

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Construção Civil

ISSN 0103-9830
BT/PCC/276

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO
DA FADIGA DO CONCRETO**

Avelino Aparecido de Pádua Crepaldi
João Gaspar Djanikian

São Paulo – 2001

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Construção Civil
Boletim Técnico - Série BT/PCC

Diretor: Prof. Dr. Antônio Marcos de Aguirra Massola
Vice-Diretor: Prof. Dr. Vahan Agopyan

Chefe do Departamento: Prof. Dr. Alex Kenya Abiko
Suplente do Chefe do Departamento: Prof. Dr. João da Rocha Lima Junior

Conselho Editorial
Prof. Dr. Alex Abiko
Prof. Dr. Francisco Cardoso
Prof. Dr. João da Rocha Lima Jr.
Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves
Prof. Dr. Antônio Domingues de Figueiredo
Prof. Dr. Cheng Liang Yee

Coordenador Técnico
Prof. Dr. Alex Abiko

O Boletim Técnico é uma publicação da Escola Politécnica da USP/Departamento de Engenharia de Construção Civil, fruto de pesquisas realizadas por docentes e pesquisadores desta Universidade.

Este texto faz parte da tese de doutorado de mesmo título, que se encontra à disposição com os autores ou na biblioteca da Engenharia Civil.

FICHA CATALOGRÁFICA

Crepaldi, Avelino Aparecido de Pádua
Contribuição ao estudo da fadiga do concreto / A.A.P. Crepaldi, J.G. Djanikian. – São Paulo : EPUSP, 2001.
p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/276)

1. Fadiga (Resistência dos materiais) 2. Pavimentos 3.
Concreto durável I. Djanikian, João Gaspar II. Universidade de
São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia
de Construção Civil III. Título IV. Série
ISSN 0103-9830

CDU 620.178.3
693.75
693.5

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA FADIGA DO CONCRETO

Avelino Aparecido de Pádua Crepaldi – Doutor pela Escola Politécnica USP.
Consultor. 011)3837-0026 avelinoc@uol.com.br

João Gaspar Djanikian - Professor da Escola Politécnica da USP
3D Engenharia 011)3865-2528

RESUMO

O presente boletim apresenta os principais resultados de uma pesquisa experimental com o objetivo de formular um modelo de fadiga do concreto que servisse ao dimensionamento de estruturas. Para tanto, foram empregadas misturas de cimento Portland, agregados minerais e látex Neoprene. Este último possibilitou modificações no comportamento mecânico dos concretos, ampliando sua gama de propriedades.

Foram efetuados ensaios de caracterização dos materiais componentes e ensaios de abatimento, resistência à compressão e módulo de deformação dos concretos, a fim de identificá-los; e por fim, ensaios de fadiga à flexão com carga nos terços, até 2 milhões de ciclos. De modo a complementar a investigação, foram analisadas as superfícies rompidas nos ensaios de tração.

Os resultados experimentais permitiram formular equações de fadiga, conforme a curva de Wöhle, que identificam com precisão as modificações introduzidas pelo Neoprene. E também, um critério de dimensionamento estatístico para projetos estruturais.

ABSTRACT

This work aims to investigate the concrete structural behavior to cyclic stresses, in order to support the design of concrete structures that will work under repeated stress. To vary the properties of the mixes, Neoprene latex was added, enlarging the mechanic responses of the employed concretes.

The concrete materials were characterized by usual technological tests, as well as the mixes employed. Then the cyclic tests of flexion were conducted, until the failure of specimen or 2 million cycles. The cracked faces were also analyzed in order to know the effects of Neoprene combined with repeated tension.

The experimental results allowed to formulate mathematical relations for fatigue behavior of the concretes, based on Wöhle's curves. A statistic criterion was also proposed for the structural design of concrete members subject to repeated stress.

1. INTRODUÇÃO

O dimensionamento de estruturas sujeitas a esforços repetidos, como tabuleiros de pontes, pisos industriais, dormentes ferroviários, pavimentos, entre outros, tem se limitado a considerar um fator de minoração como coeficiente de segurança à fadiga.

No projeto de estruturas, o tipo e classe de resistência do concreto a ser empregado e as dimensões das seções resistentes, são variáveis essenciais, no que diz respeito à capacidade de carga e à durabilidade e, conseqüentemente, ao custo de execução e de manutenção da estrutura.

Este artigo é o resumo da tese que tem como objetivo formular um modelo experimental de comportamento do concreto de cimento Portland a esforços cíclicos, a fim complementar o dimensionamento de estruturas, tornando-o menos empírico com relação à fadiga.

As solicitações repetidas impostas às estruturas, conquanto produzam níveis de tensão inferiores à resistência do material, medida em ensaio estático, geram um estado de fissuração intensa que culmina com a desagregação das seções resistentes, caracterizando um estado limite de utilização da estrutura.

