



ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO CONCRETO POLÍMERO UTILIZANDO A RESINA TEREFTÁLICA

Moreira, L.C. ¹, Pereira, A.R. ², Ferreira, C.A. ³

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Mestrando em Eng. de Minas,
Metalurgia e Materiais

² Universidade Estadual do Rio de Janeiro / Instituto de Geografia / Departamento de
Ciências Ambientais

³ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Laboratório de Materiais Poliméricos,
Departamento de Engenharia de Materiais..

Depto. De Engenharia de Materiais – UFRGS, Av Bento Gonçalves 9500, Setor 4,
Prédio 74, Bairro Agronomia, CEP: 91509-900, Porto Alegre/RS
Email para contato: costa.moreira@ufrgs.br

RESUMO

O atual trabalho consistiu em estudar as propriedades mecânicas do Concreto polímero com utilizando a resina tereftálica objetivando o seu uso em aplicação em piso industriais. Foi estudada a influência dessa resina sobre as propriedades mecânicas do composto final, além das interações com os agregados para a produção do composto. A primeira variável estudada foi a resina que variou de 10 a 20% em peso. Os experimentos foram analisados e a segunda variável estudada foram os %m/m dos agregados já presentes em estudos semelhantes. Por fim, foram testados também a influência do promotor e do iniciador e mantida as outras condições. A mistura com os melhores resultados de Resistência a compressão foi 15% resina com 1% de promotor e 0,1% de iniciador. Experimentos estão em andamento visando a verificar o desempenho do compósito nos ensaios de flexão bem como a análise da microestrutura.

ABSTRACT

The current work consisted of studying the mechanical properties of polymer concrete using terephthalic resin aiming at its use in industrial flooring applications. The influence of this resin on the mechanical properties of the final composite was studied, in addition to the interactions with the aggregates for the production of the composite. The first variable studied was the resin that varied from 10 to 20% by weight. The experiments were analyzed and the second variable studied was the %m/m of the aggregates already present in similar studies. Finally, the influence of the promoter and initiator were also tested and the other conditions maintained. The mixture with the best results of compressive strength was 15% resin with 1% promoter and 0.1% initiator. Experiments are underway aiming to verify the performance of the composite in the flexural tests as well as the analysis of the microstructure.

Palavras-chave: concreto polímero, resina tereftálica, resistência a compressão.

1. INTRODUÇÃO

Na construção civil é notória a busca constante por materiais que atendam às exigências de desempenho esperadas com uma redução de custos e os polímeros ampliam a cada dia seu campo de aplicação na área da construção civil, sendo usados como adesivos, revestimentos, isolantes, como aditivos ou matriz nos concretos (1).

O concreto polímero (CP) é produzido com agregados secos e monômeros que polimerizam enrijecendo a estrutura. Os poliésteres insaturados produzidos a partir da reciclagem do PET podem ser uma fonte de resina com custo mais baixo, além de contribuir para a economia de energia. (2)

O uso de Concreto Polímero (CP) com finalidade estrutural em pisos industriais, com conseqüente maior solicitação mecânica, se deve ao seu alto poder de amortecimento da vibração, sua resistência ao impacto, resistência química e baixa permeabilidade, proporcionando grande resistência ao tráfego pesado. (4)

Desta forma, esse estudo inicial estuda a viabilidade das propriedades do compósito estudado atender estruturas de piso de alta resistência além da possibilidade de aumentar a vida útil do piso e evitar problemas de deformação e trincamento devido a retração térmica por perda de água. Para essa finalidade é desejado que o piso apresente alta resistência a esforços de compressão, abrasividade e flexão.

Esse primeiro trabalho aborda os resultados obtidos com o estudo preliminar da composição da mistura utilizando a resina tereftálica, seguindo as recomendações da bibliografia para outros tipos de resinas, buscando o uso mais eficiente da resina, o estudo da influência do tempo de cura, do catalisador e do promotor nos valores da resistência obtida.

