



AVALIAÇÃO DE RESULTADOS DE ENSAIOS DE FADIGA SOBRE VARÕES DE AÇO PARA BETÃO ARMADO

António Manuel Baptista¹, João Filipe²

¹Departamento de Estruturas, LNEC, ambaptista@lnec.pt, ²Departamento de Estruturas, LNEC, jfilipe@lnec.pt

RESUMO

A resistência à fadiga dos varões de aço utilizados em estruturas de betão armado é uma das suas características importantes, no que diz respeito à durabilidade deste tipo de estruturas. A fissuração progressiva dos varões, quando a estrutura é submetida a ações repetidas frequentes, originando variações de tensão elevadas, é uma das principais causas físicas da sua degradação.

Em Portugal, a colocação no mercado de produtos em aço destinados a serem utilizados como armaduras para betão armado está condicionada pela sua Classificação prévia pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), e pela sua Certificação por um organismo acreditado no âmbito do Sistema Português da Qualidade. O LNEC assegura o apoio técnico ao controlo periódico do fabrico destes produtos.

Uma das características mecânicas dos varões de aço de ductilidade especial controladas pelo LNEC consiste na sua resistência à fadiga. A experiência do controlo periódico desta característica, através da realização de ensaios de fadiga, tem vindo a revelar que existem diversos fatores que podem influenciar a sua avaliação, tais como a classe de resistência do aço, o diâmetro dos varões, o seu processo de fabrico ou a dimensão das amostras ensaiadas.

A presente comunicação apresenta um estudo dos resultados de ensaios de fadiga obtidos, no âmbito do acompanhamento do fabrico de varões de aço de ductilidade especial, ao longo dos últimos dezasseis anos. Com base neste estudo, procede-se a uma comparação dos resultados obtidos ao longo do tempo para aços de diferentes classes de resistência, diferentes diâmetros e diversas proveniências.

Palavras-chave: Durabilidade / Betão armado / Varões de aço / Ductilidade especial / Fadiga



IIº Encontro Luso-Brasileiro de Degradação de Estruturas de Betão

Lisboa • LNEC • 27 a 29 de setembro de 2016



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

1. INTRODUÇÃO

A resistência à fadiga dos varões de aço utilizados em estruturas de betão armado é uma das suas características importantes, no que diz respeito à durabilidade deste tipo de estruturas. A fissuração progressiva dos varões, quando a estrutura de betão armado é submetida a ações repetidas frequentes, originando variações de tensão elevadas, é uma das principais causas físicas da sua degradação.

O controlo da resistência à fadiga dos varões de aço de ductilidade especial, no âmbito do acompanhamento periódico da sua produção, é habitualmente realizado pelo LNEC através de ensaios de fadiga. De acordo com as Especificações LNEC aplicáveis a estes produtos, os provetes ensaiados devem suportar pelo menos dois milhões de ciclos, sob tração periódica ondulada, após os quais o ensaio pode ser interrompido. Caso a rotura do provete ocorra antes de se atingir este limite, regista-se o número de ciclos que o provete conseguiu suportar; neste caso o resultado do ensaio é considerado insatisfatório.

Os ensaios de fadiga constituem, adicionalmente, um excelente meio de controlar a qualidade global destes produtos. Com efeito, sendo a resistência à fadiga influenciada pela existência de possíveis defeitos ao nível da estrutura interna do material, bem como por diversos parâmetros associados à geometria dos varões e das suas nervuras, dos quais possam resultar fenómenos locais de concentração de tensões, o ensaio de fadiga permite revelar a existência de problemas que não seriam detetados por outros tipos de ensaio, como o ensaio de tração por exemplo.

A presente comunicação apresenta um estudo estatístico dos resultados de ensaios de fadiga realizados ao longo dos últimos dezasseis anos, no âmbito do acompanhamento da produção de varões de aço de ductilidade especial por quinze fabricantes diferentes.

2. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados do estudo estatístico realizado são apresentados nas Figuras 1 a 27 e nas Tabelas 1 a 11. As Figuras 1 a 4 permitem analisar a influência da classe de resistência do aço dos varões; as Figuras 5 a 18 permitem analisar a influência do diâmetro dos varões; as Figuras 19 e 20 mostram a distribuição do número de ensaios insatisfatórios ao longo dos últimos dezasseis anos, para cada uma das classes de resistência dos varões; por fim, as Figuras 21 a 27 mostram a distribuição do número de ensaios insatisfatórios ao longo dos últimos dezasseis anos, para cada um dos diâmetros de varões de 8 mm, 10 mm, 12 mm, 16 mm, 20 mm, 25 mm, e 32 mm, pertencentes a ambas as classes de resistência.



IIº Encontro Luso-Brasileiro de Degradação de Estruturas de Betão

Lisboa • LNEC • 27 a 29 de setembro de 2016



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

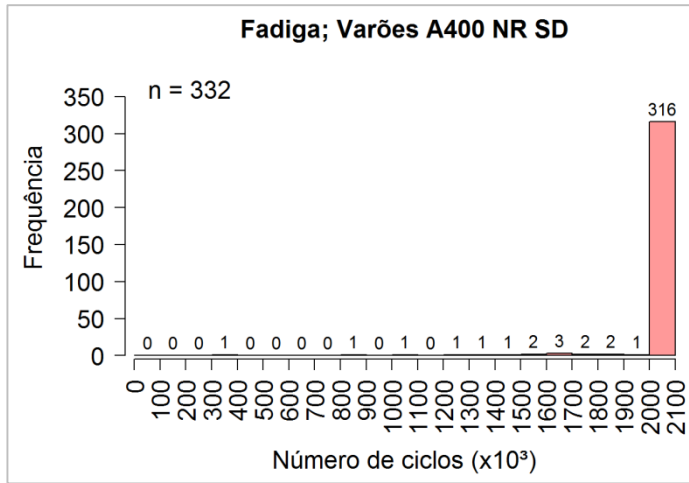


Fig. 1 – Número de ciclos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões A400 NR SD