O aprofundamento dos conhecimentos do fenômeno da fadiga do concreto, que permita dimensionar estruturas duráveis e econômicas trará benefícios de largo alcance aos projetos estruturais, que atualmente se baseiam em estimativas da vida útil à fadiga.

Um modelo matemático que possibilitasse a correspondência biunívoca entre o nível de tensão e o número de repetições que levarão um material à ruptura – isto é, um modelo que equacionasse a fadiga, tem sido o objetivo de inúmeras pesquisas tecnológicas, em muitos países.

A pesquisa bibliográfica mostra que os modelos desenvolvidos para a fadiga de metais e ligas, desde a metade do século, não se aplicam adequadamente ao concreto, devido, principalmente, à sua elevada heterogeneidade e forma de ruptura. Assim, através do estudo de seu comportamento a esforços cíclicos, em combinação com suas principais propriedades mecânicas, são investigadas neste trabalho diferentes misturas de concreto, com o intuito de se criar um modelo de fadiga.

2. FUNDAMENTOS SOBRE A FADIGA DO CONCRETO

2.1 INTRODUÇÃO

Até a primeira metade do século o comportamento dos materiais sólidos fora estudado através da *Mecânica da Fratura*, isto é, pelo tratamento localizado da extremidade da fissura. Segundo HORDIJK (1992), para o concreto este modelo não se aplica adequadamente por várias razões, sendo a principal delas a heterogeneidade desse material.

Nos últimos 20 anos a fadiga do concreto tem merecido grande atenção dos pesquisadores, e a forma clássica de representar os resultados experimentais é pelas curvas tensão versus número de ciclos ($S \times N$), que servem para o cálculo do dano acumulado pela *soma de Miner*.(HORDIJK, CORNELISSEN, ZHANG et al.)

Sabe-se atualmente que a fratura por tração no concreto é um fenômeno localizado. Com relação à ruptura por fadiga ainda não está claro se se trata de fenômeno análogo. Assim, alguns dos experimentos relatados têm como objetivo tratar dessa questão. Os resultados dos experimentos foram analisados de modo a esclarecer se a envoltória das curvas de fadiga coincidem com o ramo descendente do ensaio estático de tração. Isto é, se existe um critério de dimensionamento à fadiga com base nas deformações do ensaio estático.

2.2 COMPORTAMENTO DO CONCRETO SOB TRAÇÃO E FADIGA

O comportamento à fadiga será analisado principalmente sob tração, em vista das aplicações em estruturas sujeitas à tração: tabuleiros de pontes, pisos industriais e pavimentos.

Nesta área de estudo, o concreto é considerado ao nível macroscópico, isto é, como um material homogêneo e isotrópico, em que, uma vez alcançada a tensão de ruptura, instala-se uma fissura perpendicular à direção do esforço máximo de tração. E o comportamento à tração é aqui apresentado sob as diversas formas de aplicação dessas tensões.

Comportamento à fadiga

Analogamente aos ensaios estáticos, quando se trata de fadiga, devem-se distinguir as várias formas de carregamento: compressão, tração, flexão e aderência aço/concreto. Embora, aparentemente, os mesmos aspectos gerais são observados para diferentes tipos de carregamentos cíclicos. (HORDIJK, 1992)

Com relação à frequência e amplitude dos ciclos de carga, as solicitações causadas por terremotos, tempestades são de baixa frequência e alta amplitude, enquanto que aquelas provocadas por vento, ondas e tráfego rodoviário – de interesse nesta tese, são de alta frequência e baixa amplitude.

CURVAS DE WÖHLE OU CURVAS S-N

A principal característica do comportamento à fadiga dos materiais é a redução do número de ciclos N à medida que cresce a tensão superior de carregamento, isto é, a tensão máxima do intervalo de oscilação do ensaio cíclico.