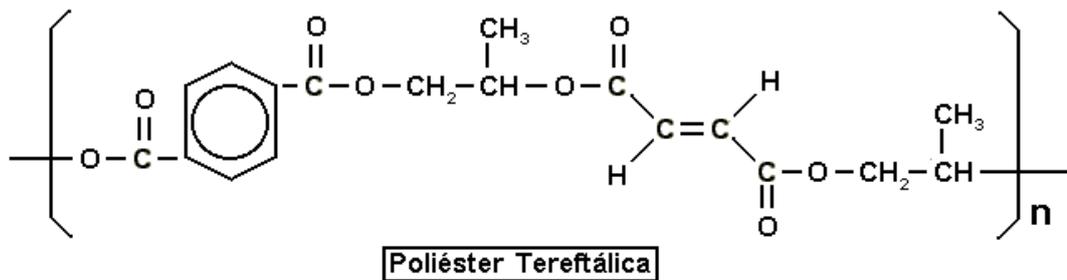
2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Resina

Foi utilizada a resina de poliéster insaturada tereftálica, como nome comercial FORTCOM 3100 (lote R17-3136). Na Figura 1 está representada a estrutura química do monômero que forma o poliéster tereftálico que tem massa molar de 363g/mol. A seleção da resina, que possui uma coloração castanha, que tem uma boa aceitação

de pigmentos e um bom ciclo de cura, se deve ao produto ter a possibilidade de ser obtido de materiais recicláveis do PET- Poli (Tereftalato de Etileno) - diminuindo o seu impacto ambiental e viabilizando a redução de custos. Como principal desvantagem, a resina possui baixa resistência a UV amarelando com facilidade.

Figura 1-Representação esquemática da estrutura química do poliéster tereftálico(5).



2.2. Iniciador de polimerização

Conforme orientação do fabricante, foi utilizado como iniciador de polimerização o Peróxido de Metil Etil Cetona (PMEK).

2.3 Promotor

Conforme orientação do fabricante, foi utilizado como promotor Naftaleno de Cobalto, com a quantidade recomendada de 0,1% (m/m) do promotor em relação a massa da resina.

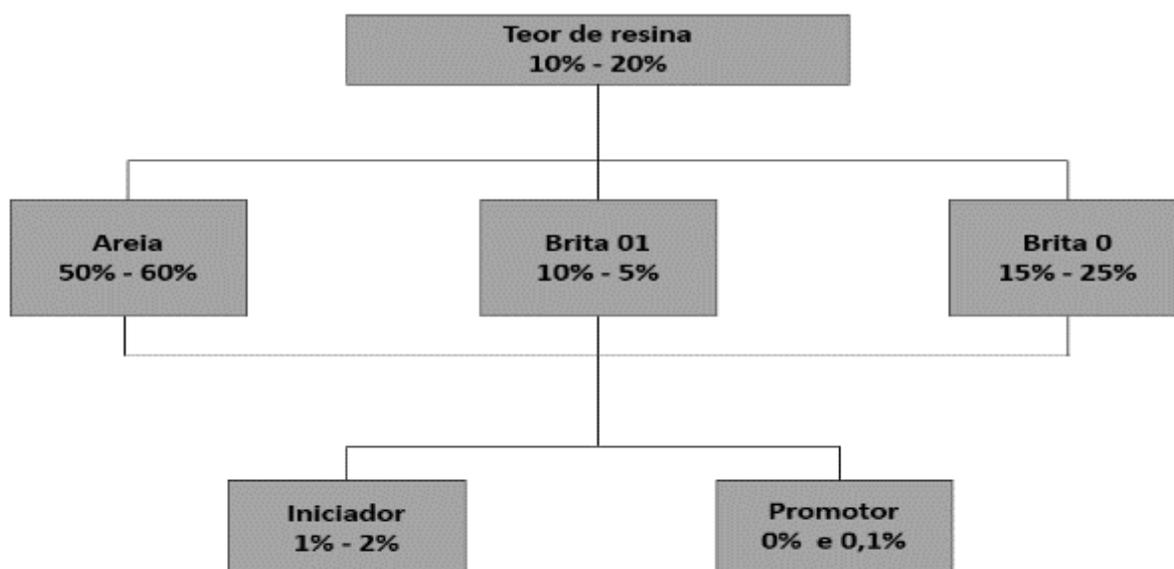
2.4 Agregados graúdos e miúdos - areia e a pedra brita

Foram utilizados os agregados fornecidos pela empresa “Areia para obras” que são comercializadas ensacadas, seguindo a NBR 7211.

