

## USO DE ADITIVO PLASTIFICANTE EM SOLO-CIMENTO PLÁSTICO PARA FABRICAÇÃO DE PAREDES MONOLÍTICAS

Ana Paula da Silva Milani<sup>(1)</sup>; Christian Souza Barboza<sup>(2)</sup>

(1) UFMS, e-mail: ana.milani@ufms.br

(2) UFMS, e-mail: eng.christian.barboza@hotmail.com

### Resumo

*Na linha de trabalho da otimização das estruturas das edificações para que estas consumam uma menor quantidade de energia e produzam menores resíduos poluentes durante a fase de sua construção e sua utilização, a presente pesquisa estudou a potencialidade do uso do solo-cimento plástico na fabricação de paredes monolíticas de vedação, de forma a desenvolver misturas com adequada plasticidade para seu lançamento em fôrmas sem a necessidade de compactação e/ou de adensamento. Para tal, pesquisou-se misturas de solo-cimento plástico através dos traços 1:10 e 1:12 (cimento:solo, em massa), sendo a quantidade de água estabelecida pelo uso do parâmetro trabalhabilidade "slump test" para concretos bombeáveis na altura de abatimento igual 100 mm. Nestas misturas para atingirem consistência adequada de bombeamento e posterior resistência mecânica apropriada para composição de vedações verticais foi adicionado as mesmas aditivo plastificante nas proporções de 0%, 0,65% e 0,80% (% em relação a massa de cimento). Foram realizados os ensaios de abatimento do tronco de cone para verificação do desempenho no estado fresco bem como os ensaios de compressão axial, diametral e de índices físicos para o desempenho no estado endurecido. Os resultados acerca do material solo-cimento plástico mostraram que o traço 1:12 (solo:cimento) com adição de 0,65% de aditivo plastificante possui trabalhabilidade ideal para lançamento em fôrmas sem a necessidade de compactação e características físico-mecânicas adequadas para atender as solicitações usuais de paredes monolíticas.*

**Palavras-chave:** resistência, trabalhabilidade, solo-cimento.

### Abstract

*In this line of work combined with optimization of the structures of the buildings so that they consume a smaller amount of energy and produce less polluting waste during the construction and use, this study investigated the potential use of cement soil in plastic manufacturing sealing rammed wall in order to develop plasticity mixtures with suitable for release into molds without the need for compaction and / or density. To this end, mixtures of surveyed cement soil through the plastic traces 1:10 and 1:12 (cement: soil by weight), and the amount of water established by use of the workability "slump test" for the specific pumpable height allowance equal to 100 mm. In these mixtures to achieve consistency suitable for pumping and subsequent mechanical strength suitable for vertical sealing composition has been added the same additive plasticizer in proportions of 0%, 0.65% and 0.80% (% of the mass of cement). Assays were performed abatement of the truncated cone to check performance in fresh state and the tests axial compression diametral and to the physical performance levels in the hardened state. The results on the plastic cement soil material showed the characteristic 1:12 (cement: soil) at addition of 0.65% additive plasticizer has optimal workability for release in molds without compaction and physical-mechanical characteristics suitable for meet the usual demands of rammed walls.*

**Keywords:** strength, workability, cement soil.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente as pesquisas na área de solo-cimento para fins de vedação, realizadas em meio acadêmico, estão direcionadas a produção de blocos vazados utilizando a técnica de prensagem. Existem também outras linhas, como a utilização de solo-cimento plástico em fundações ou a produção de argamassas de solo-cimento.

O princípio usado até hoje para atribuir resistência a uma determinada mistura de solo, cimento e água, consiste basicamente em variar quantidade destes elementos, e após a aplicação da mistura há a retirada de água por compactação. Neste trabalho, utilizou-se a tecnologia que visa à utilização de solo-cimento plástico na fabricação de estruturas de vedação não-portantes, ou seja, misturas de solo-cimento-água com adequada plasticidade para seu lançamento em fôrmas sem a necessidade de compactação e/ou de adensamento.

Segundo Andrade Filho (1989), o solo-cimento pode ser classificado em duas categorias: SCC (solo-cimento compactado) e SCP (Solo-cimento plástico). No caso do SCC, a água deve ser adicionada em quantidade suficiente, de modo que possibilite compactação máxima e ocorrência das reações de hidratação do cimento. No caso do SCP, a água é adicionada até que se obtenha um produto de consistência plástica similar a de uma argamassa de emboço.

Segantini (1994), utilizando um solo A4, realizou ensaios de compressão simples em corpos de prova de SCC e de SCP. Seguiu-se, para o caso do SCC, as prescrições da NBR 12024 (Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos). No caso do SCP, foram confeccionados corpos de prova cilíndricos, com diâmetro de 15 cm e altura de 30 cm, os quais foram moldados no campo, no momento da sua aplicação, seguindo-se as recomendações da NBR 5738 (Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto). Os ensaios de compressão simples mostraram que o material apresenta resistência suficiente para ser aplicado em elementos de fundação, principalmente em estacas moldadas in loco em que, a favor da segurança, conta-se ainda com o efeito do confinamento provocado pelo solo. Para o SCC, em média, obteve-se resistência de 4,88 MPa aos 28 dias, enquanto que para o SCP o valor médio obtido na mesma idade foi de 3,95 MPa.