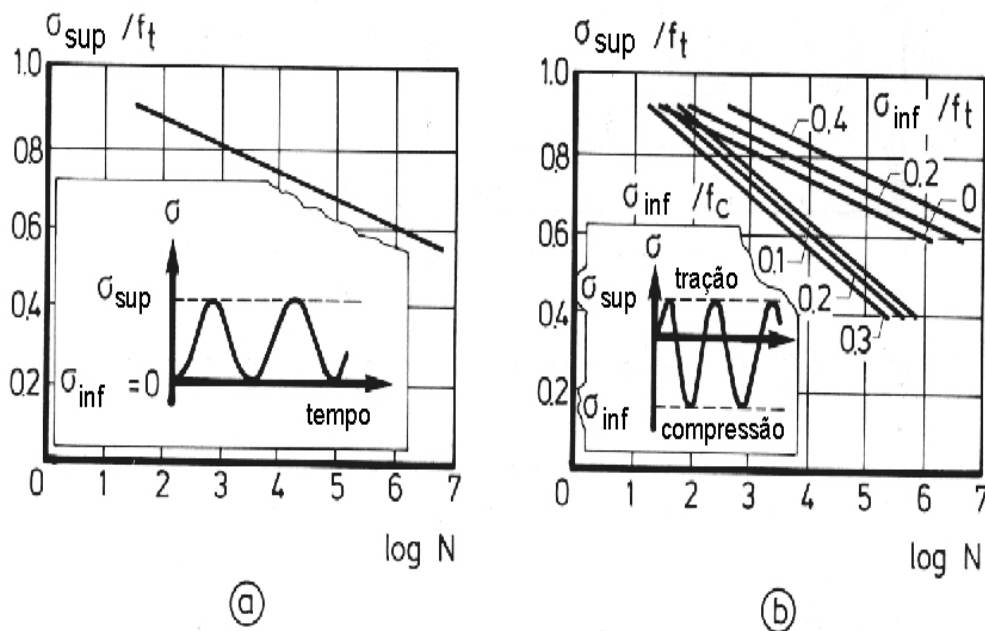


Fig. 1 a) Relação entre o nível superior de tensões e o número de ciclos para a ruptura (Curvas de Wöhle) b) e a influência do nível inferior de tensões (CORNELISSEN, 1984)

Há uma relação linear entre o valor da tensão superior e o logaritmo do número de ciclos, como mostra a (Cornelissen, apud HORDIJK, 1992). Este tipo de gráfico é denominado curvas de Wöhle ou curvas S – N.

Na b pode-se ver a influência da tensão inferior do ciclo de carregamento. Nota-se que há um dano maior, representado pela redução do número de ciclos, quando se faz a reversão de tensões (σ_{inf} de compressão).

2.3 COMENTÁRIOS

A mecânica da fratura tem crescido em importância nas formulações do dimensionamento de concreto. No estudo da fadiga do concreto simples tem-se empregado essa teoria com boa semelhança entre seus resultados e os valores experimentais. Porém, pelos avanços propiciados pelas pesquisas pode-se concluir que a medida de deformações, na região pós-pico dos ensaios, mesmo que se utilize aparato laboratorial complexo, conduz a dispersões consideráveis.

Assim, nesta pesquisa adotou-se a relação tensão versus número de ciclos. Que ainda é o modelo mais adequado para representar a fadiga, tanto pela simplicidade quanto pela precisão.

3. PESQUISA REALIZADA

Com base na justificativa apresentada, elaborou-se uma metodologia de pesquisa para a consecução do objetivo em pauta: foram dosados concretos de cimento Portland do tipo CP II F, com consumo de cimento de 378 kg/m³, agregados naturais de dimensão característica máxima igual a 25 mm e, para se fazer variar as características mecânicas das misturas estudadas, foi empregado látex de NEOPRENE, em diferentes dosagens, de modo a melhorar as características mecânicas dos concretos, reduzindo seu módulo de elasticidade.

O traço selecionado levou em conta as recomendações de consultores da área de pavimentos. Seus parâmetros se localizaram nos intervalos de variação usuais, de forma que o traço se prestasse a aplicações estruturais, ao mesmo tempo que não diferisse consideravelmente dos traços da literatura.

Tabela 1 Traços dos concretos utilizados

TRAÇO	T01	T02	T03
consumo (kg/m ³)	378	378	378
Areia	612	612	612
brita 1	815	815	815
brita 2	349	349	349
rel. a/c	0,53	0,52	0,50
rel. (a+látex)/c	0,53	0,54	0,55
NEOPRENE AquaStik (% massa de cim.)	0%	2%	5%

O estudo de fadiga foi realizado em concretos com a mesma consistência, medida pelo abatimento do tronco de cone (Slump-Test), igual a 45 mm. As misturas utilizadas têm as composições apresentadas na Tabela 1.

Os concretos foram ensaiados a 3 níveis de tensões: de 65%, 80% e 90% da resistência à tração estática. Sendo previstos 3 corpos de prova para cada caso, totalizando 27 ensaios de fadiga. A tensão relativa dos ensaios de fadiga foi referida à resistência estática de tração na flexão, média de 3 corpos de prova, ensaiados na mesma máquina, na ocasião dos ensaios dinâmicos, devido à dispersão própria da tração. Tomou-se o cuidado de ensaiar os corpos de prova sempre com idade superior a 28 dias, pois caso contrário, devido à longa duração dos ensaios, poderia haver variações de resistência dentro da amostra.

Utilizaram-se corpos de prova prismáticos de base quadrada de 15 cm e comprimento de 50 cm, para o ensaio estático e para as séries de fadiga, por flexão com carga nos terços. Para os ensaios de fadiga, os corpos de prova foram submetidos carregamentos cíclicos com frequência variando entre 5 e 15 Hz, a fim de se limitar o tempo de ensaio.

O ensaio à flexão adotado na pesquisa desta tese, que é o mais frequente na literatura, já tem sido utilizado em pesquisas de fadiga do concreto no Brasil e representa melhor as aplicações em tabuleiros de pontes e em pavimentos, estruturas que poderão empregar os resultado deste trabalho.

