COBRIMENTO DE ARMADURAS EM LAJES MACIÇAS: AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS NORMATIVOS PARA A DISPOSIÇÃO DE ESPAÇADORES - ESTUDO DE CASO

T. R. PINHEIRO
Estudante de Engenharia Civil
Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Montenegro/RS; Brasil
taisrosap@gmail.com

J. O. PATZLAFF
Professor
Universidade do Vale do Rio dos Sinos
São Sebastião do Caí/RS; Brasil
jefersonop@unisinos.br

RESUMO

As Normas Brasileiras Regulamentadoras relacionadas a projeto de estruturas de concreto armado vigentes especificam diretrizes para a durabilidade das estruturas de concreto armado e determinam requisitos de desempenho para que estas estruturas alcancem a Vida Útil de Projeto (VUP). Dessa forma, a execução destas deve atender às especificações prescritas em projeto, como o cobrimento mínimo das armaduras dos elementos estruturais. No entanto, não há normatização brasileira que defina critérios para disposição dos espaçadores. Frente a esse contexto o presente estudo avaliou parâmetros de disposição e fixação de espaçadores em lajes maciças e prescreveu recomendações técnicas para atender à normatização e boas práticas, a partir da simulação de diferentes situações em escala real, em obra residencial de múltiplos pavimentos. Os resultados demonstraram que as malhas constituídas por armaduras positivas de diâmetros de 8 mm x 6,3 mm, 8 mm x 8 mm, 10 mm x 6,3 mm e 10 mm x 10 mm, cujos espaçadores estavam afastados entre si 40, 50, 60, 75, 80, 100 cm respectivamente, apresentaram peso suficiente para que os espaçadores permanecessem no local. Por fim, constatou-se que a disposição aleatória de espaçadores também resultou em cobrimento insuficiente da armadura. Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que a recomendação proposta pela normatização BS 7973-2: 2001 e pela instrução EHE:2008 conduz a espessuras de cobrimentos em conformidade com a normatização brasileira ABNT NBR 6118:2014.
Palavras-chave: Espaçadores. Cobrimento das armaduras. Durabilidade. Estruturas de concreto armado.

ABSTRACT

The current Brazilian Regulatory Standards, related to the project of reinforced concrete structures, stablish the guidelines for the reinforced concrete structures durability and set some performance requirements for these structures, so that they can achieve the Project Life Span (PLS). So, the implementation of these structures must comply the stablished specifications in the project, like the minimum covering on the structural elements reinforcements. However, there aren't any Brazilian standards that set criteria for the spacers arrangement. Against that scenario, this article evaluated some parameters about the arrangement and fixation of spacers on massive slabs and defined some technical recommendations to comply the standards and good practices, beginning with the simulation of different situations in full-scale, in a multi-floor residential construction. The results of this study demonstrated that meshes constituted by positive reinforcements with 8 mm x 6,3 mm, 8 mm x 8 mm, 10 mm x 6,3 mm e 10 mm x 10 mm of diameter, whose spacers were, respectively, placed 40, 50, 60, 75, 80 and 100 cm apart from each other, showed sufficient weight to keep the spacers in place. Lastly, we could conclude that the random arrangement of the spacers also resulted in an insufficient covering on the reinforcement. Based on the obtained results we concluded that the recommendation proposed by the standard BS 7973-2: 2001 and the instruction EHE:2008 leads to thickness coverings in accordance with the Brazilian Standard ABNT NBR 6118:2014.
Keywords: Spacers. Covering of reinforcements. Durability. Reinforced concrete structures.

1. INTRODUÇÃO

As Normas Brasileiras Regulamentadoras estabelecem os requisitos para obtenção de durabilidade nas estruturas de concreto armado. No Brasil, as normatizações que esclarecem a fundamental importância em relação à durabilidade, ao desempenho e à vida útil estão devidamente atualizadas. Em vista disso, com a atualização das normatizações, projetistas estão gradativamente compreendendo a importância de projetar uma estrutura com desempenho e vida útil, e estão, progressivamente, habituando-se às novas diretrizes, na busca de conquistar o desempenho desejado.

Um item relevante para a estrutura alcançar a vida útil, é proteger as armaduras das estruturas de concreto armado contra ambientes agressivos, no que está fundamentalmente relacionada com a espessura de cobrimento das armaduras. A maior parte das manifestações patológicas encontradas em estruturas de concreto armado está vinculada à insuficiência do cobrimento de armadura. Desse modo, o projetista precisa seguir os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 6118:2014, para definir o cobrimento ideal de proteção às armaduras, conforme o ambiente de agressividade.

Para adquirir o cobrimento exigido, é necessário que os procedimentos executivos ocorram de acordo com as especificações do respectivo projeto. Contudo, não existe uma normatização que defina parâmetros para distribuição e fixação dos espaçadores.

Por conseguinte, o presente artigo tem como objetivo avaliar os procedimentos a serem adotados como forma de garantir o cobrimento especificado em projeto, ou seja, garantir que a cobertura de concreto sobre as armaduras esteja em conformidade com a necessidade técnica.

