test”

O resultado do ensaio de consistência está representado na figura 1. O gráfico apresenta relação entre o abatimento de tronco do concreto convencional (mm), com o concreto com substituição de fuligem em 15% e aditivo, sendo o controle a porcentagem 0%.

Figura 1- Índice de trabalhabilidade do concreto



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2016.

Em relação aos resultados do ensaio de abatimento e tronco do concreto, pode-se concluir que não houve uma mudança significativa com o acréscimo de fuligem e aditivo.

Porém o concreto com uso de aditivo (superplastificante), necessita-se de uma quantidade menor de água, pois a mesma apresentou uma melhor aglutinação comparada ao concreto convencional (CC).

4.2 Resultados de resistência à compressão

Os resultados de resistência à compressão do concreto convencional (CC), e do concreto com fuligem e aditivo (CFP), com 7, 28 e 91 dias, estão representados na tabela 1.

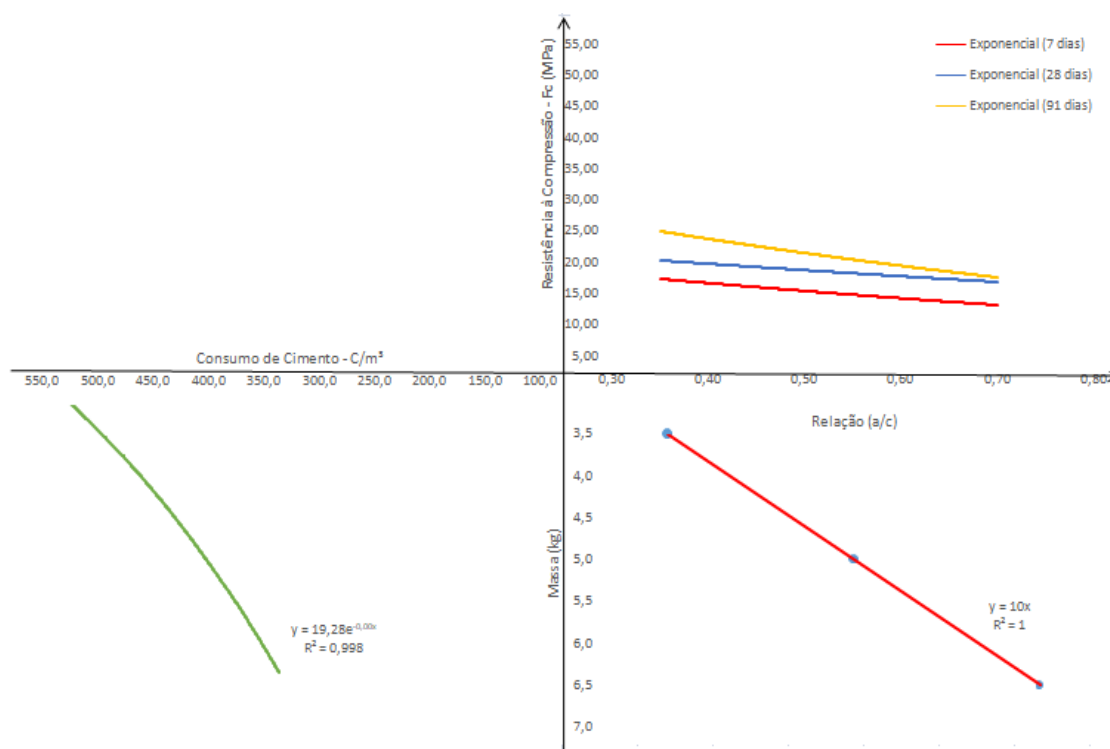
Tabela 1 – Resultados de resistência à compressão para a substituição estudada

Ensaio de compressão					
Idade	Concreto	Carga (kgf)	Tensão (MPa)	Tensão Média (MPa)	Desvio Padrão
7 Dias	Concreto convencional (CC)	11870	14,82	15,34	2,186869909
		10780	13,46		
		14210	17,74		
	Fuligem com superplastificante (CFP)	10370	12,94	13,78	0,88228869
		11780	14,70		
		10980	13,71		
28 Dias	Concreto convencional (CC)	15670	19,57	18,57	1,798786628
		15730	19,64		
		13210	16,49		
	Fuligem com superplastificante (CFP)	15370	19,19	18,96	0,32929217
		14880	18,58		
		15300	19,10		
91 Dias	Concreto convencional (CC)	17310	21,61	21,37	3,675880847
		19960	24,92		
		14087	17,58		
	Fuligem com superplastificante (CFP)	22449	28,03	24,11	4,986404851
		14820	18,50		
		20670	25,81		

Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2016.

Pode-se observar que o concreto com fuligem e aditivo (CFP) com idade de 7 dias, suas devidas resistências ficaram abaixo do concreto convencional. Logo, para a idade de 28 dias, a sua resistência ultrapassou a resistência do concreto convencional. Com 90 dias, o concreto com fuligem e aditivo apresentou uma resistência significativa comparado com a resistência do concreto convencional.

