

NORMA
BRASILEIRA

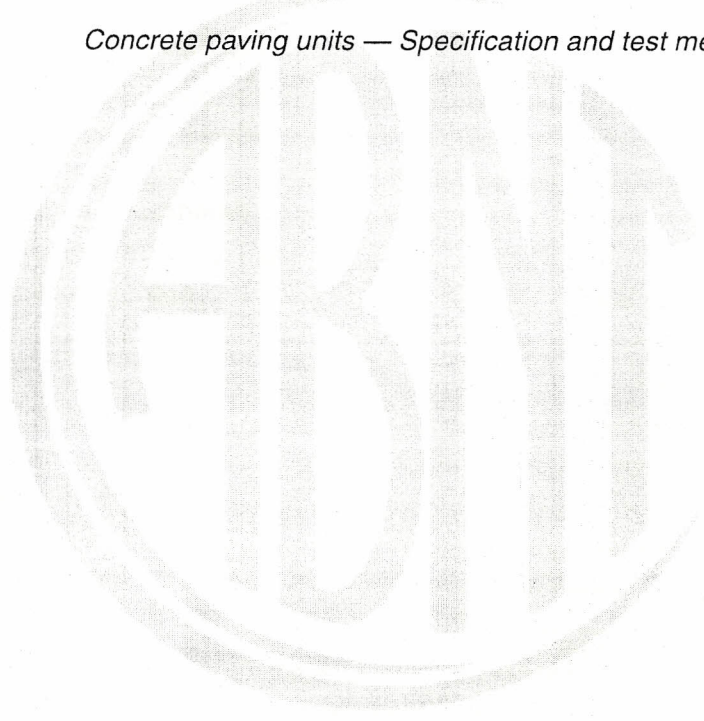
ABNT NBR
9781

Segunda edição
07.01.2013

Válida a partir de
07.02.2013

**Peças de concreto para pavimentação —
Especificação e métodos de ensaio**

Concrete paving units — Specification and test methods



ICS 91.100.30; 91.100.50

ISBN 978-85-07-03929-7



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 9781:2013
21 páginas

© ABNT 2013

Sumário

Página

Prefácio	iv
1 Escopo	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições	1
4 Requisitos gerais	3
4.1 Materiais	3
4.2 Unidade	4
5 Requisitos específicos	4
5.1 Formatos	4
5.1.1 Tipo I	4
5.1.2 Tipo II	4
5.1.3 Tipo III	4
5.1.4 Tipo IV	4
5.2 Dimensões e tolerâncias	4
5.3 Aspectos gerais	5
5.3.1 Espaçador de juntas	5
5.3.2 Chanfro	5
5.3.3 Arestas	5
5.3.4 Ângulo de inclinação	6
5.4 Resistência característica à compressão	6
5.5 Absorção de água	6
5.6 Resistência à abrasão	7
5.7 Inspeção visual	7
6 Inspeção	7
6.1 Lote	7
6.2 Lote de fabricação	7
6.2.1 Realização de ensaios	7
6.2.2 Amostragem	7
6.2.3 Critérios de amostragem	8
6.2.4 Identificação das amostras	8
7 Aceitação e rejeição	8
 Anexos	
Anexo A (normativo) Determinação da resistência característica à compressão	10
A.1 Equipamentos	10
A.1.1 Máquina de ensaio de compressão	10
A.1.2 Placas auxiliares de ensaio	10
A.2 Determinação das dimensões das peças	10
A.3 Determinação da resistência característica à compressão (fpk)	11
A.4 Resultados	11
A.5 Determinação da resistência à compressão estimada	11

A.6	Apresentação dos resultados	12
Anexo B	(normativo) Determinação da absorção de água	14
B.1	Princípio	14
B.2	Corpo de prova	14
B.3	Materiais	14
B.4	Equipamentos	14
B.5	Preparação do corpo de prova	14
B.6	Procedimento	14
B.6.1	Saturação	14
B.6.2	Secagem	15
B.7	Absorção de água	15
B.8	Resultados	15
Anexo C	(normativo) Determinação de resistência à abrasão	16
C.1	Aparelhagem	16
C.1.1	Dispositivo de abrasão	16
C.1.2	Instrumento de medição	16
C.1.3	Material abrasivo	16
C.2	Calibração e padrão	18
C.3	Preparação dos corpos de prova	18
C.4	Procedimento	18
C.5	Dimensão da cavidade	18
C.6	Resultados	19
C.7	Relatório de ensaio	19
Anexo D	(normativo) Avaliação dimensional	20
D.1	Introdução	20
D.2	Formatos	20
D.2.1	Peças do tipo I	20
D.2.2	Peças do tipo II	20
D.2.3	Peças do tipo III	21
D.2.4	Peças do tipo IV	21

Figuras

Figura 1	– Chanfro de uma peça de concreto	5
Figura 2	– Aspecto das arestas da peça de concreto	6
Figura 3	– Detalhe do ângulo de inclinação da peça de concreto	6
Figura C.1	— Dispositivo para ensaio de resistência à abrasão	17
Figura C.2	— Medição da cavidade na amostra ensaiada	19
Figura D.1	— Exemplos de peças de concreto do tipo I	20
Figura D.2	— Exemplos de peças de concreto do tipo II	20
Figura D.3	— Exemplos de peças de concreto do tipo III	21
Figura D.4	— Exemplos de peças de concreto do tipo IV	21

Tabelas

Tabela 1 – Tolerâncias dimensionais das peças de concreto	5
Tabela 2 – Resistência característica à compressão	6
Tabela 3 – Critérios para resistência à abrasão	7
Tabela 4 – Amostragem para ensaio	8
Tabela A.1 — Fator multiplicativo p	11
Tabela A.2 — Coeficiente de <i>Student</i> (nível de confiança de 80 %)	12