A forma da fratura dos corpos de prova rompidos são analisadas, a fim de se avaliar o efeito do látex na forma de ruptura.

Adicionalmente, foram moldados corpos de prova cilíndricos para ensaios de compressão axial, e módulo de deformação, de forma a caracterizar as misturas empregadas.

A forma de apresentação adotada é o modelo de WIRSCHING (1983) de confiabilidade para a fadiga com base na curva log-normal, para o qual se define o **desvio-padrão** equivalente em função do número de corpos de prova da amostra, n e do quantil α , que é a probabilidade de ocorrência de falha por fadiga:

$$\sigma_0 = s \cdot g(n, \alpha)$$

em que:

S é o desvio-padrão da amostra

$$g(n, \alpha) = e^{[A(\alpha) \cdot (\ln n)^{-B(\alpha)}]}$$

$$A(\alpha) = 1,56 \left[\frac{1}{2} \ln \left(\frac{2 - \alpha}{\alpha} \right) \right]^{1,12}$$

$$B(\alpha) = 3,32 - 1,7\alpha$$

e o deslocamento da reta para a direção da origem é dado por

$$t \cdot \sigma_0$$

Onde t é o coeficiente de *student* para a curva normal. Para as aplicações gerais em estruturas reticuladas, este valor é 1,65 e corresponde ao quantil de α de 5%. Para algumas aplicações em estruturas como barragens, pavimentos ou pisos industriais, por exemplo, este valor é 1,28 e corresponde ao quantil de 10%.

3.1 MATERIAIS EMPREGADOS

Os materiais empregados na pesquisa experimental são materiais usualmente utilizados em execução de estruturas gerais. Para isto foram coletados em central dosadora da Grande São Paulo e, se não são uma generalização ideal, pelo menos não constituem particularidade limitante dos resultados obtidos.

Nesta pesquisa buscou-se medir as vantagens mecânicas do emprego do látex Neoprene, em particular, sua contribuição no prolongamento da vida útil dos pavimentos, sob ação de cargas cíclicas; além de se variar as propriedades mecânicas das misturas de modo a ampliar a gama de concretos utilizados.

O cimento empregado na pesquisa foi o CP II F, a escolha recaiu em um tipo de cimento com grande disponibilidade, empregado em estruturas gerais e em outros estudos de pavimentos e de crescimento rápido da resistência, como se pode ver na caracterização dos materiais.

Os agregados empregados na dosagem das misturas foram: Areia natural de quartzo da região do Vale do Paraíba e agregado britado de rocha calcária da região da Grande São Paulo. A classificação mineralógica é de calcário com cristais de granulação fina.

O látex empregado como agente de modificação das propriedades mecânicas é o AQS 1120 da DuPont Dow Elastomers. O elastômero NEOPRENE empregado nesta pesquisa, compreendendo os ensaios: determinação do pH, teor de sólidos e espectrofotometria do infravermelho.

4. RESULTADOS DOS ENSAIOS

4.1 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO

Resistência à compressão

Os valores de resistência à compressão dos concretos dosados para esta pesquisa, situaram-se no intervalo de concretos especiais. A resistência à tração obtida, foi de aproximadamente 0,12 vezes a resistência à compressão; que é uma relação verificada para muitos concretos.

O emprego de látex produziu redução da resistência à compressão axial medida por ensaio em corpos de prova cilíndricos de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura, para as três idades ensaiadas; e também na resistência à tração na flexão. A resistência aos

28 dias teve redução de 20% com o emprego de 2% de látex e 40%, para o teor de 5%, em relação ao peso do cimento.