2. METODOLOGIA

De acordo com o item 7.4.1 da NBR 6118:2014, a durabilidade dos elementos de concreto armado depende diretamente das propriedades do concreto, da qualidade e da espessura do cobrimento da barra de aço. (ABNT, 2014). A armadura posicionada no interior do concreto recebe duas proteções, sendo uma caracterizada por uma defesa física, desassociando a armadura do ambiente de agressividade, e a outra por uma defesa química, que consiste no desenvolvimento de uma camada passiva ao entorno da armadura, pelo alto valor do pH que o concreto apresenta. (FIGUEIREDO; MEIRA, 2013). Quanto à proteção física, a armadura é o item mais frágil à agressividade do meio, e, por este motivo, é necessário que contenha espessura mínima de concreto para desempenhar o devido cobrimento. (MEDEIROS; ANDRADE; HELENE, 2011).

Para cumprir os critérios instituídos pela NBR 6118:2014, deve-se respeitar a camada mínima de cobrimento de armadura por toda a extensão dos componentes estruturais que serão projetados. (ABNT, 2014). Da mesma forma, com a finalidade de assegurar que uma estrutura de concreto armado atinja o cobrimento mínimo (cmín), é necessário que seja adicionado a este valor, a tolerância de execução para o cobrimento (Δc), de modo que resulte no cobrimento nominal (cnom), cobrimento este que o projeto e a execução devem seguir, conforme estabelecido pelo item 7.4.7.2 da NBR 6118:2014. (ABNT, 2014).

Este acréscimo é uma medida cautelosa, uma vez que qualquer erro na concepção do projeto, na colocação de armaduras e demais falhas executivas é capaz de conduzir a um valor de cobrimento menor que o permitido pela normatização. (FUSCO, 2008). Conforme demonstrado na Tabela 1, a partir da classe de agressividade, a ABNT NBR 6118:2014 define a espessura de cobrimento nominal de armadura que deve ser seguido em relação ao ambiente. De acordo com o item 7.4.7.5 da NBR 6118:2014, além de seguir a Tabela 1, a armadura também deverá apresentar cobrimento nominal por meio da determinação da equação 1, na qual o ponto de referência consiste a partir do lado externo do estribo. (ABNT, 2014). Esta equação determina que a espessura do cobrimento de armadura deve ser superior ao diâmetro da barra de aço e maior que a dimensão do agregado utilizado no concreto.

$$\begin{aligned} &c_{nom} \geq \varphi \text{ barra} \\ &c_{nom} \geq \varphi \text{ feixe} = \varphi_n = \varphi \text{ n4} \\ &c_{nom} \geq 0{,}5\ \varphi \text{ bainha} \end{aligned} \qquad \text{(Eq. 1)}$$

Tabela 1- Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para Δc = 10 mm

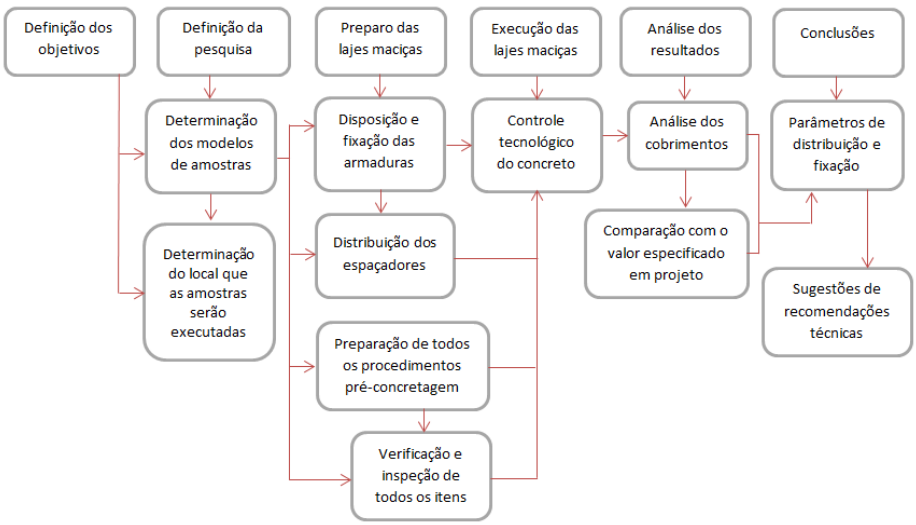
Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV[c]
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje [b]	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo [d]	30		40	50
Concreto Protendido [a]	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

[a] Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.
[b] Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.
[c] Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.
[d] No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 6118 (2014, p 17).

De acordo com Barreto (2014), na hipótese de falha de execução, a tolerância de execução em valores abaixo ou acima do cobrimento nominal assegura a durabilidade do concreto sob a condição de não exceder o cobrimento mínimo e garante a segurança estrutural, contanto que não ultrapasse o limite de cobrimento de cálculo, pois o acréscimo do cobrimento nominal poderá reduzir a segurança estrutural. Nesse contexto, esta pesquisa foi conduzida através de execução de lajes maciças de um edifício habitacional, conforme demonstrado nas fases do fluxograma da Figura 1. Trata-se de edificação de alvenaria estrutural de múltiplos pavimentos, na qual são utilizados espaçadores do tipo multiapoio para assegurar cobrimento às malhas de aço CA-50. Os resultados adquiridos estão limitados aos materiais empregados citados acima e às especificações do projeto estrutural.