Tabelas

Tabela 1 – Tolerâncias dimensionais das peças de concreto	5
Tabela 2 – Resistência característica à compressão	6
Tabela 3 – Critérios para resistência à abrasão	7
Tabela 4 – Amostragem para ensaio	8
Tabela A.1 — Fator multiplicativo p	11
Tabela A.2 — Coeficiente de <i>Student</i> (nível de confiança de 80 %)	12



Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio

1 Escopo

Esta Norma estabelece os requisitos e métodos de ensaio exigíveis para aceitação de peças de concreto para pavimentação intertravada sujeita ao tráfego de pedestres, de veículos dotados de pneumáticos e áreas de armazenamento de produtos.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes dos referidos documentos (incluindo emendas).

ABNT NBR 5732, *Cimento Portland comum*

ABNT NBR 5733, *Cimento Portland de alta resistência inicial*

ABNT NBR 5735, *Cimento Portland de alto forno*

ABNT NBR 5736, *Cimento Portland pozolânico*

ABNT NBR 7211, *Agregados para concreto – Especificação*

ABNT NBR 11578, *Cimento Portland composto – Especificação*

ABNT NBR 11768, *Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos*

ABNT NBR 12989, *Cimento Portland branco – Especificação*

ABNT NBR 15900-1, *Água para amassamento do concreto – Parte 1: Requisitos*

ABNT NBR 15953, *Pavimento Intertravado com peças de concreto – Execução*

ABNT NBR NM ISO 7500-1, *Materiais metálicos – calibração de máquinas de ensaio estático uniaxial – Parte 1: Máquinas de ensaio de tração/compressão – Calibração do sistema de medição de força*

ASTM C 979/C 979M-10, *Standard specification for pigments for integrally colored concrete*

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1

peça de concreto

componente pré-moldado de concreto, utilizado como material de revestimento em pavimento intertravado

3.2

pavimento intertravado

pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto justapostas em uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção

3.3

peça complementar

peça de concreto ou parte de peça utilizada para complementar a paginação do revestimento, constituída pelas peças de concreto principais no pavimento intertravado

3.4

espaçador de junta

dispositivo incorporado à peça de concreto no momento de sua fabricação para facilitar a uniformidade de espessura das juntas

3.5

comprimento (c)

maior distância entre duas faces paralelas entre si e perpendiculares aos planos das faces superior e inferior da peça de concreto, desconsiderando-se os espaçadores de juntas incorporados

3.6

largura (l)

menor distância entre duas faces paralelas entre si e perpendiculares aos planos das faces superior e inferior da peça de concreto, desconsiderando os espaçadores de juntas incorporados. No caso de peças de concreto com faces curvas, considerar, na identificação da largura e comprimento, dois planos paralelos entre si e tangentes a elas

3.7

espessura (e)

distância entre os dois planos paralelos, formados pelas faces superior e inferior da peça de concreto

3.8

índice de forma (IF)

relação entre o comprimento e a espessura da peça de concreto

3.9

face superior

face da peça de concreto exposta ao tráfego

3.10

face inferior

face da peça de concreto em contato com a camada de assentamento

3.11

parede lateral

cada uma das faces verticais da peça de concreto que estão em contato com outras peças vizinhas através das juntas entre elas ou contenção

3.12

medida de coordenação

medida do espaço de coordenação de um elemento ou componente. No caso das peças de concreto esta medida incorpora o espaçador

Exemplo: peça retangular de 10 cm × 20 cm × 6 cm – (largura x comprimento x espessura)

3.13**medida nominal**

medida de peça de concreto especificada pelo fabricante, descontado o espaçador

Exemplo: peça retangular de 9,7 cm × 19,7 cm × 6 cm – (largura × comprimento × espessura)

3.14**medida real**

medida verificada diretamente na peça de concreto, descontado o espaçador

3.15**tolerância**

diferença admissível entre uma medida real e a medida nominal correspondente

3.16**dupla camada**

peça de concreto produzida com duas camadas de concreto de composições diferentes

3.17**ângulo de inclinação**

ângulo externo entre a parede lateral e a face inferior da peça de concreto

3.18**aresta**

linha de interseção entre dois planos ou faces, que se refere às linhas das faces superior e inferior e das paredes laterais da peça de concreto

3.19**chanfro**

perfil inclinado entre a face superior e as paredes laterais da peça de concreto

4 Requisitos gerais**4.1 Materiais**

4.1.1 O concreto utilizado nas peças deve ser constituído de cimento Portland, agregados e água, sendo permitido o uso de aditivos e pigmentos.

4.1.2 O cimento Portland pode ser de qualquer tipo e classe, devendo obedecer às ABNT NBR 5732, ABNT NBR 5733, ABNT NBR 5735, ABNT NBR 5736, ABNT NBR 11578 e ABNT NBR 12989.

4.1.3 Os agregados podem ser naturais, industriais ou reciclados, obedecendo à ABNT NBR 7211 ou outras Normas Brasileiras pertinentes.

4.1.4 A água de amassamento deve atender à ABNT NBR 15900-1.

4.1.5 Os aditivos devem atender à ABNT NBR 11768.

4.1.6 Os pigmentos devem ser de base inorgânica e atender à ASTM C 979/C 979M.

4.2 Unidade

A unidade de compra das peças deve ser o metro quadrado, devendo-se especificar o número de peças por metro quadrado.

5 Requisitos específicos

5.1 Formatos

As peças de concreto podem ser produzidas em diversos formatos. Estes formatos são agrupados conforme 5.1.1 a 5.1.4 e ilustrados no Anexo D.