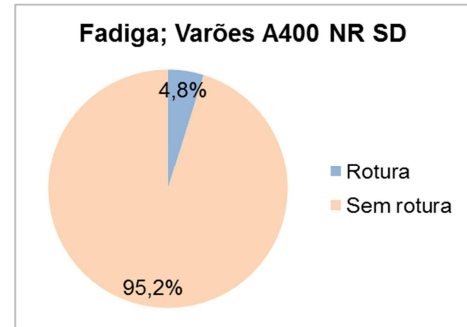


Fig. 2 – Distribuição dos resultados dos ensaios em varões A400 NR SD

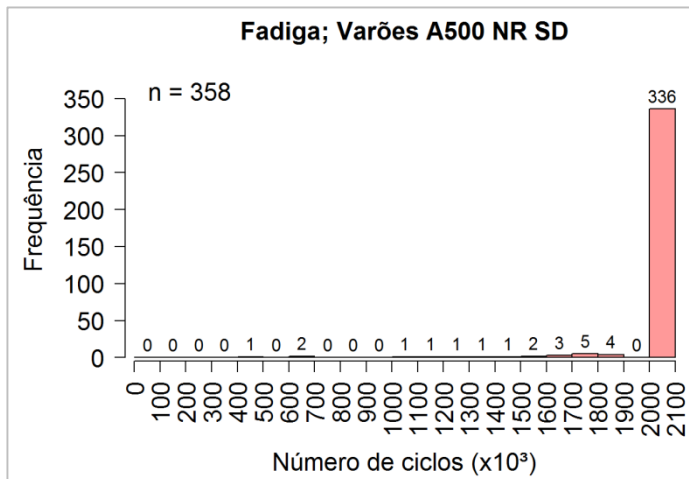


Fig. 3 – Número de ciclos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões A500 NR SD

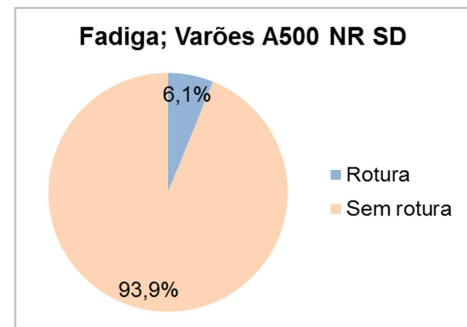


Fig. 4 – Distribuição dos resultados dos ensaios em varões A500 NR SD

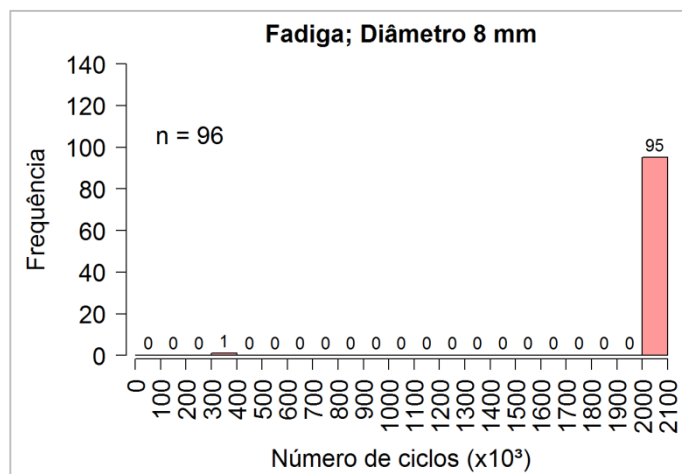


Fig. 5 – Número de ciclos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões com 8 mm de diâmetro

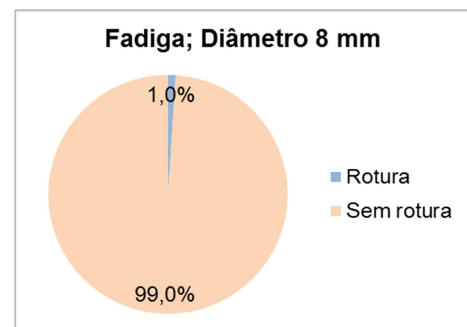


Fig. 6 – Resultados dos ensaios em varões com 8 mm de diâmetro



IIº Encontro Luso-Brasileiro de Degradação de Estruturas de Betão

Lisboa • LNEC • 27 a 29 de setembro de 2016



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

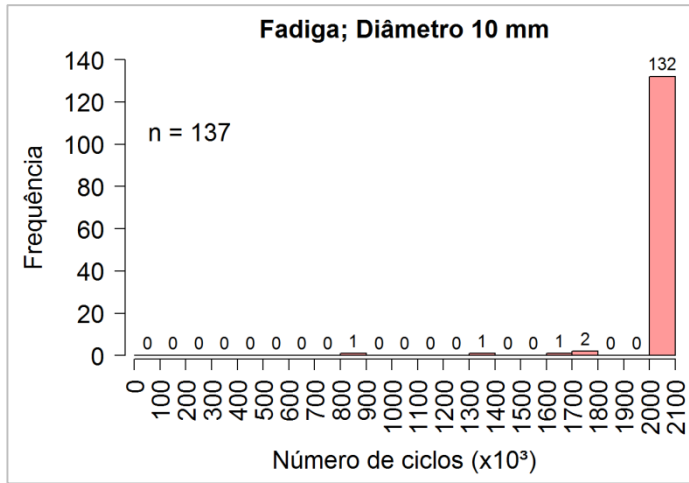


Fig. 7 – Número de ciclos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões com 10 mm de diâmetro