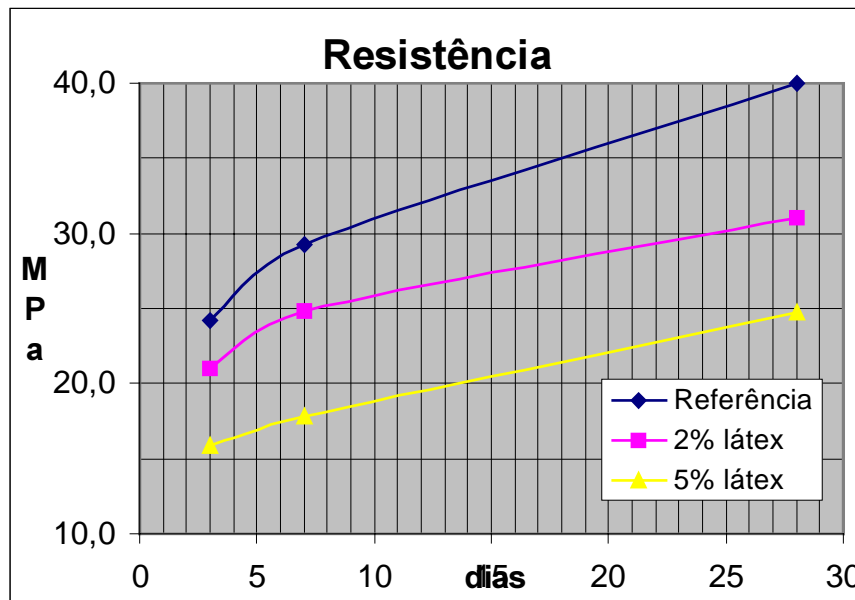


Fig. 2 Evolução da resistência à compressão dos concretos com a idade

O traço de referência, sem látex, possui resistência à tração compatível com os valores de projeto usuais em pavimentos. Entretanto o emprego de látex reduziu a resistência à tração a um nível inferior ao limite para aquela aplicação; porém tais traços serviram para o estudo de fadiga da tese.

A redução de resistência à compressão deve ter como causa a quantidade de ar incorporado, efeito secundário do emprego do látex.

Os concretos dosados para esta pesquisa foram caracterizados por ensaios de resistência à compressão aos 28 dias e determinação do módulo de deformação.

Os teores de ar do concreto fresco foram medidos pelo método gravimétrico e resultaram: 2,5% para o traço T01, 3,5% para o traço T02 e 5,0% para o traço T03.

Módulo de deformação

O módulo de deformação secante dos concretos aos 28 dias foi determinado para o nível de tensão igual a 2/3 da resistência à compressão e seus resultados são apresentados em gráfico.

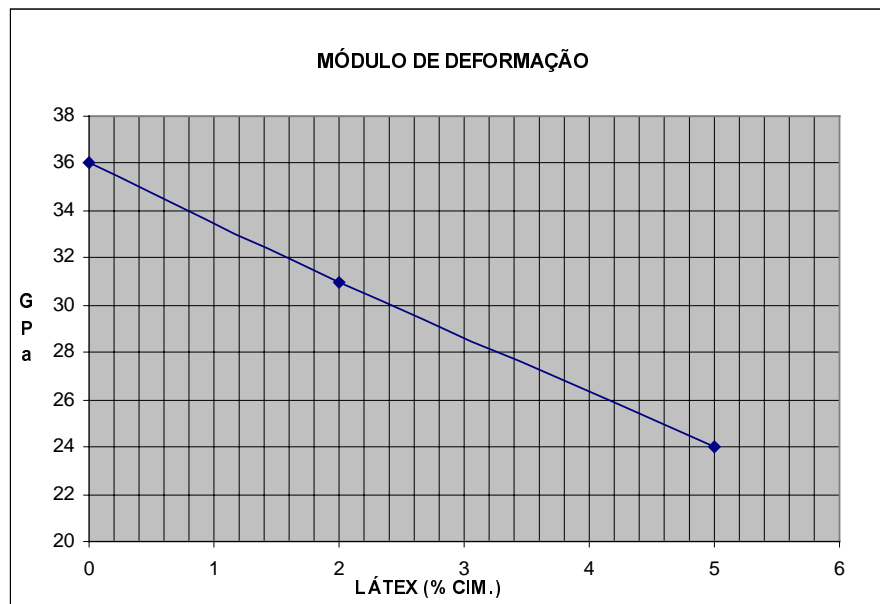


Fig. 3 Redução do módulo de deformação devido ao látex.

Os valores de módulo de deformação obtidos são elevados e usuais em concretos com as resistências encontradas. As reduções de módulo de deformação ocasionadas pelo emprego de látex foram muito semelhantes às reduções de resistência mecânica. Isto é, para teor de 2% de látex a redução do módulo foi da ordem de 20 % e de 40%, para o teor de 5%.

4.2 ENSAIOS DE FADIGA

Os ensaios de fadiga, conduzidos por tração na flexão foram estendidos até o número de ciclos superior a 10^6 . A alta dispersão dos resultados observada é comum em ensaios de fadiga, entretanto foi possível identificar as tendências. Optou-se pelo modelo mais prático e consagrado de se medir o número de ciclos em função da tensão relativa, isto é, a curva S-N, que também oferece a vantagem de permitir comparações simples entre experimentos, como se verá na discussão dos resultados.