2.5 Estudo da dosagem dos componentes

Para iniciar os estudos de dosagem foi escolhido o ensaio de resistência a compressão axial e diametral como parâmetro de desempenho das misturas. A partir desse ensaio foram aplicadas algumas estratégias que são conhecidas para melhorar a resistência do concreto ao desgaste, tais como o aumento na resistência à compressão e à tração (6) (7).

Figura 2-Esquema do estudo de dosagem da mistura do Concreto Polímero



2.6 Método de preparo

O modo de preparo da mistura seguiu a forma de produção convencional de concreto. Os agregados secos foram inseridos primeiramente e homogeneizados em uma betoneira. A seguir, foi acrescentado a resina e novamente homogeneizada a mistura. Por fim, foi acrescentado o promotor e realizada a homogeneização novamente.

A trabalhabilidade da massa foi mantida até 1 hora após o início do processo de cura, sendo possível realizar o preenchimento dos corpos de prova de forma como preconizado NBR 5.738.

Para avaliar a influência do catalisador e promotor, foram realizadas outras dosagens com proporções semelhantes que proporcionassem uma boa trabalhabilidade, conforme tabela 1.

Tabela 1- Estudo Preliminar da dosagem para os % de resina

	ESTUDO DA MISTURA					
Identificador	Areia	Brita 0	Brita 1	Resina	Iniciador	Promotor
Dosagem A	60%	20%	10%	10%	1%	0,10%
Dosagem B	50%	24%	10%	15%	1%	0,10%
Dosagem C	60%	15%	6%	20%	1%	0,10%

Dosagem D	60%	20%	9%	16%	1%	0,10%
Dosagem F	60%	15%	6%	20%	2%	0,10%
Dosagem G	60%	15%	6%	20%	1%	0,00%

2.7 Ensaio de compressão axial

O ensaio de compressão axial foi escolhido devido a importancia da propriedade mecânica para o piso industrial, pois indica a resistência a cargas concentradas até a ruptura do material, relativa a tensão de ruptura do material. O material é um compósito em que os agregados são unidos junto à matriz com a ajuda de um aglutinante de polímero. Sendo a matriz do composito a grande responsável pela resistência, é possível observar nas fotos da Figura 3 com a que o rompimento é nos pontos próximos ao agregado graúdo.(8)

Figura 3- Determinação da resistência à compressão axial de corpo de provas cilíndricos (8)



3. RESULTADO E DISCUSSÃO

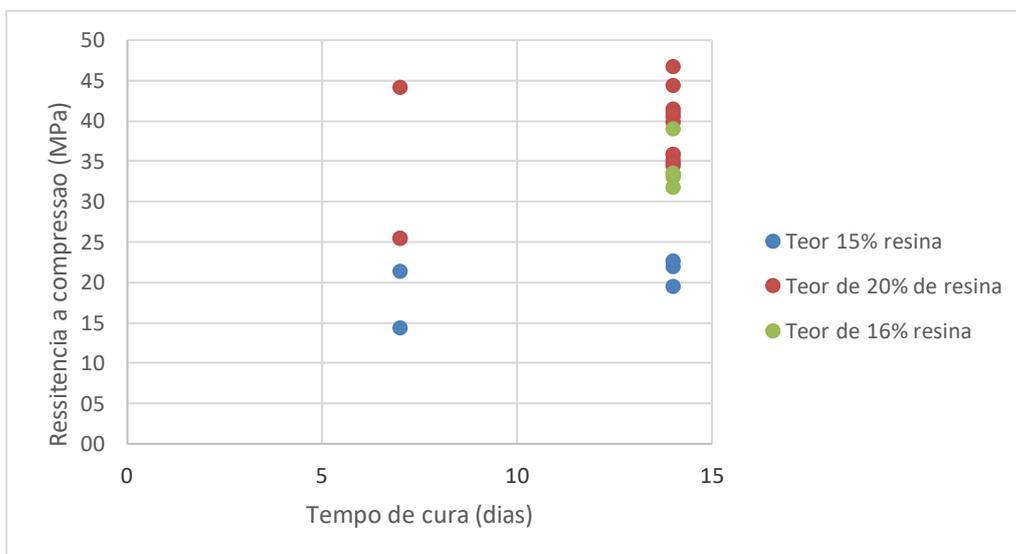
O material formado pela mistura apresentou boa trabalhabilidade durante a execução dos experimentos, além de uma distribuição uniforme de agregados graúdos e miudos, indicando uma boa homogenização da mistura, como é possível observar na Figura 4.