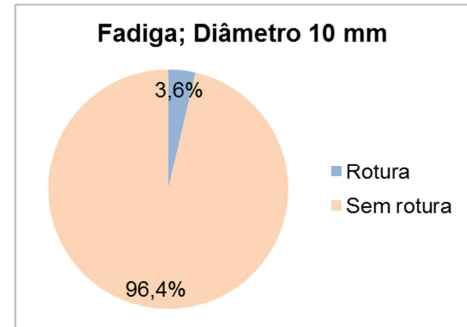


Fig. 8 – Resultados dos ensaios em varões com 10 mm de diâmetro

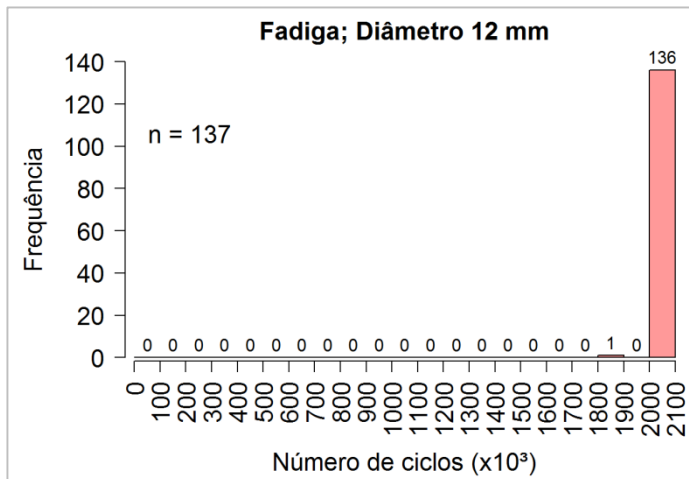


Fig. 9 – Número de ciclos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões com 12 mm de diâmetro

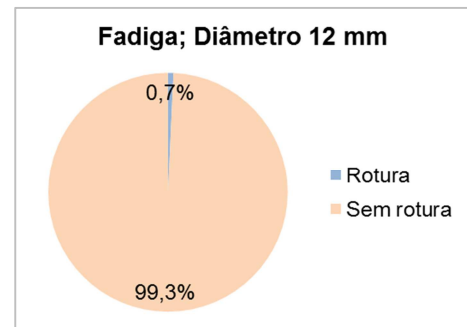


Fig. 10 – Resultados dos ensaios em varões com 12 mm de diâmetro

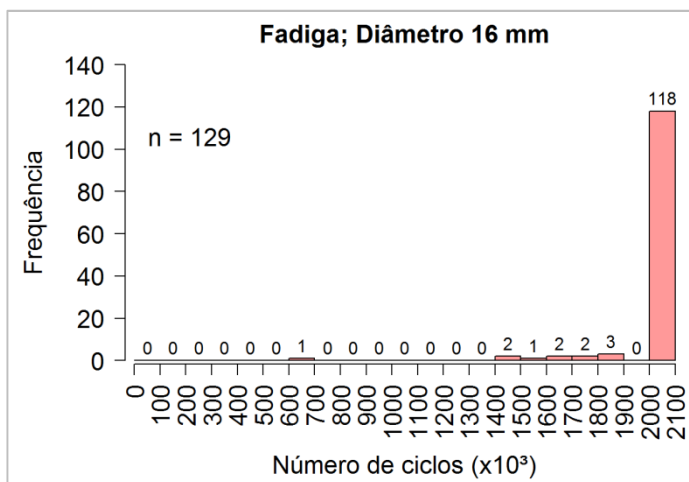


Fig. 11 – Número de ciclos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões com 16 mm de diâmetro

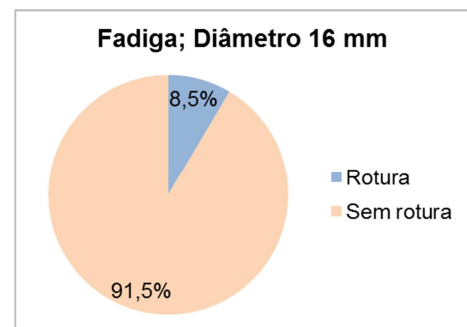


Fig. 12 – Resultados dos ensaios em varões com 16 mm de diâmetro



IIº Encontro Luso-Brasileiro de Degradação de Estruturas de Betão

Lisboa • LNEC • 27 a 29 de setembro de 2016



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

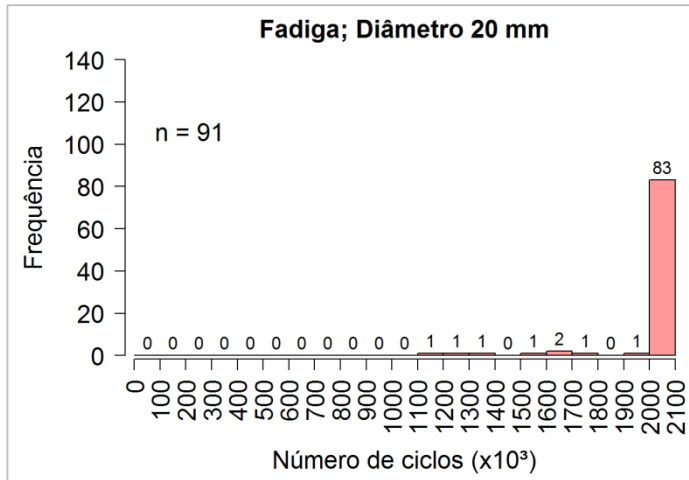


Fig. 13 – Número de ciclos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões com 20 mm de diâmetro

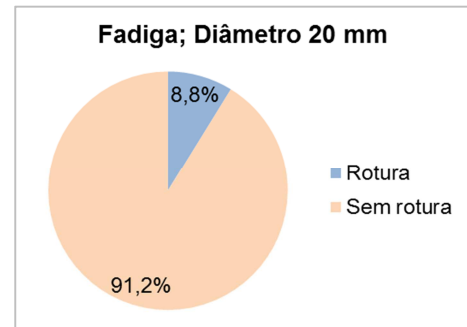


Fig. 14 – Resultados dos ensaios em varões com 20 mm de diâmetro

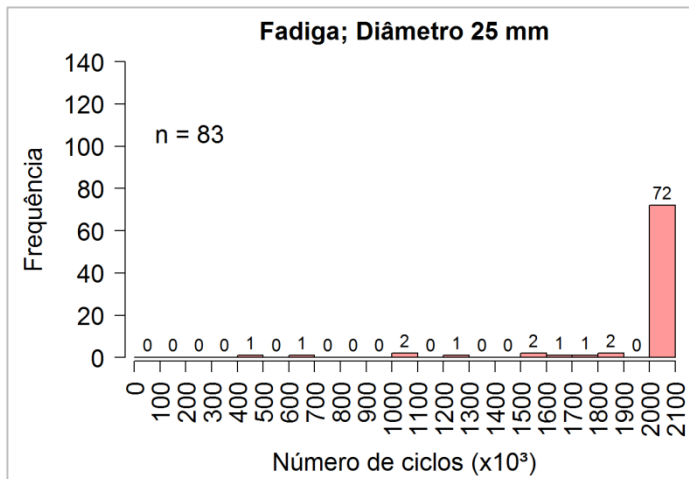


Fig. 15 – Número de ciclos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões com 25 mm de diâmetro