Os ensaios de fadiga por flexão nos terços são resumidos no gráfico da Fig. 4

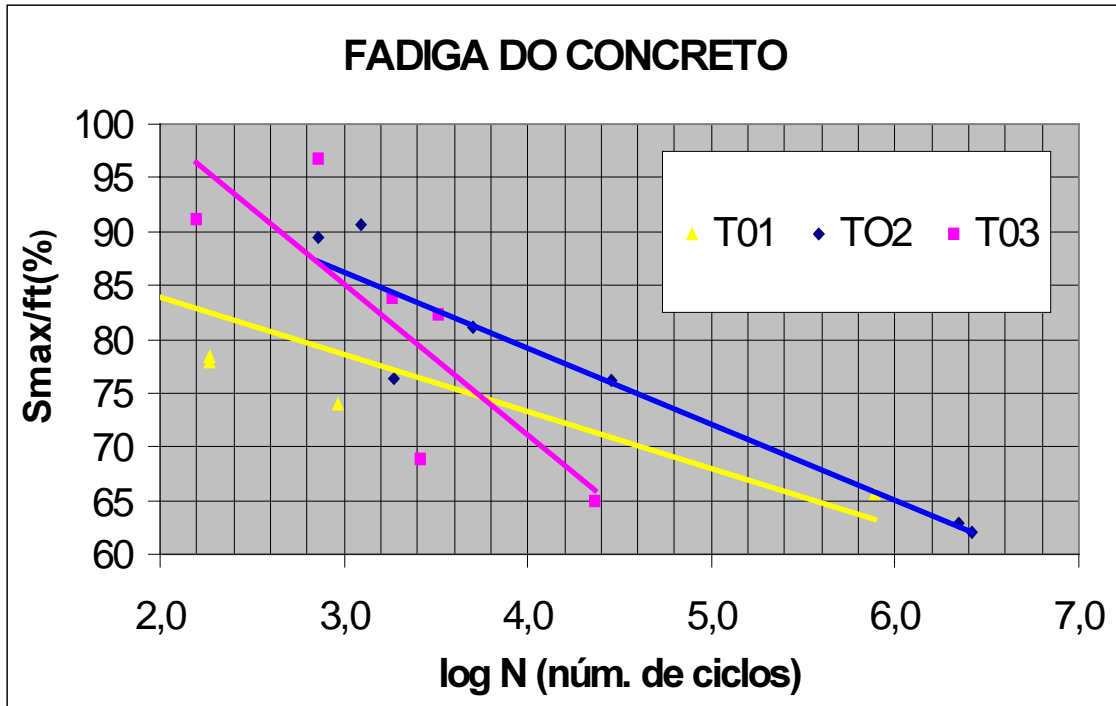


Fig. 4 Fadiga à tração de concretos com e sem látex Neoprene.

Embora o usual seja representar a função de fadiga, pela equação S-N, isto é, tensão em função do logaritmo do número de ciclos, a realização do ensaio se faz de maneira inversa: estabelece-se uma tensão e determina-se o número de ciclos correspondente.

Assim, invertem-se as variáveis, para se determinar os coeficientes da regressão, pelo método dos mínimos quadrados da variável independente de ensaio, que é o número de ciclos. Com isto são calculadas as equações.

A fim de se comparar os comportamentos dos concreto quanto à fadiga, faz-se a análise algébrica através das equações S-N, da seguinte maneira:

A fim de se comparar os comportamentos dos concreto quanto à fadiga, faz-se a análise algébrica através das equações S-N, da seguinte maneira:

Para o concreto sem látex:

$$\frac{S_{\max}}{f_t} (\%) = 100,18 - 7,31 \log N$$

Para o concreto com 2 % látex:

$$\frac{S_{\max}}{f_t} (\%) = 111,80 - 8,08 \log N$$

Para o concreto com 5% látex:

$$\frac{S_{\max}}{f_t} (\%) = 149,89 - 20,96 \log N$$

Pelos valores dos coeficientes lineares e angulares das retas pode-se inferir a influência da adição de látex no desempenho à fadiga dos concretos.

Complementando-se esta análise, calculam-se as interseções das retas, e conclui-se que o emprego de 2% de látex NEOPRENE aumentou a vida útil para todo intervalo de número de ciclos. E que teor de 5% resultou em um aumento da vida útil, em relação ao concreto de referência, para tensões acima de 74%. Mas o aumento do teor de 2% para 5% só apresenta vantagens para níveis de tensão acima de 88%, que corresponde a um número de ciclos muito baixo, que corresponde a uma vida útil muito reduzida, do ponto de vista de projeto de engenharia.

Empregando-se os valores dos ensaios cíclicos em critério de dimensionamento à fadiga, conforme WIRSCHING(1983), sendo t de *student* para quantil α de 10% igual a 1,28 podemos calcular o deslocamento da curva de projeto conforme a Tabela 2.

Tabela 2 Cálculo do deslocamento para a curva de projeto.

n	6	7
α	10%	10%
A	2,41	2,41
B	3,15	3,15
g	1,47	1,34
	DES-PAD	$1,28\sigma_0$
01	0,82	1,54
T02	0,53	0,91
T03	0,42	0,79

Na figura a seguir está representada, como exemplo, a reta de projeto, para o traço T02, conforme cálculo apresentado.

