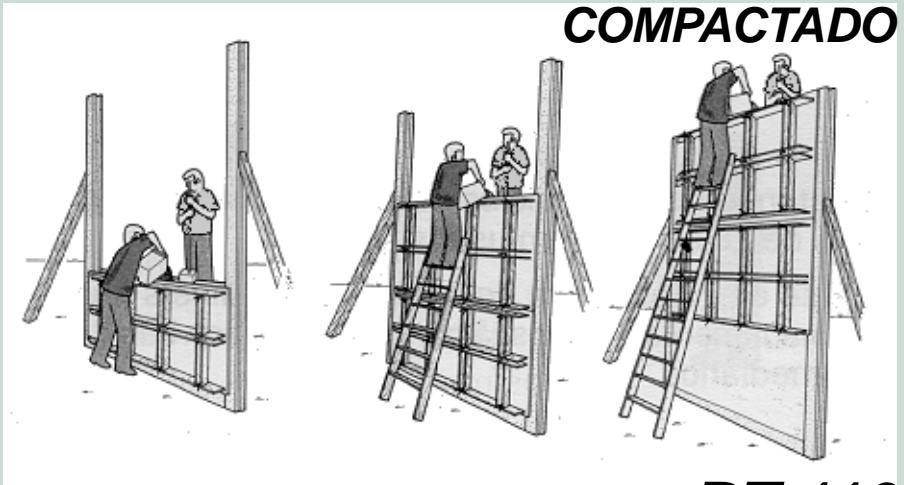


BOLETIM TÉCNICO

CONSTRUÇÃO DE PAREDES MONOLÍTICAS COM SOLO-CIMENTO COMPACTADO



BT-110



Associação
Brasileira de
Cimento Portland

Associação Brasileira de Cimento Portland

**CONSTRUÇÃO DE PAREDES
MONOLÍTICAS COM
SOLO-CIMENTO COMPACTADO**

São Paulo
junho de 1998
(mudanças no aspecto gráfico)

Revisão: 3

1ª edição - 1985

2ª edição - 1989 (rev. atual.)

3ª edição - 1998 (rev. atual. mudanças no aspecto gráfico)

Constituindo uma equipe encarregada da *Uniformização das Técnicas de Aplicação do Solo-cimento na Construção Habitacional* participaram e colaboraram na elaboração deste trabalho as seguintes entidades:

- ◆ BNH/DEPEA - Banco Nacional da Habitação/Departamento de Estudos e Pesquisas Aplicadas
- ◆ ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland
- ◆ CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento
- ◆ IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.
- ◆ TECMOR - Equipamentos Mecânicos Ltda.
- ◆ COHAB/SP - Companhia de Habitação de São Paulo
- ◆ SEAD/PR - Secretaria de Administração do Estado do Paraná
- ◆ CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
- ◆ CEHAB/RJ - Companhia Estadual de Habitação do Rio de Janeiro

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND

Construção de paredes monolíticas com solo-cimento compactado.
3.ed. São Paulo, ABCP, 1998. 16p. (BT-110)

Paredes de solo-cimento

Casas de solo-cimento

CDD: 693.25

Proibida a reprodução total ou parcial.

Todos os direitos reservados à

Associação Brasileira de Cimento Portland

Avenida Torres de Oliveira, 76 - Jaguaré

CEP 05347-902 São Paulo/SP

Fone: 55-011-3760-5300 – Fax: 55-011-3760-5320

Apresentação

Esta publicação visa difundir técnicas usuais de aplicação de solo-cimento na construção habitacional. Seu conteúdo é produto de cuidadoso trabalho conjunto, desenvolvido, em 1985, sob a liderança do Banco Nacional da Habitação (BNH) por uma equipe de especialistas integrantes de várias instituições brasileiras ligadas ao trato do assunto, com o objetivo de uniformizar conceitos e procedimentos relacionados com a utilização desse econômico material de construção. Espera-se que sua divulgação permita ampliar as perspectivas, especialmente para as faixas de menor poder aquisitivo da população brasileira, de possuir casa própria e dispor de escolas, creches, postos de saúde e outros equipamentos comunitários essenciais.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

1	INTRODUÇÃO	7
2	VANTAGENS.....	7
3	MATERIAIS COMPONENTES DO SOLO-CIMENTO	7
4	PROPORÇÃO DOS MATERIAIS NA MISTURA	10
5	DESCRIÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO	13
6	RECOMENDAÇÕES BASEADAS NA EXPERIÊNCIA DO CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO (CEPED)	15

1 INTRODUÇÃO

Este boletim expõe um procedimento de dosagem de solo-cimento para fins de construção de paredes monolíticas.