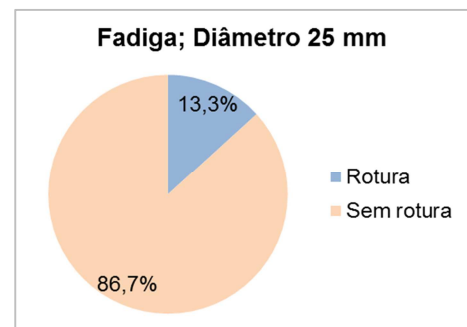


Fig. 16 – Resultados dos ensaios em varões com 25 mm de diâmetro

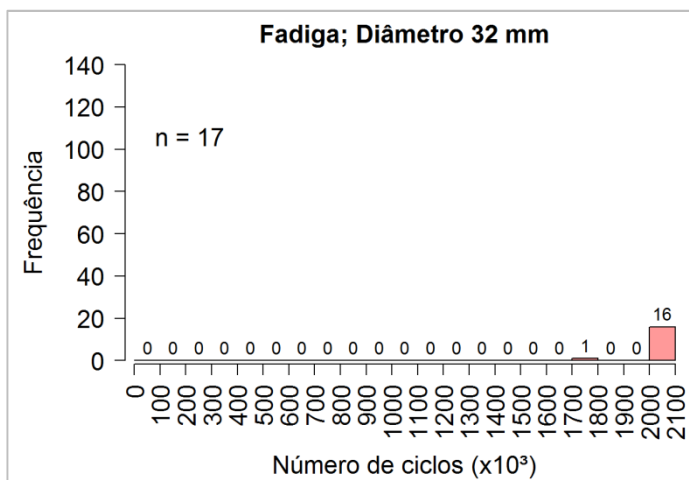


Fig. 17 – Número de ciclos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões com 32 mm de diâmetro

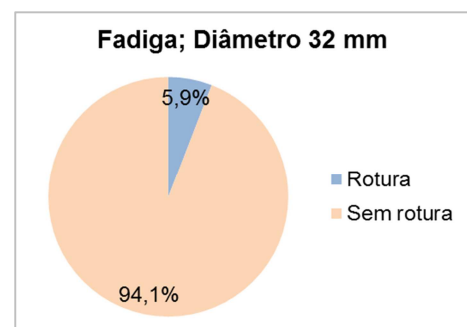


Fig. 18 – Resultados dos ensaios em varões com 32 mm de diâmetro



IIº Encontro Luso-Brasileiro de Degradação de Estruturas de Betão

Lisboa • LNEC • 27 a 29 de setembro de 2016



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

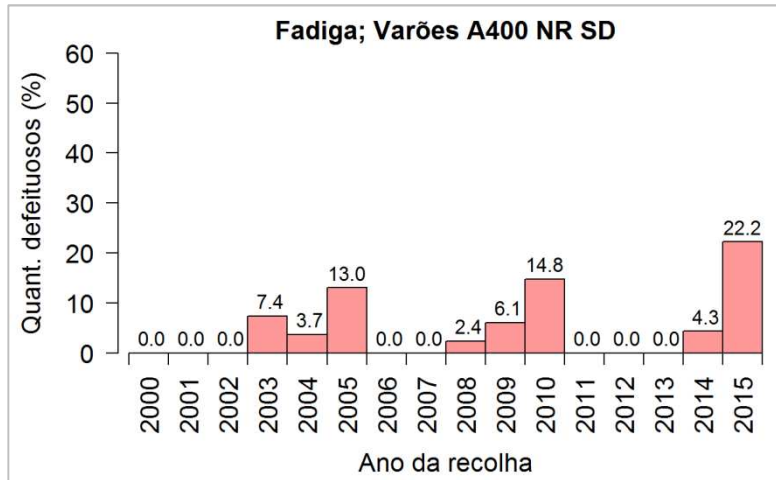


Fig. 19 – Quantidade de provetes defeituosos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões A400 NR SD, por ano de recolha

Tabela 1 – Número de ensaios de fadiga realizados em varões A400 NR SD

Ano	n	Ano	n
2000	2	2008	42
2001	6	2009	33
2002	5	2010	27
2003	27	2011	25
2004	27	2012	18
2005	23	2013	20
2006	18	2014	23
2007	27	2015	9

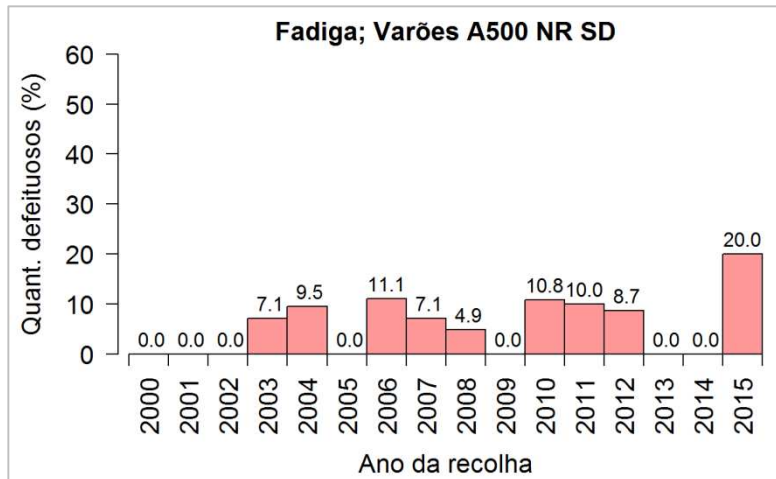


Fig. 20 – Quantidade de provetes defeituosos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões A500 NR SD, por ano de recolha