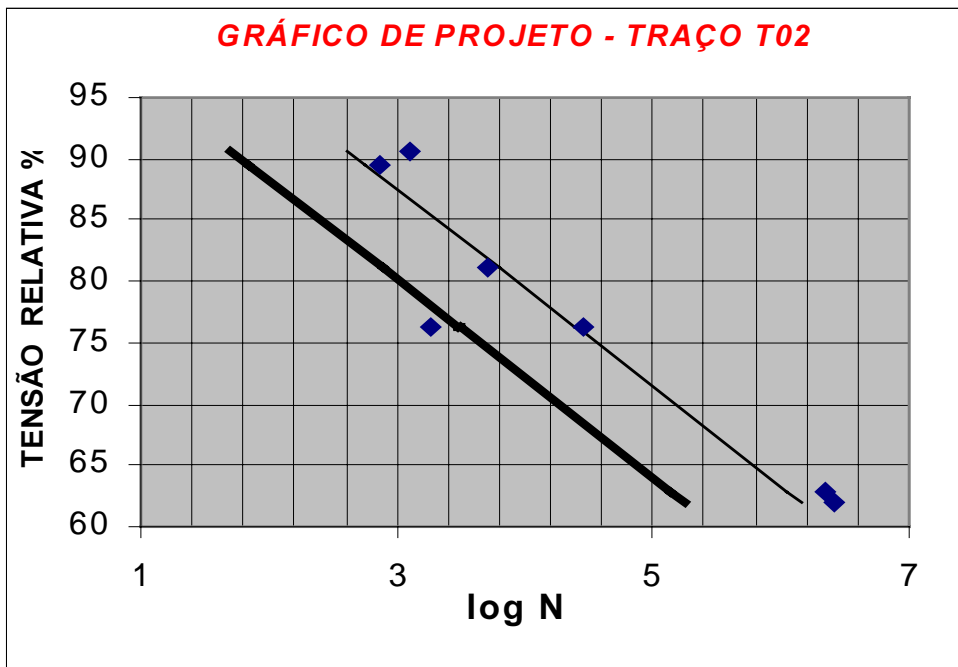


Fig. 5 Gráfico da curva de projeto para o traço T02

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A metodologia adotada permitiu evidenciar as diferenças de comportamento à fadiga criadas pelos parâmetros dos 3 concretos empregados.

O método de cálculo que combina os resultados de ensaio e a majoração do desvio-padrão, tem a vantagem de ser de simples aplicação e permitir o emprego de variados quantis de probabilidade de 1% a 15%, segundo WIRSCHING (1983) e que atendem a vários tipos de estruturas.

O uso de látex Neoprene resultou em reduções de resistência à compressão e do módulo de deformação de 20%, para o teor de 2% de látex e 40%, para o teor de 5% de látex.

As variações introduzidas pelo emprego de Neoprene nas dosagens foram eficazes na ampliação da gama de concretos ensaiados, embora as reduções de resistência à compressão tenham sido consideráveis, inviabilizando o emprego desses concretos para algumas aplicações.

Com a introdução de Neoprene, nos teores 2% e 5%, verificou-se que há um teor ótimo, em relação ao comportamento à fadiga. Para o teor de 2% atingiu-se o limite de ciclos máximo da pesquisa, igual a 2×10^6 , sem haver ruptura. A curva correspondente indica que em todo intervalo de tensões do ensaio, é vantajoso o emprego desse teor de látex.

A introdução de látex produziu um aumento do ar incorporado dos concretos, medido no estado fresco e também visível nas faces rompidas. Isto resultou em considerável aumento da incidência de ruptura na argamassa.

Considerando-se que o método apresentado é um critério de dimensionamento, é razoável esperar que sua aplicação em projetos revele novos aspectos de estudo a serem aprofundados para o aprimoramento da técnica.

A aplicação desta metodologia para o desenvolvimento de um concreto específico para pavimentos, tabuleiro de pontes e obras marítimas, sujeitas a impacto de ondas constituirá um passo evolutivo deste tema.

LISTA DE SÍMBOLOS

S_{\max} , S_{\min}	tensões max. e min. de ensaio
N	número de ciclos até a ruptura
n	número de corpos de prova da amostra
α	probabilidade de ocorrência – dist. normal
S	desvio-padrão da amostra
t	coeficiente de <i>student</i>

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARL, J. C. Neoprene Latex. Principles of Compounding and Processing. **Du Pont de Nemours & Co.** Wilmington, Delaware. 1961

CORNELISSEN, H.A.W. Fatigue Failure of Concrete in Tension. **Heron** v. 29 n. 4.. Delft University of Technology, 1984. 68 pp

HORIIJK, D. A. Tensile and Tensile Fatigue Behaviour of Concrete; Experiments, Modelling and Analyses. **Heron** v. 37 n. 1. Delft Univ. of Technology, 1992.