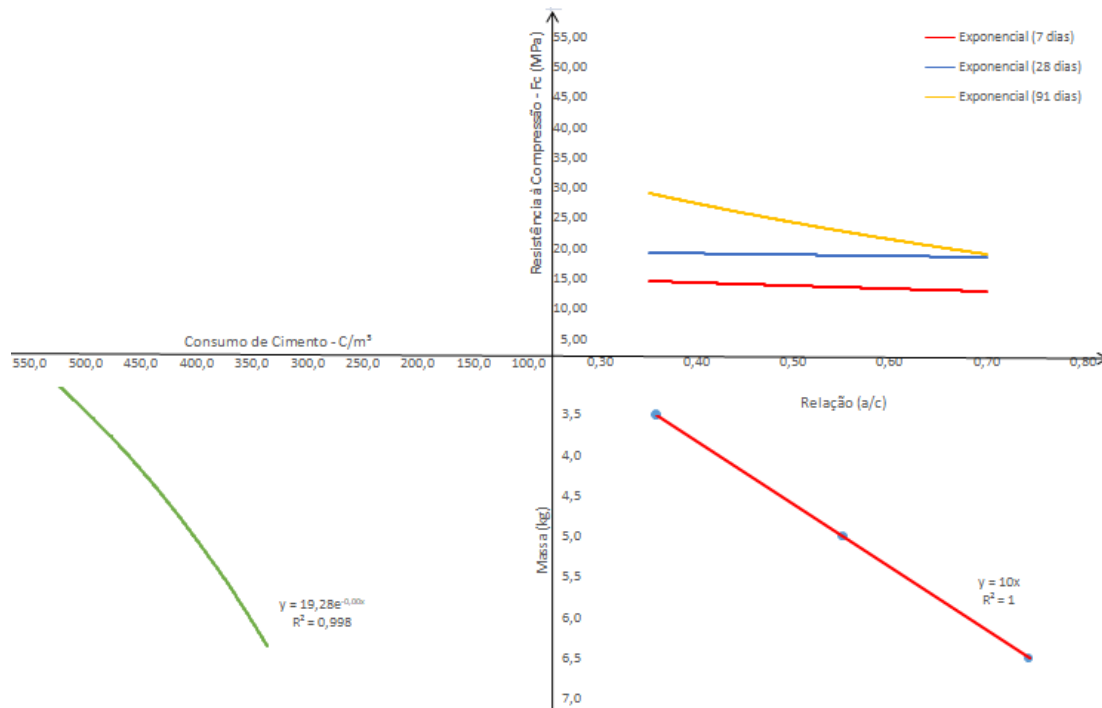
Figura 2 - Diagrama de dosagem Concreto convencional (CC)



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2016.

Na imagem 2, o diagrama de dosagem mostrou queda de resistência para 7, 28 e 91 dias, no qual o desvio padrão aos 28 dias foi superior ao de 7 dias, sendo que aos 91 dias foi superior aos dois tanto como o de 7 e 28 dias.

Figura 3 – Diagrama de dosagem concreto com fuligem e plastificante (CFP).



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2016.

Na imagem 3, o diagrama de dosagem mostrou queda de resistência para 7 e 91 dias, pois o de 28 dias houve uma pequena, quase nula queda como mostra o gráfico. No qual o desvio padrão aos 28 dias foi superior ao de 7 dias, sendo que aos 91 dias foi superior aos dois tanto como o de 7 e 28 dias.

5. CONCLUSÃO

Constatou-se que, durante a mistura na betoneira para produzir o concreto, nos ensaios de slump test e abatimento, o agregado fuligem juntamente com o aditivo superplastificante tem uma menor absorção de água, por serem menos porosos que os agregados naturais, portanto, se faz necessário estabelecer um método específico de dosagem para estes dois materiais, devido ao fato que suas características não serem iguais as características dos agregados naturais.

Através dos dados obtidos durante os ensaios de rompimento de corpo dos prova de 28 dias, consegue-se concluir que o concreto com adição de fuligem e aditivo plastificante (CFP) teve sua resistência à compressão aumentada em 2% em relação ao concreto convencional (CC).

Já nos ensaio de rompimento de corpo de prova de 91 dias, com a adição de fuligem e aditivo plastificante (CFP) teve um aumento em 12,82% chegando a uma média de 24,11 MPa.

Concluiu-se que, a utilização da fuligem e aditivo plastificante como agregado na confecção de concreto é viável, porém, serão necessários análises laboratoriais e estudos em campo mais aprofundados sobre este material, para obter-se assim maior conhecimento sobre suas características de durabilidade entre outras propriedades.

REFERÊNCIAS

ALVES, José Dafico. **Materiais de construção**. 7. Ed. Goiânia, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – **Guia básico de utilização do cimento portland**, São Paulo, 2002. 7 ed.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR NM 248**: Agregado –Determinação da composição granulométrica. Rio de janeiro, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR NM 67**: concreto – determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR NM 52**: Agregado miúdo –Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de janeiro, 2009. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR NM 53**: Agregado graúdo –Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de janeiro, 2009. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR 5738**: concreto - procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2016. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de janeiro, 2009. 9 p.

BAUER, Falcão. **Materiais de construção1**. 5. Ed. Rio de janeiro, 1994.

BAUER, Falcão. **Materiais de construção2**. 5. Ed. Rio de janeiro, 1994.

BERTOLINI, Luca, **Materiais de construção: Patologia | reabilitação | prevenção**. 6. Ed. São Paulo, 2015.

PATOLOGIAS DO CONCRETO: ENTENDA QUAIS SÃO AS CAUSAS E APRENDA A EVITÁ-LAS, 2016 disponível em <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/2016/12/patologias-do-concreto-entenda-quaes-sao-as-causas-e-aprenda-a-evita-las/>. Acesso em 23/09/2017

PETRUCCI, Eladio. **Concreto de cimento Portland**. 13. Ed. São Paulo, 1997.

PETRUCCI, Eladio. **Materiais de construção**. 10. Ed. São Paulo, 1995.

RIBEIRO, Carmen Couto; PINTO, Joana D. da Silva; STARLING, Tadeu. **Materiais de Construção Civil**. 3. Ed. Belo Horizonte, 2011.

RIPPER, Ernesto. **Manual prático de materiais de construção**. 1. Ed. São Paulo, 1995.

VERCOZA, Ênio José. **Patologia das edificações**. 1. ed. Porto Alegre, 1991.