Tabela 2 – Número de ensaios de fadiga realizados em varões A500 NR SD

Ano	n	Ano	n
2000	0	2008	41
2001	0	2009	48
2002	0	2010	37
2003	14	2011	40
2004	21	2012	23
2005	23	2013	26
2006	18	2014	24
2007	28	2015	15

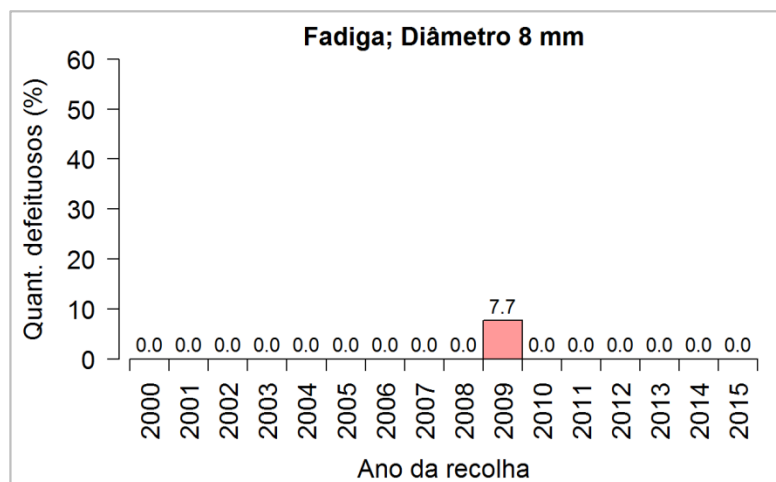


Fig. 21 – Quantidade de provetes defeituosos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões com 8 mm de diâmetro, por ano de recolha

Tabela 3 – Número de ensaios de fadiga em varões com 8 mm de diâmetro

Ano	n	Ano	n
2000	0	2008	11
2001	0	2009	13
2002	0	2010	11
2003	4	2011	7
2004	10	2012	6
2005	8	2013	7
2006	8	2014	4
2007	6	2015	1



IIº Encontro Luso-Brasileiro de Degradação de Estruturas de Betão

Lisboa • LNEC • 27 a 29 de setembro de 2016



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

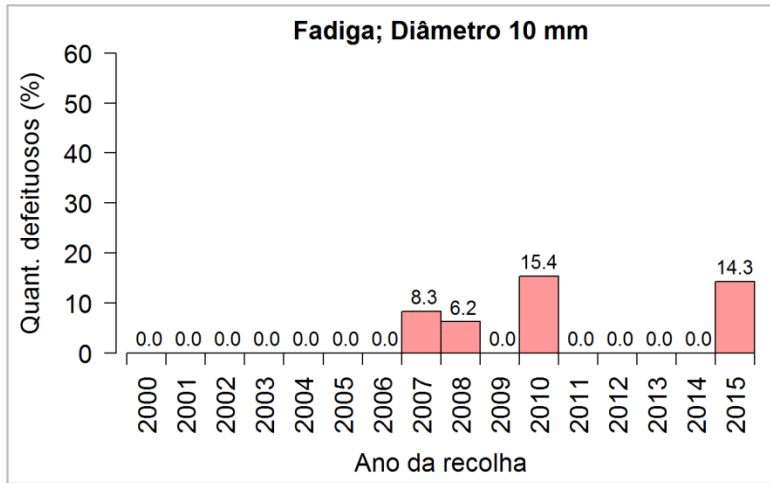


Fig. 22 – Quantidade de provetes defeituosos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões com 10 mm de diâmetro, por ano de recolha

Tabela 4 – Número de ensaios de fadiga em varões com 10 mm de diâmetro

Ano	n	Ano	n
2000	0	2008	16
2001	2	2009	15
2002	1	2010	13
2003	7	2011	13
2004	10	2012	7
2005	2	2013	11
2006	11	2014	10
2007	12	2015	7

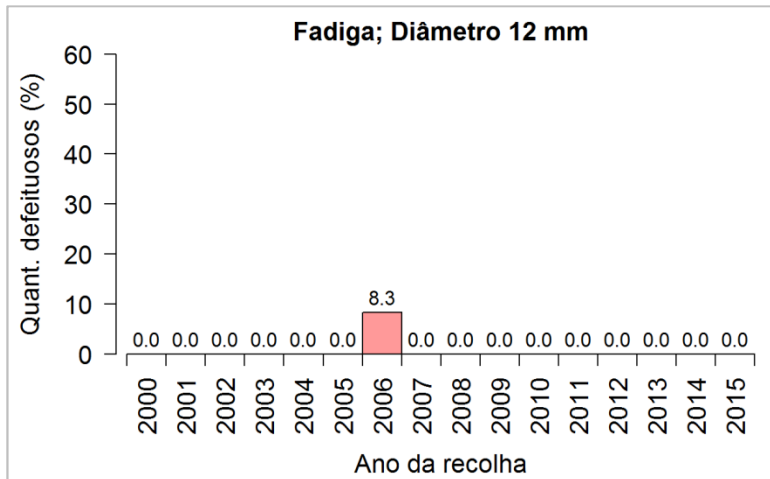


Fig. 23 – Quantidade de provetes defeituosos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões com 12 mm de diâmetro, por ano de recolha

Tabela 5 – Número de ensaios de fadiga em varões com 12 mm de diâmetro

Ano	n	Ano	n
2000	0	2008	18
2001	2	2009	12
2002	2	2010	11
2003	7	2011	12
2004	5	2012	10
2005	12	2013	9
2006	12	2014	13
2007	6	2015	6