Figura 1 - Etapas do estudo de caso

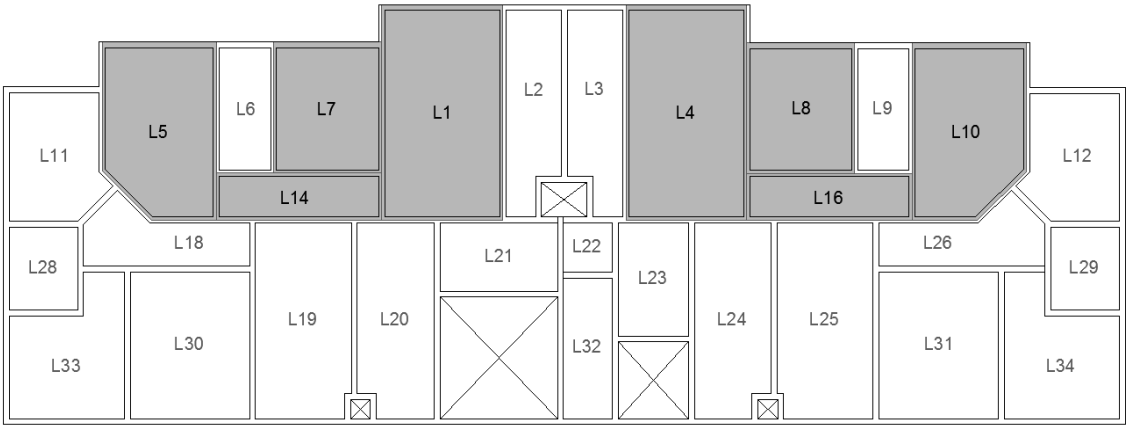


Fonte: Elaborado pelos autores.

O projeto estrutural do empreendimento pesquisado exige espessura de cobrimento das armaduras de 25 mm para laje maciça, devido à classe de agressividade ambiental moderada que a ABNT NBR 6118:2014 estabelece ao projeto, devido ao ambiente urbano que a edificação localiza-se. Quando o concreto for revestido com argamassa e pintura em ambientes internos secos de apartamentos residenciais, a ABNT NBR 6118:2014 permite adotar uma classe de agressividade mais branda,. Entretanto, as lajes maciças que abrangem este estudo, receberam somente pintura como acabamento.

De acordo com o andamento da obra, acompanhou-se a execução de 6 apartamentos, mediante as lajes do 6°, 7°, 8° e 9° pavimentos. Em cada apartamento, foram verificadas 4 unidades, compreendendo assim, o dormitório 1, dormitório 2, circulação e sala de estar e jantar. Estão delimitadas na Figura 2 as regiões estudadas das lajes maciças e as especificações na Tabela 2.

Figura 2 - Lajes escolhidas para análise em cada pavimento



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2 - Relação dos diâmetros das armaduras positivas

Armaduras positivas		
Lajes	Diâmetro direção x (mm)	Diâmetro direção y (mm)
L1 / L4	6,3	10
L5 / L10	8	8
L7 / L8	6,3	8
L14 / L16	8	10

Fonte: Elaborado pelos autores.

A execução de todas as lajes abordadas neste artigo, em exceção as lajes correspondentes ao item 2.4, decorreram de acordo com o item 8.1.5.5 da ABNT NBR 14931:2004, que aponta ser necessário que as barras de aço sejam presas na montagem do seu posicionamento, através do uso de fios de metais flexíveis, em que o distanciamento limite entre estes pontos fixos nas lajes deve dispor até 35 cm. (ABNT, 2004). Para isto, foi utilizado arame recozido n°16 para a amarração manual destas barras. O formato do espaçador utilizado é do tipo multiapoio, modelo de espaçador utilizado por esta construtora.

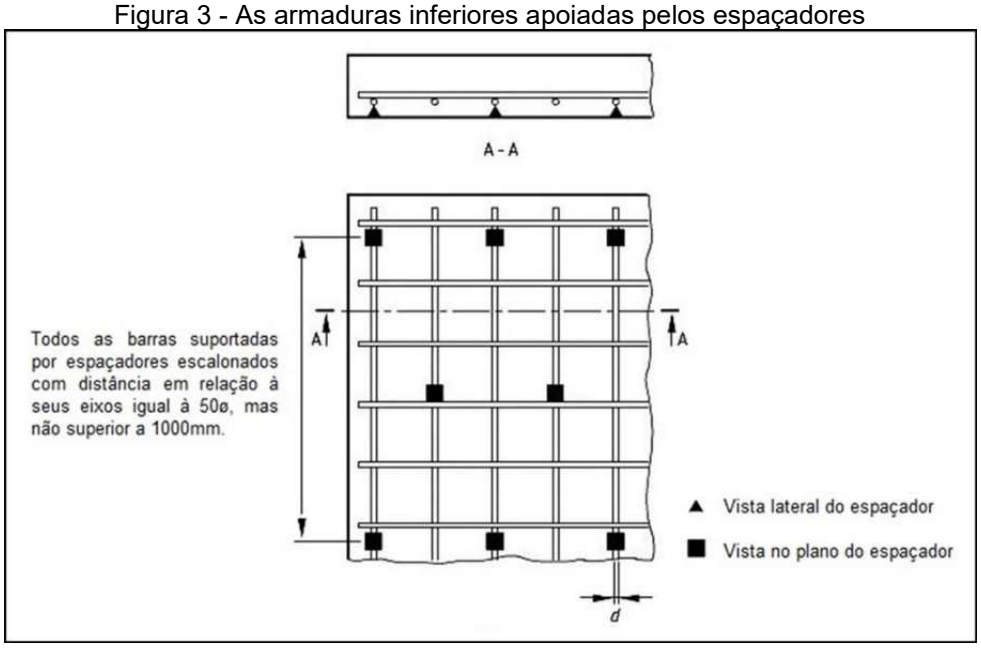
2.1 Espaçadores dispostos em função de parâmetros de distribuição