WEIBULL, W. Fatigue Testing Methods. In: **Fatigue Testing and Analysis of Results**..Ed. Pergamon Student, Londres, 1961 pp. 7-24

WIRSCHING, P. H. Statistical Summaries of Fatigue Data for Design Purposes. **NASA Contractor Report** 3697. University of Arizona. 1983

ZHANG, B; PHILLIPS, D. V. & GREEN, D. R. Sustained Loading Effect on the Fatigue Life of Plain Concrete. **Magazine of Concrete Research** v. 50 n. 3 set-1998 pp. 263-278

BOLETINS TÉCNICOS PUBLICADOS

- BT/PCC/257 Influência do Tipo de Cal Hidratada na Reologia de Pastas. FABÍOLA RAGO, MARIA ALBA CINCOTTO. 25p.
- BT/PCC/258 Metodologia para Análises Ergonômicas de Projetos Arquitetônicos com Base na Teoria dos Sistemas Nebulosos. ANA LÚCIA NOGUEIRA DE CAMARGO HARRIS, CHENG LIANG-YEE. 33p.
- BT/PCC/259 Estudo da Água do Poro de Pastas de Cimento de Escória pelo Método da Água de Equilíbrio. CLÁUDIA T. A. OLIVEIRA, VAHAN AGOPYAN. 12p.
- BT/PCC/260 Concreto com Fibras de Aço. ANTÔNIO DOMINGUES DE FIGUEIREDO. 68p.
- BT/PCC/261 Alocação de Espaços em Arquitetura: Uma nova metodologia utilizando lógica nebulosa e algoritmos genéticos. MARIO MASAGÃO ANDREOLI, DANTE FRANCISCO VICTÓRIO GUELPA. 24p.
- BT/PCC/262 Contribuição ao Estudo da Resistência à Corrosão de Armaduras de Aço Inoxidável. LEONEL TULA, PAULO ROBERTO DO LAGO HELENE. 20p.
- BT/PCC/263 Ferramentas e Diretrizes para a Gestão da Logística no Processo de Produção de Edifícios. FRED BORGES DA SILVA, FRANCISCO FERREIRA CARDOSO. 25p.
- BT/PCC/264 Indicadores de Salubridade Ambiental em Favelas Localizadas em Áreas de Proteção aos Mananciais: O caso da favela Jardim Floresta. MARCO ANTONIO PLÁCIDO DE ALMEIDA, ALEX KENYA ABIKO. 28p.
- BT/PCC/265 Difusão de Cloretos e a Influência do Grau de Saturação do Concreto: Ensaio em laboratório e medição de obra em uso. ANDRÉ T. C. GUIMARÃES, PAULO ROBERTO DO LAGO HELENE. 19p.
- BT/PCC/266 Análise Econômica de Empreendimentos de Longo Horizonte de Maturação: Taxa de Retorno Compensada. JOÃO DA ROCHA LIMA JR. 15p.
- BT/PCC/267 Arbitragem de Valor de Hotéis. JOÃO DA ROCHA LIMA JR. 55p.
- BT/PCC/268 Diretrizes para Produção de Contrapisos Estanques. EDUARDO HENRIQUE PINHEIRO DE GODOY, MERCIA M. S. BOTTURA DE BARROS. 36p.
- BT/PCC/269 Produtividade da mão-de-obra na execução de alvenaria: detecção e quantificação de fatores influenciadores. LUÍS OTÁVIO COCITO DE ARAÚJO, UBIRACI ESPINELLI LEMES DE SOUZA. 24p.
- BT/PCC/270 Influência do volume de pasta na zona de transição pasta/agregado com relação às propriedades mecânicas e de durabilidade do concreto. ELIANE PEREIRA DE LIMA, PAULO R. L. HELENE. 13p.
- BT/PCC/271 Difusão de cloretos e a influência do grau de saturação do concreto: ensaio em laboratório e medição de obra em uso. ANDRÉ TAVARES DA CUNHA GUIMARÃES, PAULO R. L. HELENE. 20p.
- BT/PCC/272 Resistência à corrosão no concreto dos tipos de armaduras brasileiras para concreto armado. OSWALDO CASCUDO, PAULO ROBERTO DO LAGO HELENE. 20p.
- BT/PCC/273 A provisão habitacional e a análise de seu produto. LEANDRO DE OLIVEIRA COELHO. EDMUNDO DE WERNA MAGALHÃES. 32p.
- BT/PCC/274 Estudo da fluência do concreto de elevado desempenho. CASSIANA APARECIDA AUGUSTO KALINTZIS. SELMO CHAPIRA KUPERMAN. 24p.
- BT/PCC/275 Avaliação da sensibilidade do ensaio de penetração de água sob pressão e de um índice de permeabilidade para o concreto. CRISTIANO AUGUSTO GUIMARÃES FEITOSA. JOÃO GASPAS DJANIKIAN. 17p.
- BT/PCC/276 Contribuição ao estudo da fadiga do concreto. AVELINO APARECIDO DE PÁDUA CREPALDI. JOÃO GASPAS DJANIKIAN. 15p.

**Escola Politécnica da USP - Deptº de Engenharia de Construção Civil
Edifício de Engenharia Civil - Av. Prof. Almeida Prado, Travessa 2
Cidade Universitária - CEP 05508-900 - São Paulo - SP - Brasil**