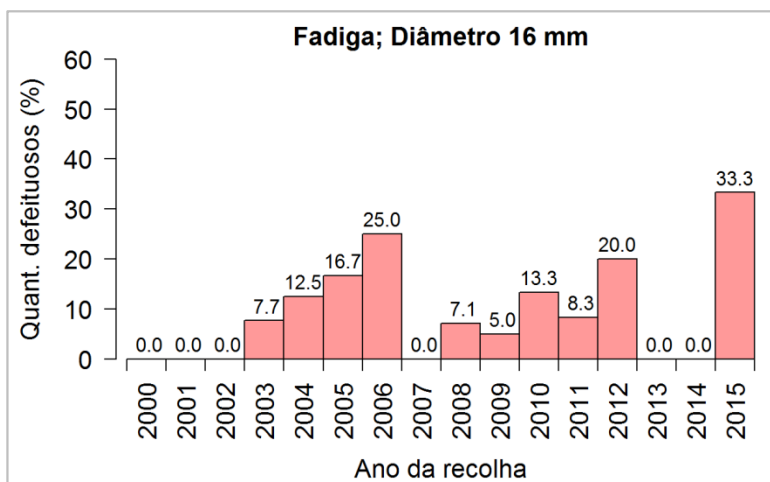


Fig. 24 – Quantidade de provetes defeituosos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões com 16 mm de diâmetro, por ano de recolha

Tabela 6 – Número de ensaios de fadiga em varões com 16 mm de diâmetro

Ano	n	Ano	n
2000	1	2008	14
2001	0	2009	20
2002	1	2010	15
2003	13	2011	12
2004	8	2012	5
2005	6	2013	10
2006	4	2014	6
2007	11	2015	3



IIº Encontro Luso-Brasileiro de Degradação de Estruturas de Betão

Lisboa • LNEC • 27 a 29 de setembro de 2016



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

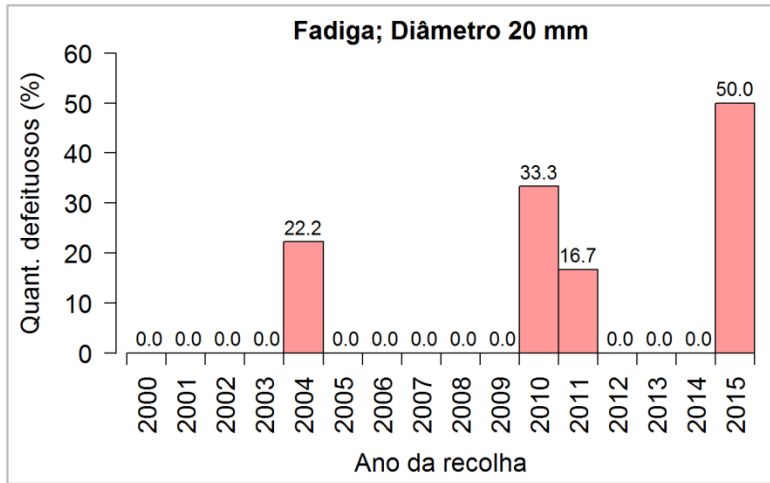


Fig. 25 – Quantidade de provetes defeituosos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões com 20 mm de diâmetro, por ano de recolha

Tabela 7 – Número de ensaios de fadiga em varões com 20 mm de diâmetro

Ano	n	Ano	n
2000	1	2008	6
2001	2	2009	8
2002	1	2010	6
2003	5	2011	12
2004	9	2012	8
2005	9	2013	5
2006	0	2014	6
2007	9	2015	4

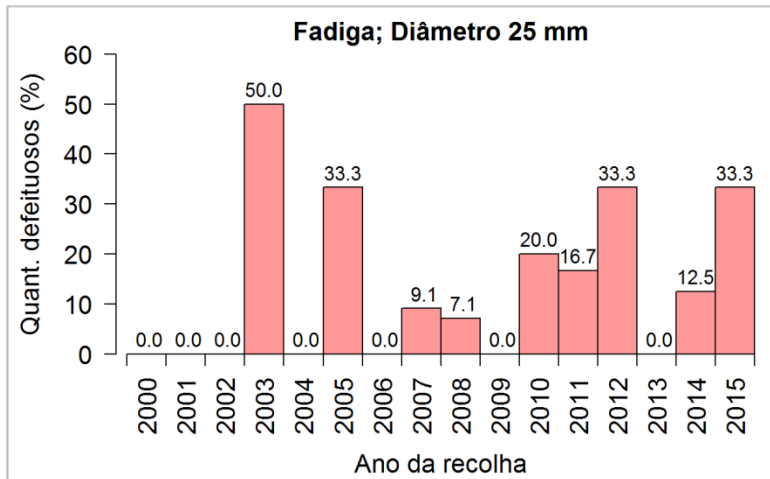


Fig. 26 – Quantidade de provetes defeituosos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões com 25 mm de diâmetro, por ano de recolha

Tabela 8 – Número de ensaios de fadiga em varões com 25 mm de diâmetro

Ano	n	Ano	n
2000	0	2008	14
2001	0	2009	12
2002	0	2010	5
2003	4	2011	6
2004	6	2012	3
2005	6	2013	4
2006	1	2014	8
2007	11	2015	3

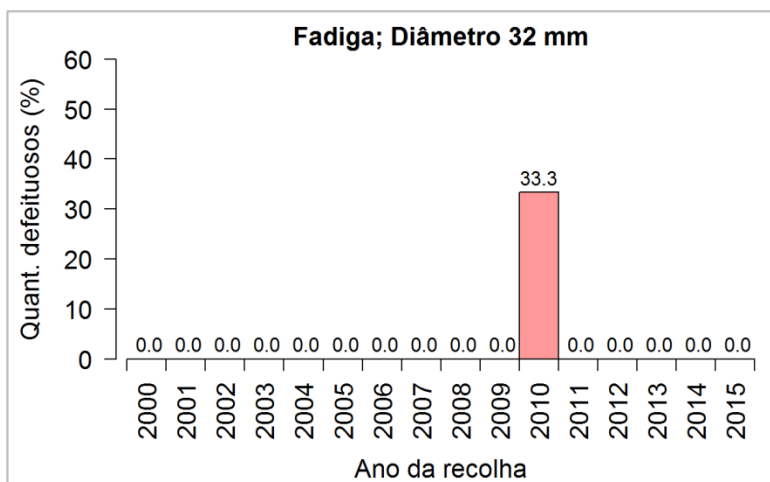


Fig. 27 – Quantidade de provetes defeituosos obtidos em ensaios de fadiga sobre varões com 32 mm de diâmetro, por ano de recolha