5.1.1 Tipo I

Peças de concreto com formato próximo ao retangular, com relação comprimento/largura igual a dois, que se arranjam entre si nos quatro lados e podem ser assentadas em fileiras ou em espinha de peixe.

5.1.2 Tipo II

Peças de concreto com formato único, diferente do retangulare que só podem ser assentadas em fileiras.

5.1.3 Tipo III

Peças de concreto com formatos geométricos característicos, como trapézios, hexágonos, triedros etc., com pesos superior a 4 kg.

5.1.4 Tipo IV

Conjunto de peças de concreto de diferentes tamanhos, ou uma única peça com juntas falsas, que podem ser utilizadas com um ou mais padrões de assentamento.

5.2 Dimensões e tolerâncias

As dimensões e tolerâncias das peças de concreto devem atender aos seguintes requisitos:

- a) medida nominal do comprimento de no máximo 250 mm;
- b) medida real da largura de no mínimo 97 mm na área da peça destinada à aplicação de carga no ensaio de resistência à compressão, conforme especificado no Anexo A;

NOTA As peças de concreto utilizadas no ensaio de resistência à compressão podem apresentar pontos com largura inferior a 100 mm, desde que possua uma área plana isenta de rebaixos e juntas falsas onde possa ser inscrito um círculo de 85 mm de diâmetro.

- c) medida nominal da espessura de no mínimo 60 mm, especificada em múltiplos de 20 mm;
- d) tolerâncias dimensionais conforme especificado na Tabela 1;
- e) o índice de forma (IF) para peças de concreto utilizadas em vias com tráfego de veículos ou áreas de armazenamento deve ser menor ou igual a 4.

Tabela 1 – Tolerâncias dimensionais das peças de concreto

Dimensões em milímetros

Comprimento	Largura	Espessura
± 3	± 3	± 3

5.3 Aspectos gerais

5.3.1 Espaçador de juntas

As peças de concreto devem obrigatoriamente ter espaçador incorporado, devendo atender aos requisitos da ABNT NBR 15953 quanto à espessura das juntas.

5.3.2 Chanfro

A especificação do chanfro nas peças de concreto depende de aspectos construtivos, da capacidade estrutural e do conforto de rolamento, podendo ser utilizadas peças sem chanfros nos casos específicos.

Nas peças de concreto chanfradas, o chanfro deve apresentar, tanto na projeção horizontal como na projeção vertical, no mínimo 3 mm e no máximo 6 mm, conforme Figura 1.

NOTA O chanfro da peça de concreto pode ser reto ou boleado.

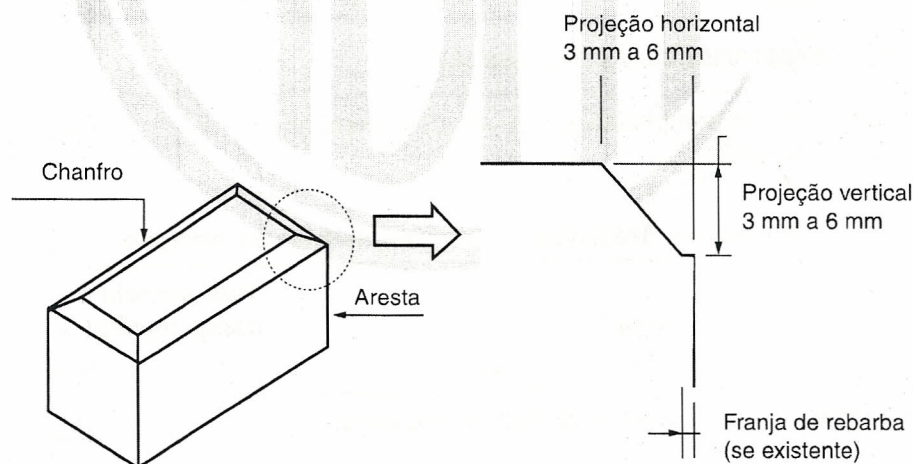


Figura 1 – Chanfro de uma peça de concreto

5.3.3 Arestas

As peças de concreto devem apresentar arestas regulares nas paredes laterais e nas faces superior e inferior, como representado na Figura 2.

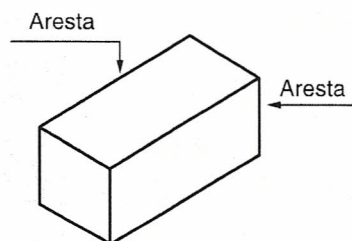


Figura 2 – Aspecto das arestas da peça de concreto

5.3.4 Ângulo de inclinação

O ângulo de inclinação das peças de concreto deve ser igual a 90°. O ângulo das peças deve ser avaliado com esquadro, devendo a peça ser apoiada em uma superfície plana, como mostra a Figura 3.



Figura 3 – Detalhe do ângulo de inclinação da peça de concreto

5.4 Resistência característica à compressão

A resistência característica à compressão deve ser determinada conforme o Anexo A e deve atender às especificações da Tabela 2.

Tabela 2 – Resistência característica à compressão

Solicitação	Resistência característica à compressão (f_{pk}) aos 28 dias MPa
Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha	≥ 35
Tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados	≥ 50

Os lotes de peças de concreto entregues ao cliente com idade inferior a 28 dias devem apresentar no mínimo 80% do f_{pk} especificado na Tabela 2, no momento de sua instalação, sendo que aos 28 dias ou mais de idade de cura, o f_{pk} deve ser igual ou superior ao especificado na Tabela 2.

5.5 Absorção de água

A amostra de peças de concreto deve apresentar absorção de água com valor médio menor ou igual a 6 %, não sendo admitido nenhum valor individual maior do que 7 %, a partir de ensaios realizados conforme o Anexo B.