A função dos espaçadores é assegurar que o aço permaneça posicionado corretamente no interior da fôrma, de modo que o cobrimento necessário seja obtido após a concretagem da estrutura. (ALZYOUD; WONG; BUENFELD, 2016). De acordo com Helene (2013), o dimensionamento da quantidade de espaçadores a cada metro quadrado deve ser realizado em virtude dos esforços e do diâmetro da barra.

De acordo com a BS 7973-2:2001, as barras de aço mais próximas da face inferior da laje maciça devem ser apoiadas por espaçadores a uma distância equivalente de 50 vezes o diâmetro nominal da barra, desde que não exceda 1000 milímetros (mm). (BSI, 2001). Dessa forma, está exemplificado na Figura 3 o critério

exposto pela BS 7973-2:2001. A EHE:2008 determina que os espaçadores devem ser organizados em conformidade com as disposições da Tabela 2.

Figura 3 - As armaduras inferiores apoiadas pelos espaçadores



Fonte: Adaptado de BSI (2001).

Tabela 3 - Disposição de espaçadores

Elementos		Distância máxima
Elementos de superfície horizontais (lajes, fundações, entre outros)	Armadura inferior	50 Ø ≤100 cm
	Armadura superior	50 Ø ≤50 cm
Paredes	Cada malha	50 Ø ≤50 cm
	Isolação de malhas	100 cm
Vigas [1)]		100 cm
Pilares [1)]		100Ø ≤200 cm
[1)] É necessário que seja empregado em vigas, pelo menos, três planos de espaçadores por cada vão, e para as sessões transversais dos pilares, vincular os espaçadores nos estribos ou nas barras. Ø diâmetro da barra de aço que no qual o espaçador será engatado.		

Fonte: Adaptado da EHE (2008).

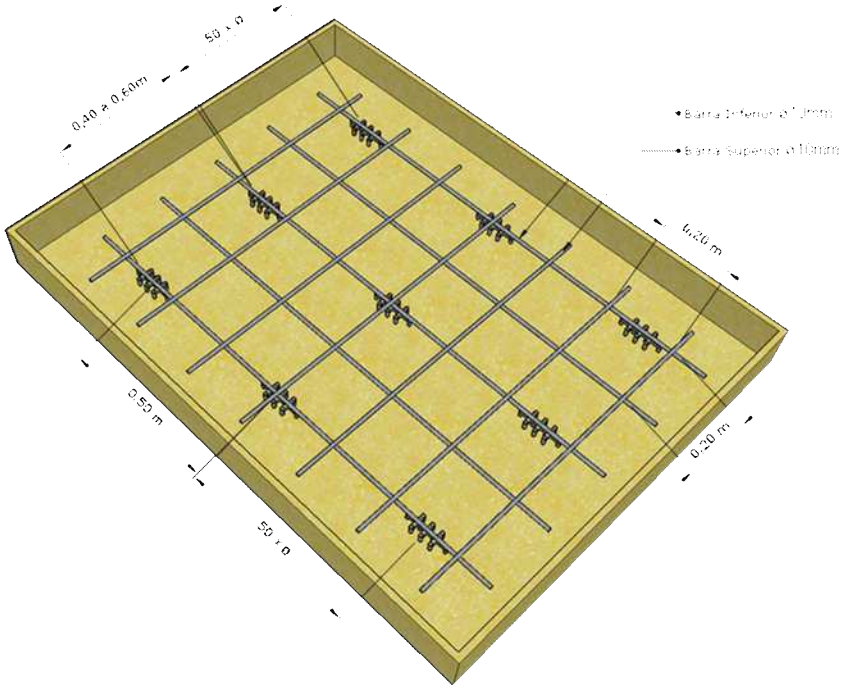
Analisou-se que a normativa EHE:2008 - *Instrucción Española del Hormigón Estructural* dispõe o mesmo parâmetro de distribuição que a BS 7973-2:2001 - *Spacers and chairs for steel reinforcement and their specification.* Por esta razão, o primeiro parâmetro é conforme as especificações destas Normas internacionais, com as armaduras mais próximas da fôrma, apoiadas por espaçadores a uma distância de 50 vezes o diâmetro nominal da barra.