O solo-cimento compactado em paredes monolíticas constitui uma das alternativas de construção habitacional. A parede de solo-cimento, executada conforme as recomendações, garante resistência à compressão simples e a choques mecânicos semelhante à de alvenaria comum. A resistência à compressão é tanto mais elevada quanto maior for a quantidade de cimento empregada; esta, no entanto, deve ser limitada a um teor ótimo que confira a qualidade necessária ao material, sem aumento do custo de execução da parede.

2 VANTAGENS

As principais vantagens das paredes monolíticas de solo-cimento compactado são:

- a) pode, em geral, ser utilizado o próprio solo local, reduzindo-se ou eliminando-se o custo de transporte;
- b) pode dispensar o uso de revestimento, em virtude do acabamento liso e uniforme das paredes; desde que protegida da ação direta da água;
- c) não necessita de mão-de-obra especializada.

3 MATERIAIS COMPONENTES DO SOLO-CIMENTO

Solo

O solo é o elemento que entra em maior proporção na mistura, devendo ser selecionado de modo que se possibilite o uso da menor quantidade possível de cimento. De maneira geral, os solos mais adequados para construção de paredes de solo-cimento são os que possuem as seguintes características:

- passando na peneira ABNT 4,8 mm (nº 4) 100%
- passando na peneira ABNT 0,075 mm (nº 200) 10% a 50%
- limite de liquidez ≤ 45%
- índice de plasticidade ≤ 18%
- somatório da retração (*ensaio da caixa* descrito à frente) ≤ 2 cm

Os solos mais arenosos requerem, quase sempre, menores quantidades de cimento do que os argilosos e siltosos; ressalta-se, entretanto, que a presença de pequeno teor de argila na composição do solo é necessária para dar à mistura de solo e cimento, quando umedecida e compactada, coesão suficiente para imediata retirada das fôrmas, sem que a parede sofra danos, além de certa resistência inicial.

Devem ser evitados solos que contenham matéria orgânica, pois esta pode perturbar a hidratação do cimento e, conseqüentemente, a estabilização do solo matéria-prima.

Embora existam solos que não possam atender por si sós às recomendações, há possibilidade de se misturar dois ou mais deles para que resulte um solo de características enquadráveis nas especificações.

A seleção do solo pode ser feita em laboratório ou no próprio local da obra; neste caso, pelo *ensaio da caixa*, descrito à frente. É evidente que o resultado de laboratório é mais confiável, uma vez que é obtido em condições mais adequadas de local, equipamento e pessoal.

O ensaio prático para medida da retração (*ensaio da caixa*) tem o seguinte procedimento:

- toma-se aproximadamente 3 kg de solo destorroado e peneirado (recomenda-se a peneira de 4,8 mm de abertura de malha);
- adiciona-se água aos poucos, até que o solo adquira a consistência de argamassa de reboco;
- coloca-se o solo umedecido numa caixa de madeira, com dimensões internas de 60,0 cm x 8,5 cm x 3,5 cm (*Figura 1*), lubrificada internamente, distribuindo-o uniformemente com a colher de pedreiro até preencher todo o volume interno da caixa, rasando a superfície com uma régua de madeira;
- levanta-se e deixa-se cair uma das extremidades da caixa, de uma altura aproximada de 7 cm (quatro dedos), por dez vezes, repetir a mesma operação com a outra extremidade;
- guarda-se a caixa ao abrigo do sol, da chuva e do vento, durante 7 dias;
- após esse período, faz-se a medida da retração (*Figura 2*) no sentido do comprimento da caixa. Se a retração total não ultrapassar 2 cm e não aparecerem trincas na amostra, o solo poderá ser utilizado; caso contrário, pode-se adicionar-lhe areia até obter uma mistura que se enquadre nessa especificação.