5.6 Resistência à abrasão

A determinação da resistência à abrasão da amostra é facultativa. Quando especificada, deve ser ensaiada conforme o Anexo C, devendo atender às especificações da Tabela 4.

Tabela 3 – Critérios para resistência à abrasão

Solicitação	Cavidade máxima mm
Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha	≤ 23
Tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados	≤ 20

5.7 Inspeção visual

As peças de concreto constituintes do lote devem ser inspecionadas visualmente, objetivando a identificação de peças com defeitos que possam vir a prejudicar o assentamento, o desempenho estrutural ou a estética do pavimento.

As peças de concreto devem apresentar aspecto homogêneo, arestas regulares e ângulos retos e devem ser livres de rebarbas, defeitos, delaminação e descamação, devendo atender a 5.3.

Pequenas variações de coloração nas peças em virtude do processo de fabricação e da variação das matérias-primas são admitidas. O padrão de cor dos lotes deve ser acordado previamente entre o fornecedor e o cliente.

6 Inspeção

6.1 Lote

O lote deve ser formado por um conjunto de peças de concreto com as mesmas características, produzidas sob as mesmas condições de fabricação e com os mesmos materiais, cabendo ao fabricante a indicação dos conjuntos que atendam a estes requisitos.

6.2 Lote de fabricação

A formação do lote de fabricação deve ser limitada à produção diária, utilizando-se o mesmo equipamento e matéria-prima.

6.2.1 Realização de ensaios

Os ensaios de aceitação das peças de concreto devem ser realizados por laboratórios de terceira parte, preferencialmente acreditados pelo Inmetro, nos ensaios pertinentes.

6.2.2 Amostragem

A amostragem para os ensaios de aceitação devem considerar o lote de fabricação. De cada lote devem ser retiradas, aleatoriamente, peças inteiras que constituam a amostra representativa, conforme especificado na Tabela 4.

Tabela 4 – Amostragem para ensaio

Propriedade	Amostra
Inspeção visual	6 ^a
Avaliação dimensional	6 ^a
Absorção de água	3
Resistência à compressão	6
Resistência à abrasão	3 ^b
^a As peças amostradas podem ser utilizadas também para os ensaios de resistência à compressão ou abrasão. ^b Ensaio facultativo.	

NOTA Para os ensaios de inspeção visual, avaliação dimensional e resistência à compressão, a amostra deve ter no mínimo seis peças para cada lote de fabricação até 300 m² e uma peça adicional para cada 50 m² suplementar, até perfazer a amostra máxima de 32 peças.

6.2.3 Critérios de amostragem

6.2.3.1 Caso I – Fabricante sem certificação da qualidade do produto

Deve-se executar ensaios de aceitação do produto.

6.2.3.2 Caso II – Fabricante com certificação da qualidade do produto

O fabricante que possui certificação da qualidade do produto está pré-qualificado para fornecer o produto certificado, estando esta condição sujeita a aceitação do comprador.

A certificação da qualidade do produto deve ser obtida conforme o Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade e ser estendida aos requisitos de aceitação previstos nesta Norma.

6.2.4 Identificação das amostras

Todas as peças da amostragem devem ser claramente identificadas, de forma indelével, e remetidas ao laboratório de ensaios.

7 Aceitação e rejeição

O lote deve ser aceito sempre que forem cumpridas simultaneamente as condições estabelecidas em 7.1 a 7.5.

7.1 Na inspeção visual, o lote deve cumprir os requisitos de 5.7, considerando-se os aspectos gerais de 5.3. O lote deve ser rejeitado se forem constatadas mais de 5 % de peças defeituosas.

NOTA A critério do comprador, as peças defeituosas podem ser substituídas pelo fornecedor e o lote pode ser aceito, desde que sejam cumpridas as exigências de 7.2 a 7.5.

- 7.2** As dimensões e tolerâncias das peças devem atender ao descrito em 5.2.
- 7.3** A resistência característica estimada à compressão deve atender ao descrito em 5.4.
- 7.4** A absorção de água deve atender ao descrito em 5.5.
- 7.5** A resistência à abrasão, quando especificada, deve atender ao descrito em 5.6.
- 7.6** Não sendo atendidas as condições de algum dos itens 7.2 a 7.5, realizar os ensaios necessários em peças destinadas à contraprova. Caso os resultados sejam satisfatórios, o lote em exame deve ser aceito.



Anexo A **(normativo)**

Determinação da resistência característica à compressão

A.1 Equipamentos

A.1.1 Máquina de ensaio de compressão

A máquina de ensaio deve atender os valores máximos admissíveis determinados pela ABNT NBR NM ISO 7500-1.

Para laboratórios de ensaio, a máquina de ensaio deve ser classe 1 ou melhor. Para laboratórios instalados em fábricas admite-se a utilização de máquina de ensaio classe 2.

A estrutura de aplicação de força deve ter capacidade compatível com os ensaios a serem realizados, permitindo a aplicação controlada da força sobre a peça colocada entre os pratos de compressão. O prato que se desloca deve ter movimento na direção vertical, coaxial (perpendicular) ao prato fixo.

O corpo de prova deve ser posicionado de modo que, quando estiver centrado, seu eixo coincida com o da máquina, fazendo com que a resultante das forças passe pelo centro.

O acionamento deve ser através de qualquer fonte estável de energia, de modo a propiciar uma aplicação de força contínua e isenta de choques. Somente para máquinas de classe 2 se aceita acionamento manual.

NOTA Recomenda-se que os equipamentos novos sejam providos de controle de aplicação de força, de modo que a taxa de carregamento seja aplicada sem a interferência do operador.