Figura 4- Corpo de Prova Concreto Polimero



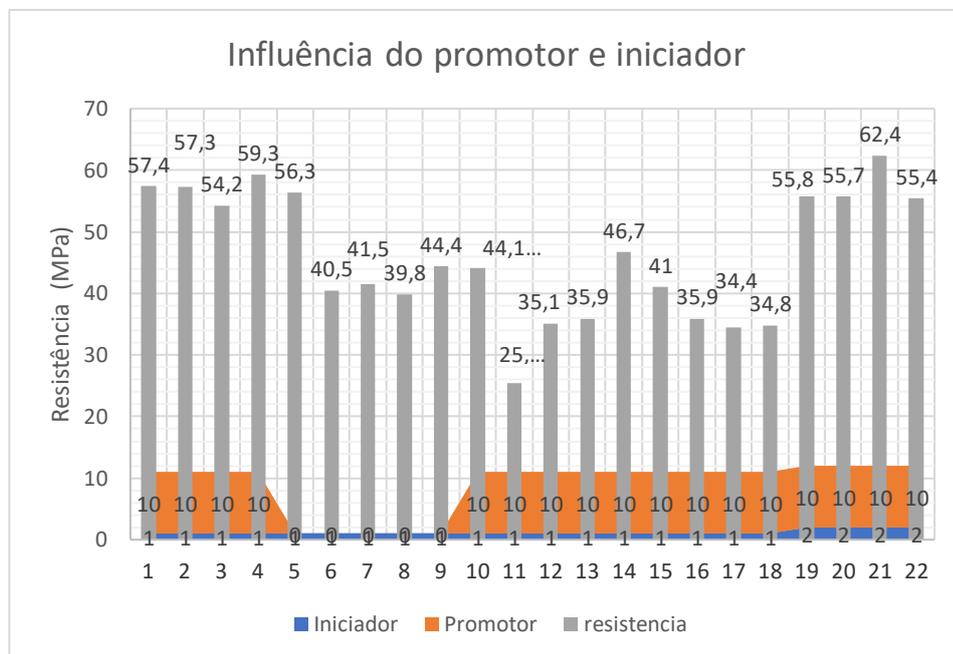
O primeiro parâmetro a ser confirmado foi a não influência do tempo de cura na resistência mecânica, conforme já verificado na bibliografia com outras resinas (7). O concreto polímero atinge mais de 80% da sua resistência final em um dia, não sendo necessário como um parâmetro de controle para comparação, conforme verificado na Figura 5 em que o tempo de cura não influenciou significamente a a resistência final tanto para o teor de 15, 16 e 20 % de resina já que os resultados apresentados com 7 dias se assemelham dos resultados encontrados com 14 dias de cura. O resultado esta coerente com o da bibliografia que com 1 dia o material já atinge mais de 80% resistência final. (6). Assim, não foi uma variável analisada nos próximos ensaios.

Figura 5-Resistência a compressão x teor de resina



A Figura 6 mostra a variação da resistência com a quantidade de promotor e iniciador, onde é possível observar que nas amostras que foi suprimido o promotor atingiram em torno de 40 Mpa. Já as amostras em que foram acrescentado o iniciador e mantido o promotor em 1% a resistencia foi de 55 Mpa. As dosagens em que foram adicionados o dobro de iniciador (2% m/m em relação a resina) não apresentou aumento significativo na média da resistência. Também é coerente com o esperado, já que o iniciador não teria efeito na resistência. Diferente do papel do promotor que irá afetar a resistencia final, pois ele ira influenciar a cinetica da reação, o que gera um termorigido com menor resistência.