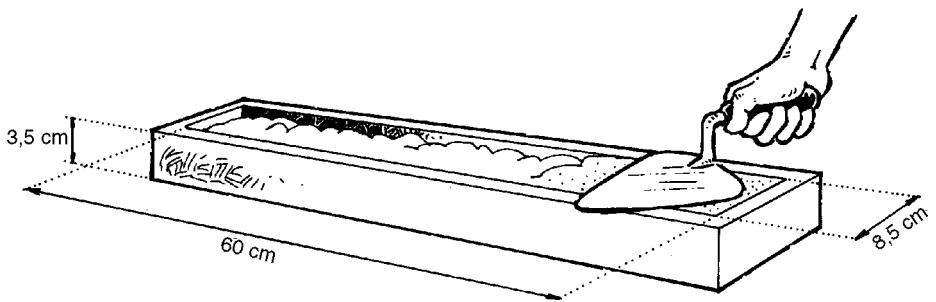


FIGURA 1 - Dimensões da caixa - Colocação do material

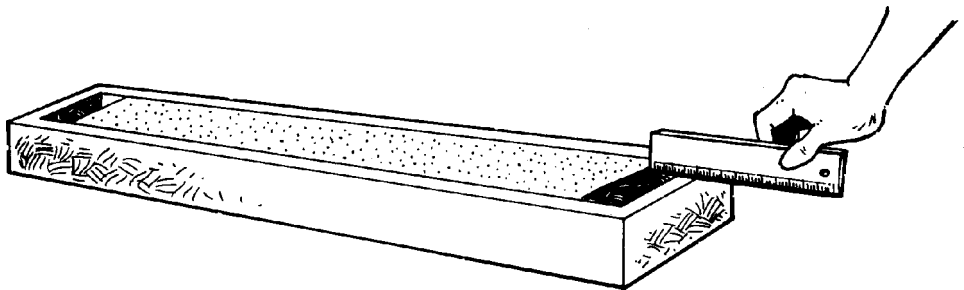


FIGURA 2 - Medida da retração

Cimento

Os cimentos que poderão ser utilizados deverão atender a uma das seguintes especificações:

- NBR 5732 - Cimento Portland Comum;
- NBR 5735 - Cimento Portland de Alto-Forno;
- NBR 5736 - Cimento Portland Pozolânico;
- NBR 5733 - Cimento Portland de Alta Resistência Inicial.

Água

Deverá ser isenta de impurezas nocivas à hidratação do cimento; presume-se adequadas as águas potáveis.

4 PROPORÇÃO DOS MATERIAIS NA MISTURA

Pode-se usar como base o traço volumétrico de 1:15 (cimento:solo), desde que o solo tenha sido selecionado conforme já demonstrado nesta publicação.

Se o consumo de solo-cimento compactado for acima de 300 m³ (aproximadamente 15 casas de 32 m² de área construída cada), recomenda-se a dosagem do solo em laboratório, o que poderá acarretar economia considerável no consumo de cimento.

A dosagem em laboratório requer cerca de 70 kg de solo e 10 kg de cimento que será utilizado na obra.

a) *Ensaaios*

- Preparação de Amostra de Solo para Ensaio de Compactação e Ensaio de Caracterização (NBR 6457);
- Determinação da Massa Específica dos Grãos de Solos (NBR 6508);
- Solo - Determinação do Limite de Liquidez (NBR 6459);
- Solo - Determinação do Limite de Plasticidade (NBR 7180);
- Solo - Análise Granulométrica (NBR 7181);
- Ensaio de Compactação de Solo-Cimento (NBR 12023);
- Moldagem de Corpos-de-Prova de Solo-Cimento (NBR 12024);
- Ensaio à Compressão de Corpos-de-Prova de Solo-Cimento (NBR 12025);
- Ensaio de Durabilidade por Molhagem e Secagem (NBR 13554);
- Ensaio de Absorção d'Água de Corpos-de-Prova de Solo-Cimento (NBR 13555);
- Ensaio de Variação Volumétrica de Corpos-de-Prova de Solo-Cimento (NBR 13554).

NOTAS:

- classificação do solo segundo a AASHTO (M-145);

- ☑ na compactação, sugere-se usar o teor de cimento em massa(*) de 6%;
- ☑ moldam-se 18 corpos-de-prova, no cilindro normal, com os teores de cimento em massa de 4%, 6% e 8% (seis corpos-de-prova para cada teor, sendo três para o ensaio à compressão, um para o ensaio de durabilidade por molhagem e secagem, um para o ensaio de absorção de água e um para o ensaio de variação volumétrica);
- ☑ a cura dos corpos-de-prova deve ser feita em câmara úmida, durante 7 dias, após o que serão ensaiados;
- ☑ o valor de absorção d'água do corpo-de-prova, após o período de cura é obtido pela expressão:

$$A = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100$$

em que:

A = absorção d'água, em porcentagem;

M_1 = massa do corpo-de-prova seco em estufa, à temperatura de 105°C a 110°C, até constância de massa;

M_2 = massa de corpo-de-prova após 24 horas de imersão em água;

- ☑ o valor da variação volumétrica do corpo-de-prova é obtido pela expressão:

$$V_v = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times 100$$

em que:

V_v = variação volumétrica, em porcentagem;

V_1 = volume inicial do corpo-de-prova medido logo após a moldagem;

V_2 = volume do corpo-de-prova medido imediatamente após a retirada do corpo-de-prova da imersão ou da estufa, no 1º, 3º e 6º ciclo do ensaio de durabilidade por molhagem e secagem (pelo menos nestes).