Tabela 9 – Número de ensaios de fadiga em varões com 32 mm de diâmetro

Ano	n	Ano	n
2000	0	2008	4
2001	0	2009	1
2002	0	2010	3
2003	1	2011	3
2004	0	2012	2
2005	3	2013	0
2006	0	2014	0
2007	0	2015	0



IIº Encontro Luso-Brasileiro de Degradação de Estruturas de Betão

Lisboa • LNEC • 27 a 29 de setembro de 2016



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Tabela 10 – Percentagens de resultados insatisfatórios obtidos em ensaios de fadiga de varões de aço da classe A400 NR SD, por fabricante e por diâmetro

Fabricante	Diâmetro (mm)							Todos
	8	10	12	16	20	25	32	
F001	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	50,0%	---	5,3%
F002	---	0,0%	0,0%	20,0%	0,0%	33,3%	---	9,1%
F004	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	---	0,0%
F005	20,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,2%
F006	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	0,0%	---	3,8%
F007	0,0%	33,3%	0,0%	14,3%	0,0%	0,0%	---	7,1%
F009	0,0%	---	0,0%	---	---	0,0%	---	0,0%
F010	---	0,0%	---	0,0%	---	---	---	0,0%
F011	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
F012	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	---	0,0%
F013	---	11,1%	0,0%	0,0%	16,7%	57,1%	0,0%	15,0%
F014	0,0%	28,6%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	7,5%
Todos os F	2,5%	5,7%	0,0%	5,9%	2,4%	18,8%	0,0%	4,8%

Tabela 11 – Percentagens de resultados insatisfatórios obtidos em ensaios de fadiga de varões de aço da classe A500 NR SD, por fabricante e por diâmetro

Fabricante	Diâmetro (mm)							Todos
	8	10	12	16	20	25	32	
F001	0,0%	33,3%	0,0%	0,0%	0,0%	---	---	5,3%
F002	---	0,0%	25,0%	0,0%	0,0%	0,0%	---	5,6%
F003	---	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
F004	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	---	0,0%
F005	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	16,7%	28,6%	0,0%	7,3%
F006	0,0%	0,0%	---	0,0%	0,0%	0,0%	---	0,0%
F007	0,0%	0,0%	0,0%	33,3%	25,0%	0,0%	---	15,0%
F008	0,0%	0,0%	---	33,3%	0,0%	---	50,0%	20,0%
F009	0,0%	---	0,0%	---	---	0,0%	---	0,0%
F010	---	0,0%	---	33,3%	---	---	0,0%	16,7%
F011	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
F012	0,0%	0,0%	0,0%	22,2%	16,7%	20,0%	---	9,8%
F013	---	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	33,3%	0,0%	5,4%
F014	0,0%	0,0%	0,0%	14,3%	28,6%	0,0%	0,0%	7,5%
F015	0,0%	---	0,0%	---	100,0%	0,0%	---	13,3%
Todos os F	0,0%	1,5%	1,6%	11,5%	14,3%	9,8%	10,0%	6,1%



IIº Encontro Luso-Brasileiro de Degradação de Estruturas de Betão

Lisboa • LNEC • 27 a 29 de setembro de 2016



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

As Tabelas 1 a 9 indicam o número de ensaios de fadiga realizados em cada um dos últimos dezasseis anos, em varões de aço das duas classes de resistência com sete diâmetros diferentes. As Tabelas 10 a 11 indicam as percentagens de resultados insatisfatórios obtidos em ensaios de fadiga de varões de aço de cada uma das classes de resistência com os mesmos sete diâmetros, produzidos por cada um de quinze fabricantes diferentes.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

3.1. Influência da classe de resistência do aço dos varões

A Figura 1 apresenta um histograma com o número total de ensaios de fadiga (332) realizados sobre varões de aço da classe A400 NR SD, e o número de provetes que resistiram a mais de dois milhões de ciclos (316). O número de ensaios com resultados insatisfatórios é também indicado para diferentes intervalos de duração do ensaio (existem 3 ensaios em que os provetes resistiram a um número de ciclos entre 1.600.000 e 1.700.000, por exemplo).

A Figura 2 apresenta as percentagens de ensaios de fadiga realizados sobre varões de aço A400 NR SD com resultados satisfatórios (sem rotura) e insatisfatórios (rotura).

As Figuras 3 e 4 são idênticas às Figuras 1 e 2, e referem-se aos resultados dos 358 ensaios de fadiga realizados sobre varões de aço da classe de resistência A500 NR SD.

A percentagem de resultados insatisfatórios é maior no caso dos varões de aço da classe de resistência A500 NR SD, excedendo, neste caso, 5% da totalidade dos ensaios realizados; dos 22 varões com resultados insatisfatórios, 14 resistiram a mais de 1,5 milhões de ciclos e 3 resistiram a menos de 0,7 milhões de ciclos. No caso dos varões de aço da classe de resistência A400 NR SD, dos 16 varões com resultados insatisfatórios, 10 resistiram a mais de 1,5 milhões de ciclos e 2 resistiram a menos de 0,9 milhões de ciclos.

3.2. Influência do diâmetro dos varões

As Figuras 5 a 18 são idênticas às Figuras 1 e 2, e referem-se aos resultados dos ensaios de fadiga realizados sobre varões com 8 mm, 10 mm, 12 mm, 16 mm, 20 mm, 25 mm, e 32 mm de diâmetro, constituídos por aço da classe de resistência A400 NR SD ou A500 NR SD.