À proporção que todas as lajes analisadas apresentam afastamento entre as malhas de 20 cm, estabelece-se uma variação tolerável de +/- 10 cm em relação ao prescrito para um dos sentidos das barras, conforme demonstrado no sentido horizontal das armaduras na Figura 4. As barras no sentido perpendicular recebem a disposição conforme as normatizações.

Os demais parâmetros foram realizados mediante a especificação das normatizações citadas anteriormente, mas com acréscimos no espaçamento de 50 e 100 vezes, respectivamente, em relação ao diâmetro da barra, analisando assim, qual o espaçamento máximo entre os eixos dos espaçadores para atender o cobrimento solicitado. Devido a isto, o segundo parâmetro de disposição dos espaçadores decorreu ao acréscimo de 50%, resultando uma distância de 75 vezes o diâmetro nominal da barra. A normativa BS 7973-2 (BSI, 2001) - *Spacers and chairs for steel reinforcement and their specification e a* EHE:2008 -

Instrucción Española del Hormigón Estructural descrevem que, independente do diâmetro da barra, os espaçadores devem ser instalados a um limite de 100 cm. Baseado nas especificações propostas por ambas às normatizações, foi delimitado somente o acréscimo de 100% sobre a prescrição normativa, para respeitar as especificações. No entanto, devido ao afastamento entre as malhas, está consentida uma variação de +/-10 cm para uma das disposições da armadura, podendo assim, ultrapassar 10 cm do limite proposto. Em vista disso, o terceiro parâmetro de disposição dos espaçadores decorreu a uma distância de 100 vezes o diâmetro nominal da barra.

Figura 4 - Disposição dos espaçadores



Fonte: Elaborado pelos autores.

2.2 Espaçadores fixados em função da disposição estabelecida pela BS 7973-2:2001 e a EHE:2008

O item 8.1.6.1 da NBR 14931:2004 descreve que, durante o período da execução da concretagem, a estrutura deve apresentar passagens preparadas para a circulação dos funcionários, de forma a não causar a locomoção das barras de aço. (ABNT, 2004). Logo, a não locomoção das barras de aço, faz com que os espaçadores também não sejam deslocados.

Segundo Alzyoud, Wong e Buenfeld (2016), de todos os tipos disponíveis, os espaçadores de plástico são os mais usuais, porque eles são rentáveis e não precisam ser amarrados ao vergalhão com fio metálico, que é uma atividade acentuada, mas o peso das barras de aço deve ser suficiente para manter espaçadores no lugar durante a concretagem. No entanto, a BS 7973-1:2001 especifica que para obter estabilidade, os espaçadores devem ser fixados a armadura com fios de metais. (BSI, 2001).

Para averiguar a necessidade ou não da fixação dos espaçadores como disposto, os espaçadores neste parâmetro foram instalados de acordo com as especificações das normatizações BS 7973-2:2001 e a EHE:2008, conforme disposto no primeiro parâmetro de distribuição deste trabalho. No entanto, para examinar a ocorrência de deslocamento dos espaçadores antes e durante a concretagem, e a influência deste item nas espessuras de cobrimento, todos os espaçadores foram fixados na malha através de arame recozido n°16. Entre as Figuras 5, 6, 7 e 8 podem ser visualizados alguns dos registros desse processo executivo.

Figura 5 e 6 – Disposição dos espaçadores no Dormitório 01 e 02



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 7 e 8 – Disposição dos espaçadores na Circulação e na Sala de estar



Fonte: Elaborado pelos autores.

2.3 Espaçadores dispostos aleatoriamente - Atendimento ao item 8.1.5.5 da ABNT NBR 14931:2004

Para relacionar os resultados com os parâmetros de disposições citados ao decorrer dos itens anteriores, a laje maciça do 7° pavimento consistiu da disposição de espaçadores sem critério normativo, realizada pelos próprios funcionários da obra. Esta disposição dos espaçadores foi configurada conforme as demais lajes executadas da torre e habitualmente aplicado na obra, com o objetivo de verificar se a disposição dos espaçadores sem critério normativo, mas em cumprimento ao item 8.1.5.5 da ABNT NBR 14931:2004, com o uso de fios metais para fixar a malha em distâncias de até 35 cm, resultam no cobrimento mínimo.

2.4 Espaçadores dispostos aleatoriamente - Não atendimento ao item 8.1.5.5 da ABNT NBR 14931:2004

De acordo com o item 8.1.5.5 da NBR 14931:2004, é necessário que as barras de aço sejam presas na montagem do seu posicionamento, através do uso de fios de metais flexíveis, no qual o distanciamento limite entre estes pontos fixos nas lajes deve dispor até 35 cm. (ABNT, 2004). No canteiro de obras, normalmente estes pontos fixos são executados de arame recozido, amarrados ou soldados, os quais dispõem de uma atribuição temporária de manter as barras de aço na distribuição exata até solidificação do concreto. (ALLEN; IANO, 2013). De acordo com Maran (2015), o espaçamento entre as armaduras, a bitola e o espaçamento entre os pontos de amarração influenciam na rigidez total da malha, e, consequentemente, a rigidez desta malha influenciará nas deformações das barras, provenientes das cargas geradas pelos procedimentos de execução.