Os valores do diâmetro e da altura para o cálculo de V_1 e V_2 devem ser as médias de, pelo menos, três determinações.

(*) Teor de cimento em massa é a relação entre a massa de cimento e a massa de solo seco.

b) *Interpretação dos resultados*

A NBR 13553 – *Materiais para emprego em parede monolítica de solo-cimento sem função estrutural* fixa as condições exigíveis para os materiais a serem empregados bem como os requisitos para a dosagem do solo-cimento, descrito a seguir.

Será adotado o menor dos teores que satisfaça simultaneamente os requisitos mencionados a seguir, sendo permitida a interpolação dos resultados:

(a) a resistência média à compressão simples, aos 7 dias, deve ser igual ou maior que 1,0 MPa (10 kgf/cm²);

(b) a perda de massa, após o 6º ciclo do ensaio de durabilidade por molhagem e secagem, não deve ser superior aos seguintes limites:

- Solos A1, A2-4, A2-5 e A3 14%
- Solos A2-6, A2-7, A4 e A5 10%
- Solos A6 e A7 7%

(c) o teor de absorção d'água, após 7 dias de cura e 24 horas de imersão, deve ser menor ou, no máximo, igual a 20%;

(d) a variação volumétrica, medida após o 1º, 3º e 6º ciclo do ensaio de durabilidade por molhagem e secagem, em corpos-de-prova moldados especialmente para esse fim, deve ser menor ou, no máximo, igual a 1%.

c) *Determinação do traço volumétrico*

A transformação do teor de cimento em massa para o traço volumétrico de 1: T (cimento:solo) é calculada pela fórmula.

$$T = \frac{\gamma_c}{\gamma_{ss} \cdot C_m}$$

em que:

γ_c = massa específica aparente do cimento solto (kg/m^3);

γ_{ss} = massa específica aparente seca do solo solto (kg/m^3);

C_m = teor de cimento em massa (%);

T = volume de solo.

Em dosagem volumétrica para um saco de cimento, pode-se adotar como massa específica aparente do cimento solto (γ_c) o valor de 1430 kg/m^3 ; quando não, a massa específica aparente do cimento solto deve ser determinada em cada situação, podendo variar de 900 kg/m^3 a 1430 kg/m^3 .

d) Determinação do consumo de cimento

O consumo de cimento por metro cúbico de solo-cimento compactado obtém-se calculando:

$$C_c = \frac{C_m}{1 + C_m} \cdot \gamma_{s \text{ máx}} \quad \text{ou} \quad C_c = \frac{\gamma_c \cdot \gamma_{s \text{ máx}}}{\gamma_{ss} \cdot T + \gamma_c}$$

em que:

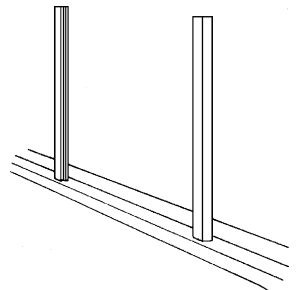
$\gamma_{s \text{ máx}}$ = massa específica aparente seca máxima do solo-cimento compactado (kg/m^3);

C_c = consumo de cimento por m^3 de solo-cimento compactado (kg/m^3).

5 DESCRIÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO

A parede monolítica de solo-cimento compactado compõe-se de painéis articulados horizontalmente entre si e moldados no local.

Na construção do painel, fixam-se duas guias verticais, bem apuradas, onde deslizam as fôrmas, presas entre si por parafusos. No espaço limitado pelas fôrmas e guias, compacta-se a mistura de solo e cimento, em camadas com altura igual ou inferior a 20 cm, até o completo enchimento da fôrma.



A desmoldagem é feita logo após a compactação, sendo as fôrmas em seguida fixadas para compactação do bloco imediatamente superior ao recém-moldado e assim sucessivamente, até completar-se a altura total da parede.

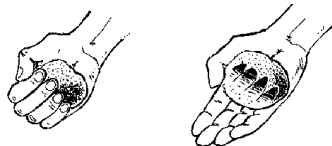
Quando se usam guias recuperáveis de madeira, estas são retiradas após a feitura do painel, utilizando-se este como guia para o painel seguinte.

No caso de paredes perpendiculares entre si, faz-se três rasgos verticais no painel já pronto; os dois rasgos externos guiam a fôrma e o do meio garante o encaixe responsável pela articulação do painel.