A.1.2 Placas auxiliares de ensaio

As duas placas auxiliares de ensaio devem ser circulares, com diâmetro de $(85 \pm 0,5)$ mm e espessura mínima de 20 mm, confeccionadas em aço, com dureza superficial maior que 60 RC. Suas superfícies não podem apresentar afastamento com relação a uma superfície plana de contato, tomada como referência, de mais de 0,01 mm em 85 mm.

As placas auxiliares devem ser acopladas à máquina de ensaio de compressão, uma no prato inferior e a outra no superior, de maneira que seus eixos verticais centrais fiquem perfeitamente alinhados.

A.2 Determinação das dimensões das peças

O fabricante deve informar as medidas nominais da largura, comprimento e espessura das peças, antes da realização dos ensaios.

As medidas reais da largura (l), do comprimento (c) e da espessura (e) das peças, devem ser tomadas conforme referências do Anexo D, utilizando-se um paquímetro com resolução de 0,1 mm.

A.3 Determinação da resistência característica à compressão (f_{pk})

As peças representativas do lote amostrado devem estar nas seguintes condições, no momento do ensaio:

- a) saturadas em água a $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$, por no mínimo 24 h antes do ensaio;
- b) as superfícies de carregamento devem ser retificadas.

NOTA São permitidos outros tipos de capeamento desde que estes não apresentem variações significativas em comparação à técnica de retífica.

- c) as peças devem ser dispostas sobre as placas auxiliares de ensaio, com sua face superior em contato com a placa auxiliar superior, de modo que o eixo vertical que passa pelo seu centro coincida com o eixo vertical passante pelo centro das placas, na região da peça que apresenta largura mínima de 97 mm.

NOTA Para as peças do tipo IV, ensaiam-se apenas as peças com largura mínima de 97 mm.

O carregamento deve ser feito continuamente, com velocidade de 550 kPa/s, com variação de mais ou menos 200 kPa/s. O carregamento deve prosseguir até a ruptura completa da peça.

Caso a largura da peça seja superior a 140 mm, a peça deve ser cortada com serra de disco, de modo que a nova largura não exceda esse limite.

A.4 Resultados

A resistência à compressão da peça, expressa em megapascals (MPa), é obtida dividindo-se a carga de ruptura, expressa em newtons (N), pela área de carregamento, expressa em milímetros quadrados (mm^2), multiplicando-se o resultado pelo fator p , função da altura da peça, conforme Tabela A.1.

Tabela A.1 — Fator multiplicativo p

Espessura nominal da peça mm	p
60	0,95
80	1,00
100	1,05

A.5 Determinação da resistência à compressão estimada

Admite-se que as resistências à compressão obedeçam à distribuição normal, sendo o valor característico estimado pela equação:

$$f_{pk, est} = f_p - t \times s$$

sendo

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_p - f_{pi})^2}{n - 1}}$$

onde

- f_p é a resistência média das peças, expressa em megapascals (MPa);
- f_{pi} é a resistência individual das peças, expressa em megapascals (MPa);
- $f_{pk,est}$ é a resistência característica estimada à compressão, expressa em megapascals (MPa);
- n é o número de peças da amostra;
- s é o desvio-padrão da amostra, expresso em megapascals (MPa);
- t é o coeficiente de Student, fornecido na Tabela 3, em função do tamanho da amostra.

Tabela A.2 — Coeficiente de Student
(nível de confiança de 80 %)

n	t
6	0,920
7	0,906
8	0,896
9	0,889
10	0,883
12	0,876
14	0,870
16	0,866
18	0,863
20	0,861
22	0,859
24	0,858
26	0,856
28	0,855
30	0,854
32	0,842

A.6 Apresentação dos resultados

No relatório de ensaio deve constar o seguinte:

- identificação do lote;
- idade do lote no início do ensaio;
- medidas nominais de comprimento (c); largura (l) e espessura (e) das peças, informadas pelo fabricante;
- medidas reais de comprimento (c); largura (l) e espessura (e) das peças, com aproximação de 0,1 mm;

- e) índice de forma (IF) das peças;
- f) tipo de peça
- g) área de carregamento, expressa em milímetros quadrados (mm^2);
- h) cargas de ruptura individuais, expressas em newtons (N);
- i) resistências individuais, expressas em megapascals (MPa);
- j) resistência característica estimada à compressão ($f_{pk,est}$), expressa em megapascals (MPa).



Anexo B (normativo)

Determinação da absorção de água

B.1 Princípio

A absorção de água, expressa em porcentagem, representa o incremento de massa de um corpo sólido poroso devido a penetração de água em seus poros permeáveis, em relação à sua massa em estado seco.

B.2 Corpo de prova

Peça de concreto inteira.

B.3 Materiais

Água potável.

B.4 Equipamentos

Os equipamentos necessários para a execução do ensaio são os seguintes:

- a) estufa ventilada com temperatura de $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- b) termômetro com resolução de $1 ^\circ\text{C}$;
- c) tanque de água;
- d) balança com resolução de 0,1 g;
- e) escova com cerdas suaves;
- f) tela metálica com suporte;
- g) pano.

B.5 Preparação do corpo de prova

Remover todo o pó e partículas soltas dos corpos de prova, utilizando-se uma escova.

B.6 Procedimento

B.6.1 Saturação

Imergir os corpos de prova em água à temperatura de $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$, por 24 h.

Pesar individualmente cada corpo de prova na condição saturada com superfície seca, que é obtida drenando o corpo de prova sobre uma tela metálica por 1 min e removendo a água superficial visível com um pano úmido. Anotar o valor encontrado.