Devido ao trabalho intenso e prolongado em relação às distâncias máximas que a ABNT NBR 14931:2004 propõe em relação aos pontos de amarração das malhas, habitualmente os funcionários não seguem o prescrito por esta normatização. Como este procedimento é manual, geralmente estes pontos situam-se afastados, fazendo com que a malha não permaneça completamente presa, não se tornando um elemento único quando se refere à trabalhabilidade. Portanto, neste item, o espaçamento entre os espaçadores e a distância entre os pontos de fixação da malha foram realizados sem o uso de normatizações.

2.5 Medições

Para realizar as medições, utilizou-se o detector eletromagnético de partículas metálicas D-tect 150 Professional, da marca BOSCH, equipamento que detecta as barras de aço no concreto e descreve a espessura de cobrimento das armaduras. Conforme descrito no manual do equipamento, a precisão dos resultados das medições é de +/- 5 mm. Para uma maior exatidão dos resultados, foi estabelecido realizar três medições por metro quadrado de cada unidade do apartamento, resultando em 117 medições por apartamento e, respectivamente, a totalidade de 702 medições. A Figura 9 registra o instante que o detector eletromagnético detecta um objeto de metal.

Figura 9 - Detector eletromagnético D-tect 150 Professional



Fonte: Elaborado pelos autores.

3. RESULTADOS

A Tabela 4 retrata a média das espessuras de cobrimento posteriormente à aplicação do desvio padrão sobre os resultados das medições. De acordo com o item 7.4.7.1 da ABNT NBR 6118:2014, deve-se respeitar o cobrimento mínimo ao longo de toda a estrutura. (ABNT, 2014). Portanto, sinalizado em azul, destaca-se os resultados superiores ao cobrimento mínimo estabelecido de 1,5 cm.

Tabela 4 - Resultados das espessuras de cobrimento médios em cm

	802 Disp. 50Ø	803 Disp. 75Ø	902 Disp. 100Ø	903 Distanc. fixados – Disp. 50Ø	702 - Disp. aleatória - Malha amarração 35 cm	602 - Disp. aleatória - Malha amarração aleatória
	A	B	C	D	E	F
Circulação	1,76	1,43	1,29	1,78	1,12	0,71
Dormitório 01	1,95	1,91	1,91	2,17	1,25	0,71
Dormitório 02	1,74	1,68	1,59	2,25	1,09	0,86
Salas	2,06	1,96	1,31	1,88	0,92	0,94

Fonte: Elaborado pelos autores.

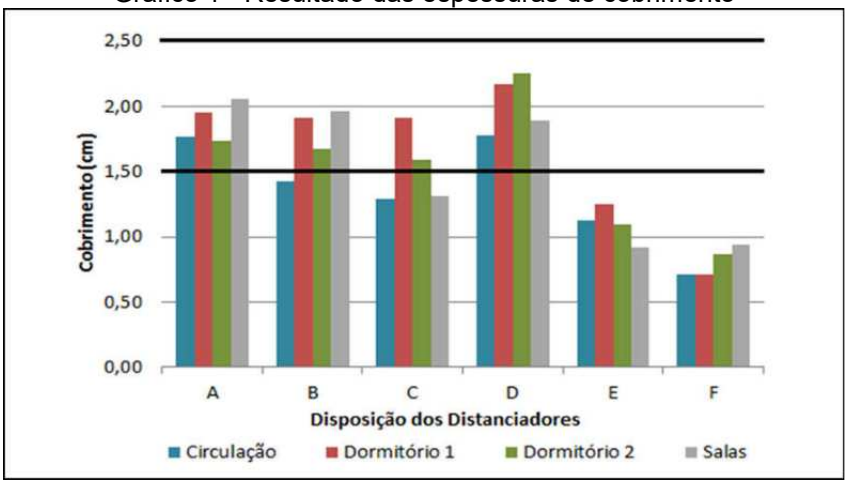
Em vista disso, nota-se que todas as espessuras de cobrimentos obtidas pelas disposições “A” e “D”, representadas pela disposição de 50 vezes a barra inferior, no entanto representado por “A, os espaçadores

presos apenas com o peso da armadura, e “D”, representado pelos espaçadores fixados na armadura, apresentaram espessura de cobrimento das armaduras superior ao cobrimento mínimo. Para uma melhor interpretação, o Gráfico 1 apresenta os resultados obtidos. Evidencia-se pelas linhas horizontais as espessuras de cobrimentos admitidos pela ABNT NBR 6118:2014.

Analisa-se também, que a disposição “B”, representada pela disposição dos espaçadores a uma distância de 75 vezes o diâmetro nominal da barra, obteve 75% das espessuras de cobrimento de acordo com a ABNT NBR 6118:2014, e a condição “C”, instituída pela disposição dos espaçadores a cada 100 vezes o diâmetro da armadura, 50% dos resultados alcançaram o estabelecido pela normatização.