A mistura dos materiais pode ser manual ou mecânica. Para executá-la, adiciona-se o cimento ao solo, destorroado e peneirado, misturando-os até coloração uniforme. Se necessário, coloca-se água aos poucos, até que se obtenha uma mistura com a umidade adequada.

A verificação da umidade da mistura é feita com razoável precisão, da seguinte forma prática:

- a) toma-se um punhado da mistura e aperta-se energicamente entre os dedos e a palma da mão; ao se abrir a mão, o bolo deverá ter a marca deixada pelos dedos;



- b) deixa-se o bolo cair de uma altura aproximada de 1 m, sobre uma superfície dura; ele deverá esfarelar-se ao chocar-se com a superfície; se isto não ocorrer, a mistura estará muito úmida.



Durante a execução da parede faz-se o controle visual da mistura, que estará bem compactada quando o soquete não deixar marcas sobre a superfície.

A cura das paredes é feita molhando-as três vezes ao dia, durante sete dias, após compactadas. Em regiões de clima muito seco, é necessário que a molhagem seja mais intensa e freqüente.

6 RECOMENDAÇÕES BASEADAS NA EXPERIÊNCIA DO CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO (CEPED)

- a) A espessura da parede deve ser dimensionada em função de sua altura. Considerando sua esbelteza igual a 80, tem-se a seguinte relação:

$$d = 0,043 L$$

onde:

L = altura da parede (m);

d = espessura (m).

No caso de terrenos inclinados, onde o desnível entre partes da casa esteja acima de 1 m, basta aumentar apenas a espessura do baldrame.

- b) As paredes externas da edificação devem ser impermeabilizadas com tinta à base de pó mineral (*Supercimentol, Conservado P* etc.). Recomenda-se a construção de um passeio de solo-cimento com largura que possa garantir a proteção da fundação contra erosão provocada pela água da chuva que cai do telhado.
- c) A fundação e o contrapiso também podem ser feitos com solo-cimento. Para a fundação, basta compactar a mistura na cava, em camadas de espessura igual ou inferior a 20 cm.
- d) Logo após a conclusão do painel, procede-se ao acabamento, que consiste em: tirar com a colher de pedreiro as rebarbas que ficaram no encontro das fôrmas; tapar os furos deixados pelos parafusos; e, abrir os rasgos para passagem das tubulações, se for o caso.
- e) Para maior rendimento na construção, recomenda-se o uso de dois pares de fôrmas para cada par de guias. Após a compactação do bloco de parede correspondente à primeira fôrma, arma-se a seguinte e se executa o segundo bloco, retirando-se a primeira fôrma, que por sua vez será armada sobre a segunda. Este procedimento facilita a montagem das fôrmas e evita choques em cada bloco recém-compactado.
- f) Para traços volumétricos superiores a 1:18 (cimento:solo), recomenda-se o uso de equipamentos mecânicos para garantir a homogeneidade da mistura.

- g) A umidade da mistura deve ser igual à umidade ótima do solo-cimento, obtida no ensaio de compactação.
- h) Recomenda-se que as equipes sejam formadas por um pedreiro e seis serventes, com produção estimada em 10,5 m² de parede por dia. Para cada equipe usa-se dois pares de guias e quatro pares de fôrmas.
- i) Quanto a detalhes técnicos sobre solo-cimento para habitação, ver o *Manual de Construção com Solo-Cimento*, publicado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).



Sede:

Av. Torres de Oliveira, 76 - Jaguaré - 05347-902-São Paulo/SP
Tel.: (11) 3760-5300 - Fax: (11) 3760-5320
DCC 0800-0555776 - www.abcp.org.br

Escritórios Regionais:

Pernambuco	- Tel: (81) 3092-7070 - Fax: (81) 3092-7074
Distrito Federal	- Tel./Fax: (61) 3327-8768 e 3328-7776
Minas Gerais	- Tel./Fax: (31) 3223-0721
Rio de Janeiro	- Tel: (21) 2531-1990 - Fax: (21) 2531-2729
São Paulo	- Tel: (11) 3760-5374 - Fax: (11) 3760-5320
Paraná	- Tel: (41) 3353-7426 - Fax: (41) 3353-4707

Representações Regionais:

Ceará:	- Tel./Fax: (85) 3261-2697
Bahia	- Tel./Fax: (71) 3354-6947
Santa Catarina	- Tel./Fax: (48) 3322-0470
Rio Grande do Sul	- Tel./Fax: (51) 3395-3444
Mato Grosso e Mato Grosso do Sul	- Tel./Fax: (67) 3327-2480
Espírito Santo	- Tel./Fax: (27) 3314-3601