Repetir este procedimento a cada 2 h, até que em duas determinações sucessivas não se registre para o corpo de prova diferença de massa superior a 0,5 % em relação ao valor anterior, anotando-se então a sua massa saturada m_2 .

B.6.2 Secagem

Levar os corpos de prova saturados à estufa com temperatura a $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, mantendo esta condição por 24 h.

Pesar individualmente cada corpo de prova na condição seco em estufa. Anotar o valor encontrado.

Repetir este procedimento a cada 2 h, até que em duas determinações sucessivas não se registre para o corpo de prova diferença de massa superior a 0,5 % em relação ao valor anterior, anotando-se então a sua massa seca m_1 .

A operação de pesagem e anotação do valor deve ser de no máximo 10 min, com o corpo de prova fora da temperatura da estufa.

B.7 Absorção de água

O valor da absorção de água de cada corpo de prova deve ser calculado utilizando-se a equação:

$$A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

onde

A é a absorção de cada corpo de prova, expressa em porcentagem (%);

m_1 é a massa do corpo de prova seco, expressa em gramas (g);

m_2 é a massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g).

B.8 Resultados

No relatório de ensaio deve constar o seguinte:

- a) identificação do lote;
- b) idade do lote no início do ensaio;
- c) valores individuais de absorção de água, expressos em porcentagem (%);
- d) valor médio da absorção de água, expresso em porcentagem (%).

Anexo C **(normativo)**

Determinação de resistência à abrasão

C.1 Aparelhagem

A aparelhagem necessária à execução do ensaio é a descrita em C.1.1 a C.1.3.

C.1.1 Dispositivo de abrasão

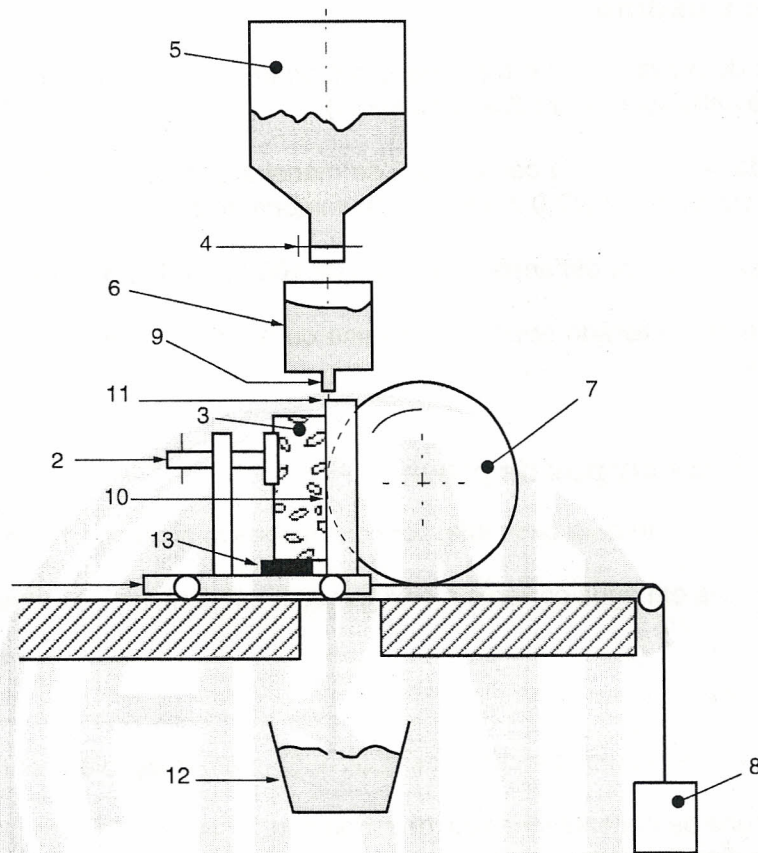
O dispositivo de abrasão consiste em disco rotativo de aço com diâmetro de 200 mm e espessura de 70 mm, um funil de escoamento para alimentação de material abrasivo, um suporte para o corpo de prova, um contrapeso e uma caixa de armazenamento de material abrasivo usado, conforme indicado na Figura C.1.

C.1.2 Instrumento de medição

Deve ser utilizado paquímetro com resolução de 0,1 mm.

C.1.3 Material abrasivo

O material abrasivo deve ser composto de óxido de alumínio fundido branco grana F80. O material abrasivo não pode ser reaproveitado após o ensaio.



Legenda

- 1 Dispositivo móvel para empurrar a amostra
- 2 Dispositivo para fixação
- 3 Amostra
- 4 Válvula de controle
- 5 Reservatório de material abrasivo
- 6 Guia para fluxo de material abrasivo
- 7 Cilindro metálico para abrasão
- 8 Contrapeso
- 9 Saída do material abrasivo
- 10 Moldura
- 11 Fluxo de material abrasivo
- 12 Reservatório para coleta do material
- 13 Apoio para centralizar a amostra

Figura C.1 — Dispositivo para ensaio de resistência à abrasão

C.2 Calibração e padrão

A pressão do corpo de prova contra o disco de aço é determinada pela calibração do equipamento contra um padrão de calibração (vidro *float* ou comum).

A pressão é ajustada variando-se o contrapeso, de maneira que, após 75 rotações em (60 ± 3) s, seja produzida uma cavidade de $(17,0 \pm 0,5)$ mm de comprimento.

O padrão de calibração deve ter dimensões mínimas de 100 mm \times 100 mm \times 6 mm.

O equipamento deve ser calibrado após 400 ensaios ou a cada 2 meses, ou sempre que o disco rotativo for substituído.

C.3 Preparação dos corpos de prova

Utilizar três peças de concreto para cada lote, com dimensões mínimas de 100 mm \times 90 mm.