As condições “E” e “F” referem-se à disposição aleatória dos espaçadores, que é realizado pelos próprios funcionários da obra, com a diferença que a condição “E” representa o cumprimento ao item 8.1.5.5 da ABNT NBR 14931:2004, com o uso de fios metais para fixar a malha em distâncias de até 35 cm, e a condição “F”, representando a não implementação deste mesmo item. Os resultados destas condições demonstram-se totalmente inferiores ao especificado pela ABNT NBR 6118:2014, verificando que a condição “F” é a pior situação.

Gráfico 1 - Resultado das espessuras de cobrimento



Fonte: Elaborado pelos autores.

Através deste estudo, também foi possível verificar a influência dos diâmetros das armaduras que compõem a malha. De acordo com Alzyoud, Wong e Buenfeld (2016), o peso das barras de aço deve ser suficiente para manter os espaçadores no local durante a concretagem.

Foi retirado da análise, com a finalidade de não descaracterizar o resultado final, os espaçadores que estão fixados, identificados como “D”. Conforme demonstrado na Tabela 5 e Gráfico 2, a primeira análise foi em relação à malha de aço da unidade de circulação, composta por armaduras positivas de diâmetro 10 mm nos dois sentidos. A segunda análise foi em relação ao dormitório 01, no qual a malha de aço que é composta por armaduras inferior e superior de diâmetros de 8 mm. A malha de aço do dormitório 02 é composta por armadura inferior de 8 mm em um dos dois sentidos, e no sentido perpendicular, armadura de diâmetro 6,3 mm, e, por fim, a malha na região da sala, composta por armadura positiva inferior de 10 mm e armadura positiva superior de 6,3 mm.

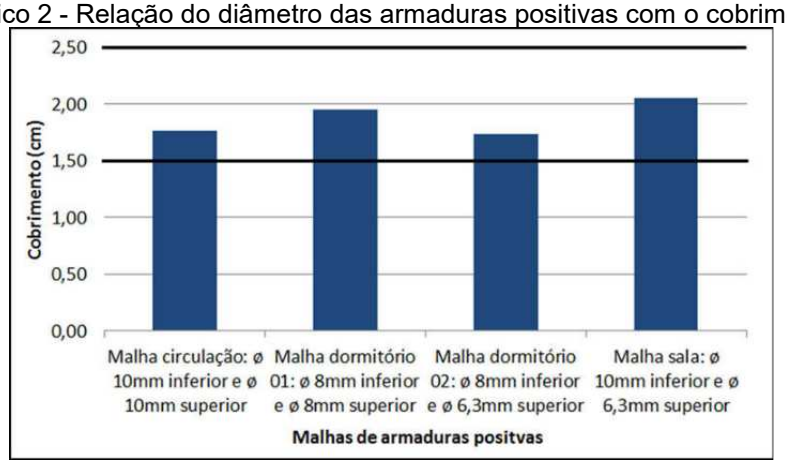
Nota-se que o resultado de ambas as malhas de aço composta por armaduras positivas de diâmetros 6,3 mm, 8 mm e 10 mm obtém espessuras de cobrimento de acordo com a ABNT NBR 6118:2014. Portanto, entende-se que a deformação que pode ocorrer nas armaduras não influenciou nos resultados finais. Nota-se também, que o peso destas respectivas armaduras é o suficiente para que o espaçador permaneça no local que foi instalado.

Tabela 3 - Análise dos diâmetros das armaduras que compõe a malha.

		Malha circulação: Ø 10 mm inferior e Ø 10 mm superior	Malha dormitório 01: Ø 8 mm inferior e Ø 8 mm superior	Malha dormitório 02: Ø 8 mm inferior e Ø 6,3 mm superior	Malha sala: Ø 10 mm inferior e Ø 6,3 mm superior
802 - Disp. espaçadores – 50Ø	A	1,76	1,95	1,74	2,06

Fonte: Elaborado pelos autores.

Gráfico 2 - Relação do diâmetro das armaduras positivas com o cobrimento



Fonte: Elaborado pelos autores.

A apresentação dos resultados desta pesquisa destina-se a contribuir com recomendações técnicas de posicionamento dos espaçadores, inclusive com a possibilidade de contribuir com normatização técnica a respeito deste assunto. Recomenda-se que esta normativa estabeleça que o projeto apresente afastamento entre os espaçadores e que atenda o que está em projeto em termo de especificação.

Inicialmente, recomenda-se que seja estudado e especificado um sistema de disposição de espaçadores mais restritivo que apresentado pelas normatizações EHE:2008 e BS 7973-2:2001. De acordo com o item 7.4.7.2 da NBR 6118:2014, é substancial que os espaçadores e o tamanho das barras de aço atendam aos cobrimentos nominais. (ABNT, 2014). Entretanto, os resultados obtidos a partir do parâmetro das normatizações citadas anteriormente, alcançou o cobrimento de 2,25 cm como a espessura mais próxima de 2,50 cm, cobrimento este especificado no projeto estrutural.