É possível constatar que, de acordo com estes resultados, a resistência à fadiga dos varões depende fortemente do seu diâmetro. Com efeito, no caso dos menores diâmetros a percentagem de resultados insatisfatórios é baixa: 1,0%, 3,6% e 0,7%, respetivamente nos casos dos varões com 8 mm, 10 mm e 12 mm de diâmetro. No caso dos maiores diâmetros a percentagem de resultados insatisfatórios é bastante mais elevada: 8,5%, 8,8% e 13,3%, respetivamente nos casos dos varões com 16 mm, 20 mm e 25 mm de diâmetro.



IIº Encontro Luso-Brasileiro de Degradação de Estruturas de Betão

Lisboa • LNEC • 27 a 29 de setembro de 2016



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

No caso dos varões com 32 mm de diâmetro obtiveram-se 5,9 % de resultados insatisfatórios; porém esta percentagem não é muito significativa pois foram realizados poucos ensaios de fadiga com este diâmetro (apenas 17 ensaios, na sua totalidade).

3.3. Variação da produção ao longo do tempo

A Figura 19 mostra, para cada um dos últimos dezasseis anos, a percentagem de resultados insatisfatórios obtidos em ensaios de fadiga de varões de aço da classe de resistência A400 NR SD. Esta percentagem foi calculada em relação ao número total de ensaios de fadiga deste tipo de varões realizados no ano em questão, cujo valor é indicado na Tabela 1. A Figura 20 e a Tabela 2 são idênticas à Figura 1 e à Tabela 1, respetivamente, e referem-se aos resultados dos 358 ensaios de fadiga realizados nos últimos dezasseis anos sobre varões de aço da classe de resistência A500 NR SD.

As Figuras 19 e 20 mostram que não existe uma tendência bem definida na evolução da percentagem de resultados insatisfatórios, referentes a qualquer uma das classes de resistência, ao longo destes dezasseis anos. Constata-se que o ano de 2015 foi aquele em que se obteve uma maior percentagem de resultados insatisfatórios, para ambas as classes de resistência; entretanto, faz-se notar que o número de ensaios de fadiga realizados neste ano foi bastante inferior ao dos realizados nos anos anteriores (Tabelas 1 e 2).

As Figuras 21 a 27 e as Tabelas 3 a 9 são idênticas à Figura 1 e à Tabela 1, respetivamente, e referem-se aos resultados dos ensaios de fadiga realizados nos últimos dezasseis anos sobre varões com 8 mm, 10 mm, 12 mm, 16 mm, 20 mm, 25 mm, e 32 mm de diâmetro, constituídos por aço da classe de resistência A400 NR SD ou da classe A500 NR SD.

As Figuras 21 a 27 complementam e confirmam os resultados anteriormente observados nas Figuras 5 a 20. Os varões de menor diâmetros (8 mm, 10 mm e 12 mm) são os que apresentam uma percentagem mais baixa de resultados insatisfatórios na maioria destes anos; os maiores diâmetros são os que apresentam, em geral, percentagens mais elevadas de resultados insatisfatórios nos mesmos anos. A distribuição de resultados insatisfatórios ao longo destes anos varia muito de um diâmetro para outro, não se observando, mais uma vez, qualquer tendência definida para qualquer um dos diâmetros.

Observa-se, entretanto, que as percentagens muito elevadas (33% a 50%) de resultados insatisfatórios registadas nalguns casos se encontram frequentemente associadas a um número total de ensaios bastante reduzido, pelo que se torna necessário aumentar o número de ensaios de fadiga a realizar sobre este tipo de varões para assegurar um melhor nível de confiança na apreciação da sua resistência à fadiga.



IIº Encontro Luso-Brasileiro de Degradação de Estruturas de Betão

Lisboa • LNEC • 27 a 29 de setembro de 2016



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

3.4. Variação da produção em função do fabricante

A Tabela 10 indica as percentagens de resultados insatisfatórios obtidos em ensaios de fadiga de varões de aço da classe de resistência A400 NR SD, com os diâmetros referidos nas Tabelas 1 a 9, produzidos por cada um de quinze fabricantes diferentes. A Tabela 11 é idêntica à Tabela 10, e refere-se aos resultados insatisfatórios obtidos em ensaios de fadiga de varões de aço da classe de resistência A500 NR SD produzidos pelos mesmos fabricantes.

É possível constatar que a percentagem de resultados insatisfatórios varia muito de um fabricante para outro, dentro de cada classe de resistência do aço e para cada diâmetro dos varões, facto este que se presume estar associado aos diferentes processos de fabrico utilizados. Uma vez mais, as maiores percentagens de resultados insatisfatórios ocorrem nos casos dos varões de maior diâmetro, sobretudo nos varões de aço A500 NR SD.

No entanto, estas percentagens variam muito entre os vários fabricantes; veja-se por exemplo o caso do fabricante F004, com 0,0% de resultados defeituosos para ambas as classes de resistência, e os casos dos fabricantes F007 e F013, respetivamente com 7,1% e 15,0% de resultados defeituosos no caso dos varões A400 NR SD, e com 15,0% e 5,4% de resultados defeituosos no caso dos varões A500 NR SD.

4. CONCLUSÃO

A presente comunicação apresenta um estudo dos resultados de ensaios de fadiga obtidos, no âmbito do acompanhamento do fabrico de varões de aço de ductilidade especial, ao longo de dezasseis anos. Com base neste estudo, conclui-se que o número de ensaios com resultados insatisfatórios é superior no caso dos varões de aço da classe A500 NR SD.

Constatou-se igualmente que os varões de maior diâmetro apresentam, em geral, uma resistência à fadiga inferior à dos varões de menor diâmetro. Os varões de aço duma classe de resistência com um mesmo diâmetro podem também apresentar diferentes resistências à fadiga, dependendo da sua proveniência; presume-se que as diferenças observadas estarão associadas aos diferentes processos de fabrico utilizados pelos seus fabricantes.

Nalguns casos obtiveram-se percentagens de resultados insatisfatórios muito elevadas, superiores a 50%. Porém, estas percentagens encontram-se geralmente associadas a pequenos conjuntos de ensaios, pelo que mais uma vez se salienta a necessidade de aumentar o número de ensaios de fadiga a realizar sobre este tipo de varões, para assegurar um melhor nível de confiança na apreciação da sua resistência à fadiga.