Lavar os corpos de prova em água corrente e enxugar com um pano úmido, antes do ensaio.

C.4 Procedimento

Posicionar o corpo de prova no equipamento, centralizando-o em relação ao centro do disco rotativo.

Abastecer o reservatório de material abrasivo, de modo que o fluxo seja constante com $(100 \pm 0,05)$ g a cada (100 ± 5) rotações do disco.

Abrir a válvula de controle para o material abrasivo e simultaneamente ligar o motor configurado em 75 revoluções em (60 ± 3) s. Observar se o fluxo de material abrasivo está uniforme durante o ensaio, coincidindo com a finalização das 75 revoluções.

Retirar o corpo de prova do equipamento e medir o comprimento da cavidade, conforme a Figura C.2.

Realizar o ensaio em cada corpo de prova em apenas um ponto.

C.5 Dimensão da cavidade

Colocar o corpo de prova embaixo de uma lente de aumento, de preferência equipada com iluminação, para facilitar a medição da cavidade.

Desenhar uma linha (AB) no centro da cavidade perpendicular ao seu eixo.

Utilizar uma régua metálica e um lápis com diâmetro de 0,9 mm e dureza 6H ou 7H para desenhar os limites longitudinais (L1 e L2) da cavidade de acordo com a Figura C.2.

Posicionar o paquímetro nos pontos A e B até as bordas dos limites longitudinais (L1 e L2) da cavidade e registrar a medida com precisão de 0,1 mm, conforme Figura C.2.

Para a calibração, repetir a medida nos pontos (C e D), de modo a obter três leituras.

Dimensões em milímetros

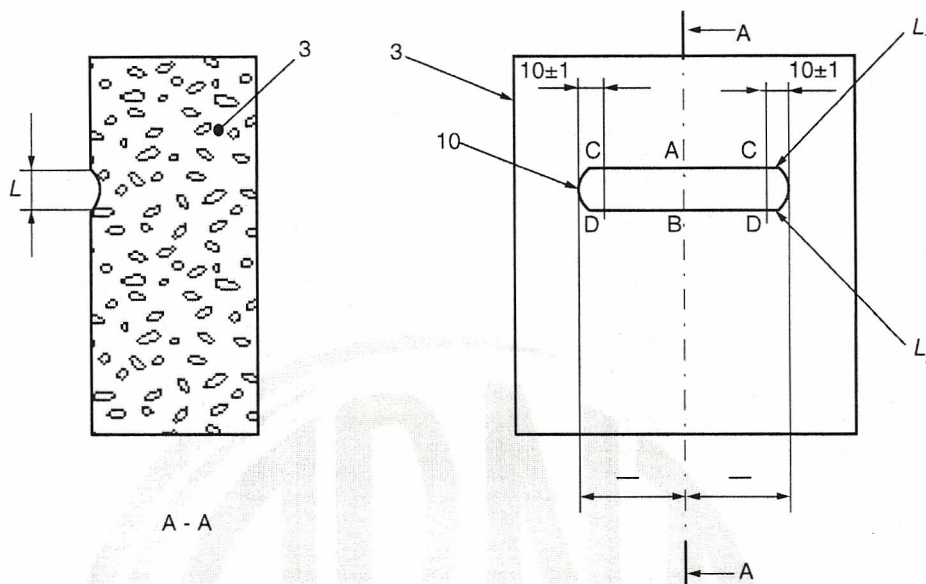


Figura C.2 — Medição da cavidade na amostra ensaiada

C.6 Resultados

O resultado é a dimensão corrigida por um fator de calibração. O fator de calibração é a diferença aritmética entre 17,0 mm e o valor obtido na última calibração do dispositivo. O resultado final deve ser apresentado com resolução de 0,5 mm.

Por exemplo, com um valor de calibração igual a 16,6 mm e dimensão da cavidade no corpo de prova de 19,5 mm, o resultado será $19,5 + (17,0 - 16,6) = 19,9$ mm e o resultado final = 20,0 mm.

C.7 Relatório de ensaio

No relatório de ensaio deve constar o seguinte:

- identificação do lote;
- idade do lote no início do ensaio;
- valores individuais da cavidade, expressos em milímetros (mm);
- valor médio da cavidade, expresso em milímetros (mm).

Anexo D (normativo)

Avaliação dimensional

D.1 Introdução

A avaliação dimensional das peças deve ser realizada sempre em planos paralelos ou perpendiculares às arestas das peças, conforme sua tipologia.

Em D.2 estão apresentados esquematicamente exemplos de pontos de medidas de alguns formatos de peças classificados conforme os tipos descritos em 5.1.

D.2 Formatos

D.2.1 Peças do tipo I

Conforme Figura D.1.

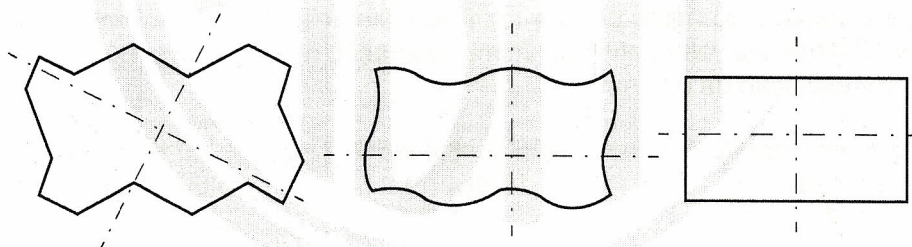


Figura D.1 — Exemplos de peças de concreto do tipo I

D.2.2 Peças do tipo II

Conforme Figura D.2.