Recomenda-se, que seja adicionado a este critério de disposição de espaçadores, a restrição apresentada pela EHE:2008 e BS 7973-2:2001, em relação ao espaçamento limite de 100 cm entre espaçadores, dada a importância comprovada através desta pesquisa.

Sugere-se também esta normativa técnica especifique cuidados e procedimento, por ocasião da execução da estrutura de concreto armado, tal como, distribuir os espaçadores conforme a especificação em projeto, realizar esta distribuição posteriormente à execução de todos os procedimentos executivos prévios à concretagem e inspecionar as posições dos espaçadores antes do lançamento do concreto.

4. CONCLUSÕES

O objetivo principal desta pesquisa foi determinar parâmetros de distribuição e fixação de espaçadores de modo a assegurar a espessura de cobrimento das armaduras em lajes maciças, em conformidade com a ABNT NBR 6118:2014.

Com base nos resultados, a partir da aplicação do parâmetro de distribuição de espaçadores proposto pela instrução espanhola EHE: 2008 e pela norma britânica BS 7973-2:2001, todos os resultados obtidos de

espessuras de cobrimento de armadura estão de acordo com o especificado pela ABNT NBR 6118:2014. Na comparação com o mesmo parâmetro, entretanto com espaçadores fixados, os resultados também atenderam na totalidade as espessuras de cobrimento acima do mínimo especificado pela ABNT NBR 6118:2014. Os resultados demonstram que, para espaçadores de multiapoio, o peso das armaduras positivas correspondido por malhas de diâmetros de 8 mm x 6,3 mm, 8 mm x 8 mm, 10 mm x 6,3 mm, e 10 mm x 10 mm, apresentam-se como peso suficiente para estabilizar o espaçador no local antes e durante a concretagem.

O parâmetro de distribuição que representou acréscimo de 50% no espaçamento dos espaçadores, em relação ao determinado pela EHE:2008 e BS 7973-2:2001, alcançou 75% dos resultados em conformidade com o disposto pela ABNT NBR 6118:2014 e o parâmetro de distribuição que caracterizou acréscimo de 100% no espaçamento, respectivamente, atendeu o cobrimento em 50% dos resultados, ou seja, na prática, não atende à exigência normativa. Ao analisar este último parâmetro, identifica-se que o especificado pelas normatizações EHE:2008 e BS 7973-2:2001, de restringir-se ao limite de 100 cm de espaçamento entre espaçadores, está devidamente adequada às circunstâncias do estudo.

Este estudo também analisou a disposição aleatória de espaçadores realizada em obra, o que resultou em 100% de insuficiência na espessura de cobrimento das armaduras nos dois parâmetros estudados. Notou-se insuficiência e o decréscimo dos valores de cobrimentos obtidos, caracterizando-se pelo não atendimento da ABNT NBR 6118:2014 quando considerada simplesmente a especificação da ABNT NBR 14931:2004, devido ao uso de fios metais para fixar a malha em distâncias de até 35 cm, sem adotar critério adequado no afastamento entre espaçadores. Isto demonstra a fundamental importância de seguir o especificado pela normatização.

De forma a contribuir com recomendações executivas (e/ou Normativas), sugere-se que seja adotado um parâmetro mais rígido de distribuição dos espaçadores que o apresentado pela EHE:2008 e BS 7973-2:2001, como forma de assegurar o cobrimento estabelecido em projeto, devido ao fato que este critério, no presente estudo de caso, alcançou 2,25 cm como a espessura média de cobrimento, ou seja, apenas 90% da espessura do cobrimento nominal especificado pelo projeto estrutural.

5. REFERÊNCIAS

ALLEN, Edward.; IANO, Joseph. **Fundamentos da engenharia de edificações** - materiais e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ALZYOUD, S.; WONG, H.S.; BUENFFELD, N.R. Influence of reinforcement spacers on mass transport properties and durability of concrete structures. **Cement and concrete research**, v.87, p.31-44, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento: Rio de Janeiro, 2014.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). **BS 7973**: Spacers and chairs for steel reinforcement and their specification - Part 1: Product performance requirements. UK, 2001.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). **BS 7973**: Spacers and chairs for steel reinforcement and their specification - Part 2: Fixing and application of spacers and chairs and tying of reinforcement. UK, 2001.

FIGUEIREDO, E. P.; MEIRA, G. **BT06 - Corrosão de Armaduras nas Estruturas de Concreto.** Mérida: ALCONPAT Internacional, 2013.

FUSCO, P. B. **Tecnologia do concreto estrutural**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2008.

HELENE, P. R. L. Espaçadores para armadura. **Revista Construção Mercado**, São Paulo, ed. 140, mar.2013.

INSTRUCCIÓN ESPAÑOLA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL (EHE), **EHE 08:** Capítulo XIII – Ejecución España, 2008.

MARAN, A. P. **Proposta de distribuição de espaçadores plásticos para garantir o cobrimento especificado em lajes de concreto armado.** 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

MEDEIROS, M. H. F.; ANDRADE, J. J. O.; HELENE, P. Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto. **Concreto: Ciência e Tecnologia.** São Paulo: Ibracon, 2011.