Figura 6 - Influência do % de promotor e iniciador e resistencia a compressão (Mpa)



O PMEK, na primeira etapa do estudo, foi fixado em 1% conforme pesquisas semelhantes (3) (4) (9) (10) (11) (12). Motivado pelo fato do iniciador se decompor pela ação de agentes promotores, gerando radicais livres, que iniciam o processo de polimerização, essa reação é exotérmica, provocando o endurecimento da resina. Com a utilização dessa substância a cura da resina procede-se à frio, em temperatura ambiente, sem a necessidade de uma fonte externa de calor. Como as temperaturas brasileiras são usualmente altas, foi analisado o comportamento da mistura a esse parâmetro. Logo foi verificada a influência do naftaleno de cobalto, indicado na literatura como promotor e a não utilização desse aditivo devido a altas temperaturas brasileiras pode dispensar o uso do promotor.

A granulometria dos agregados, principalmente o tamanho máximo do grão, tem um papel extremamente importante, de acordo com estudos realizados (7) nos ensaios de compressão com amostras para determinar a relação entre porcentagem de resina e resistência, há um aumento na resistência compressão, e que este aumento não se torna significativo em frações acima de 20% de resina. Os teores de resina comumente empregados para aglomerante variaram de 10 a 20% em peso relação a massa total (9) (13) (6) (7) (3) (4) (14) (15) (16) (17). Os agregados foram adicionados na faixa de 50-60% para a areia, de 15-25% para brita 1 e 6-10% para a brita 0, o qual segundo a literatura proporciona um volume de vazios menor de 20% (7). Foi verificada que o material apresentou um aspecto uniforme.

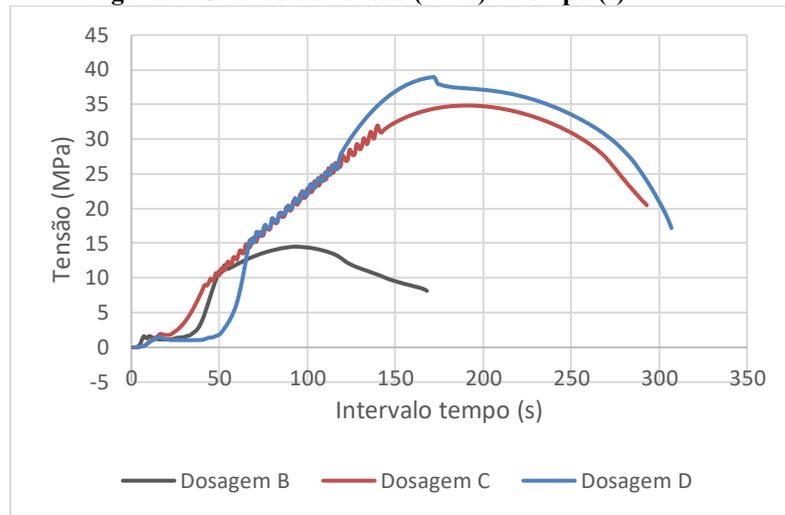
A dosagem A não obteve estrutura suficiente firme para permitir a realização do ensaio. Já as dosagens B, C e D foram ensaiadas e, conforme a NBR 5739, classificadas quanto ao tipo de ruptura dos corpos de prova ensaiados, como consta na tabela 02.

Tabela 2- Avaliação do tipo de ruptura da amostra, conforme a NBR 5739 (8)

Identificador	Resistencia à compressão média (MPa)	Tipo de ruptura mais recorrentes nos Corpos de prova
Dosagem B	20,78	cisalhada
Dosagem C	38,14	cisalhada
Dosagem D	33,72	cônica bipartida

A composição de 60% m/m de areia, 20% m/m de brita 0 e 6% m/m de brita 0 foi a proporção em que o material mostrou uma fratura menos abrupta, como é possível comparar na figura 7.

Figura 7- Gráfico de Tensão (MPa) x Tempo (s)



4. CONCLUSÕES

A viabilidade técnica da aplicação do concreto polímero com agregados graúdos e miúdos adicionados a resina tereftálica ao ser analisado a resistência a compressão obtida nos experimentos desenvolvidos. Como esperado, o tempo de cura não constitui um fator relevante para o Concreto Polímero com a resina tereftálica, pois com 1 dia o material alcança a mais de 80% da resistência final esperada. Das alternativas estudadas e apresentadas a que apresentou melhor desempenho utilizando o mínimo de aplicação de resina, o qual é responsável pelo alto custo do compósito final, foi a mistura de 15% resina com 1% de promotor e 0,1% de iniciador. Experimentos estão em andamento visando a verificar o desempenho do compósito nos ensaios de flexão bem como a análise da microestrutura.