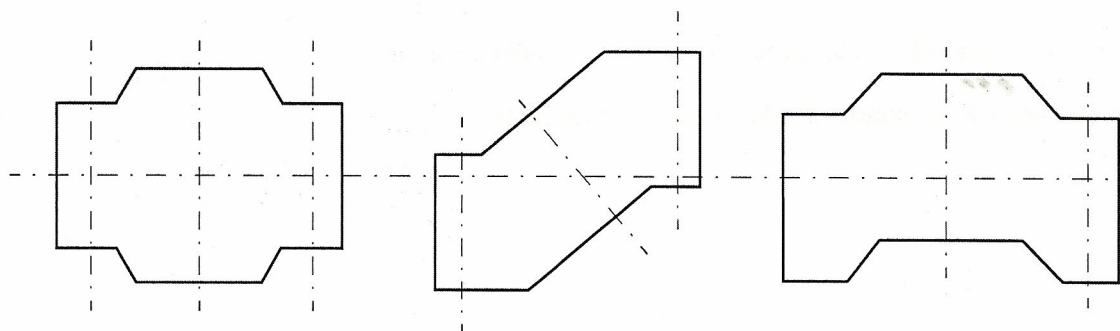


Figura D.2 — Exemplos de peças de concreto do tipo II

D.2.3 Peças do tipo III

Conforme Figura D.3.

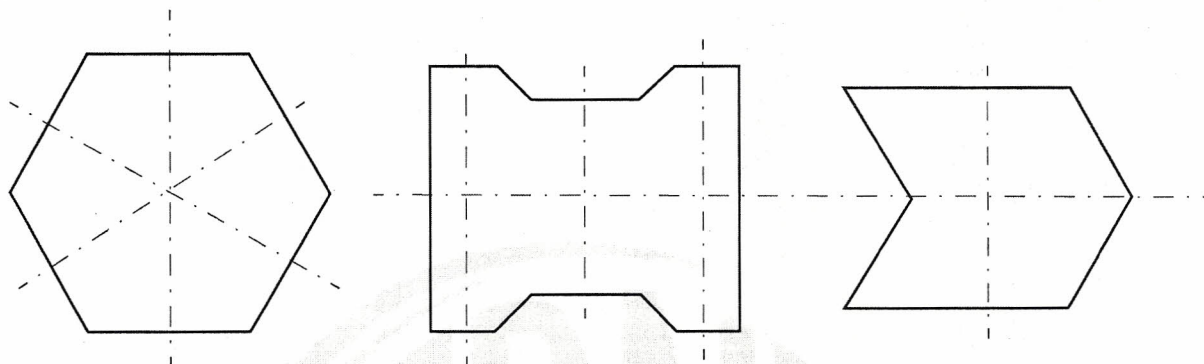


Figura D.3 — Exemplos de peças de concreto do tipo III

D.2.4 Peças do tipo IV

Conforme Figura D.4.

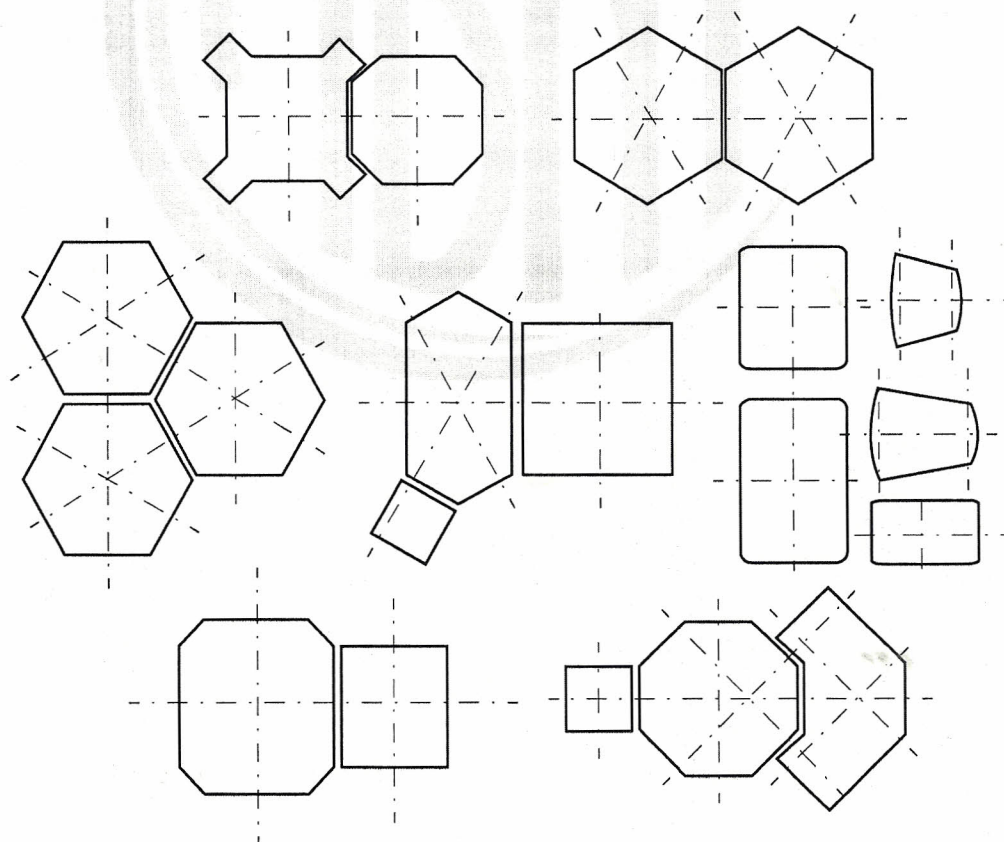


Figura D.4 — Exemplos de peças de concreto do tipo IV