5. REFERÊNCIAS

- (1) GORNINSKI, J.; KAZMIERCZAK, C. Avaliação da Resistência Química de Concretos Poliméricos em Ambientes Agressivos. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 63-71, jan./mar. 2008.
- (2) FOWLER, D. Polymers in Concrete: where have we been and where are we going? In: INTERNATIONAL CONGRESS ON POLYMERS IN CONCRETE AND ICPI/ICRI INTERNATIONAL CONCRETE REPAIR WORKSHOP, 10., Honolulu, 2001. Proceedings... Honolulu, 2001
- (3) ORAK, S. Investigation of Vibration Damping on Polymer Concrete With Polyester Resin. Cement and Concrete Research, v. 30, n. 2, p. 171-174, 2000.

- (4) BIGNOZZI, M. C.; SACCANI, A.; SANDROLINI, F. New Polymer Mortars Containing Polymeric Wastes: part 1: microestrutura and mechanical properties. *Composites: Part A*, v. 31, p. 97-106, 2000.
- (5) SILAEX. Imagem de poliéster insaturado. 2024. Disponível em: <http://www.silaex.com.br/poli%C3%A9ster.htm>. Acesso em: 22 ago. 2024
- (6) GORNINSKI J. P. Investigação do Comportamento Mecânico do Concreto Polímero de Resina Poliéster. Porto Alegre, 1999. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas e Metalurgia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.
- (7) GORNINSKI J. P. Estudo da Influência das Resinas Poliéster Isoftálica e Ortoftálica e do Teor de Cinza Volante nas Propriedades Mecânicas e Durabilidade do Concreto Polímero. Porto Alegre, 2002. 167 f. Tese (Dissertação em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- (8) ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto: NBR 5739. Rio de Janeiro, 1.
- (9) REBEIZ, K. S. Precast Use of Polymer Concrete Using Unsaturated Polyester Resin Based on Recycled PET Waste. *Construction and Building Materials*, v. 10, n. 3, p. 215-220, 1995.
- (10) JO, B.; TAE, G.; KIM, C. Uniaxial Creep Behavior and Prediction of Recycled-PET Polymer Concrete. *Construction and Building Materials*, v. 21, p. 1552–1559, 2007
- (11) GORNINSKI, J.; DAL MOLIN, D.; KAZMIERCZAK, C. Study of the Modulus of Elasticity of Polymer Concrete Compounds and Comparative Assessment of Polymer Concrete and Portland Cement Concrete. *Cement and Concrete Research*, v. 34. p. 2091–2095, 2004.
- (12) GORNINSKI, J.; Kazmierczak, C. Microestrutura dos polímeros. In: ISAIA, G. C.(Ed.). *Materiais de construção e princípios de ciência e engenharia de materiais*. São Paulo: INBRACON, 2007.
- (13) ATZENI, C. MASSIDA, LÇ SANNA, U. Mechanical Properties of epoxy mortars with fly ash as filler. *Cement and Concrete Composites*, v. 12, p. 3-8, 1990.
- (14) Abdel-Fattah, H., and El-Hawary, M. M., “Flexural Behavior of Polymer Concrete,” *Construction and Building Materials*, Vol. 13, 1999.
- (15) GOPAL, R. Polymer Concrete Composites for Enhancement of Mobility of Troops in Desert Operations. *Materials Science and Engineering B*, v. 132, n. 1/2, p. 129-133, 2006
- (16) NAIK, T. R.; SINGH S. S.; RAMME B. W. Effect of source of fly ash abrasion resistance of concrete. **Journal of Materials in Civil Engineering**. N. 14, p417-426, 2002.
- (17) YAZICI, S.; İNAN, G. An investigation on the wear resistance of high strength concretes. *Wear*. V. 260, n.6, p. 615-618, mar. 2006