Para a aplicação do solo-cimento plástico como elemento construtivo com uma possível aplicação em estruturas de vedação é necessário mensurar os parâmetros de trabalhabilidade semelhantes aos verificados para o concreto. Este material irá ser aplicado de forma semelhante ao de lançamento de concreto fresco, e o seu processo construtivo exige níveis de trabalhabilidade que atendam os requisitos exigíveis de acabamento e principalmente resistência.

A utilização do solo cimento plástico aperfeiçoa o processo de construção de estruturas para vedação, pois a sua composição permite que em um curto prazo de tempo sejam fabricadas paredes e demais estruturas, podendo-se utilizar o processo de bombeamento até então empregado para a fabricação de peças de concreto que envolva volumes expressivos deste material, tais como: lajes, vigas e paredes.

Assim, no presente trabalho estudou-se a influência da adição de aditivo plastificante na mistura solo-cimento-água para o alcance de uma trabalhabilidade adequada para que o material solo-cimento plástico possa ser lançado em fôrmas sem a necessidade de posterior compactação e aplicação de adensamento similar ao do concreto.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O solo foi oriundo de uma jazida da cidade de Campo Grande-MS, com características predominantes de solo arenoso, seco ao ar, destorreado e peneirado na malha 4,8 mm. O cimento Portland utilizado neste trabalho foi o CP II E 32, da marca Cauê. O aditivo plastificante utilizado foi da fabricante Rheoset do tipo Tec Mult 828, marca comum no mercado local. Para este trabalho foi utilizado um único recipiente – amostra – a mesma foi mantida em local seco e protegido da luz solar. Nome Químico: Lignosulfonatos / N°. CAS: 68411-77-8 / Faixa de Concentração (%): 31,0.

### 2.1 – Estudo de Dosagem

Foram realizados estudos preliminares com diferentes misturas de solo-cimento plástico, com e sem o uso de aditivo. Estudou-se o comportamento de 6 diferentes misturas: 1:10 e 1:12 – sem aditivos – usados como testemunhas. E os traços 1:10 com 0,65% e 0,80% de aditivo em massa com relação ao aglomerante e ainda os traços 1:12 com 0,65% e 0,80% de aditivo. A quantidade inicial de água a ser adicionada às misturas alicerçou-se nos ensaios de caracterização do solo, mais especificamente, no ensaio de índices físicos, onde se encontrou o limite de plasticidade para o solo em questão. Com o valor do limite de plasticidade, subtraiu-se o valor da umidade natural do solo e adicionou-se água até que se atingisse o valor de umidade igual ao limite de plasticidade, considerado o mínimo de água para atingir trabalhabilidade adequada a lançamento do solo-cimento plástico em fôrmas.

Em um misturador foram misturados os materiais nas devidas proporções e foi-se adicionando água em pequenas porções. Nos traços com aditivo, este foi dissolvido em uma pequena porção de água, antes de ser adicionada a mistura (500 ml de água).

Durante o processo de homogeneização foram realizados ensaios de trabalhabilidade, “Slump Test” para a obtenção de uma altura de abatimento igual a 10 cm.

O parâmetro para o ensaio de trabalhabilidade, a altura de abatimento igual 100 mm foi definido para que fosse aferido, ao produto final, a possibilidade de bombeamento, com base na orientação de um fabricante de aditivos (Vedacit, 2008).

Logo, utilizou-se o procedimento pelo qual se determina a consistência de concretos pelo abatimento do tronco de cone. O método é aplicável à determinação em laboratório ou em canteiro de obra; a concretos que apresentam abatimento igual ou superior a 100 mm, como resultado do presente método de ensaio, e a concretos cujo diâmetro máximo do agregado seja igual ou inferior a 38 mm, este processo foi empregado a fabricação de solo-cimento plástico, devido a sua semelhança construtiva como concreto, especificamente, no processo de lançamento e cura.

Alcançada a trabalhabilidade almejada, foram moldados 3 corpos de prova cilíndricos (CP's de dimensões: 100x200mm) para cada traço. Seguiu-se o processo descrito na NBR 5738 (ABNT, 1994) - moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto.

### 2.2 – Ensaio de compressão simples

Os CP's foram cobertos com plástico celofane e após 24h desmoldados. Os mesmos foram levados para a câmara úmida e após 7 dias foi realizado o ensaio de resistência a compressão simples de forma semelhante à norma NBR 12025 (ABNT, 1990), sendo, porém, excluída a fase de imersão dos corpos-de-prova em água, antes do rompimento.

Para a definição do traço a ser trabalhado levou-se em conta 2 fatores preponderantes, menor consumo de cimento e resistências superiores aos definidos na Tabela 1 ( Lima, 2010).

Tabela 1. Limites especificados para controle de qualidade de paredes monolíticas e tijolos de solo-cimento.

CARACTERÍSTICA	Tijolos de solo-cimento NBR 10836	Parede monolítica de solo-cimento NBR 13553
Resistência à compressão simples (28 dias)	$\geq 2,0$ MPa	-
Resistência à compressão simples (7 dias)	-	$\geq 1,0$ MPa
Absorção de água	$\leq 20$ %	$\leq 20$ %

Com a definição do traço a ser trabalhado, 1:12 com 0,65% de aditivo e 22,98% de umidade, foi realizado o processo de produção e moldagem dos CP's, processo este, semelhante ao de estudo de traço. Foram moldados 9 CP's para realização de ensaio de compressão axial nas idades de 7, 14 e 28 dias.

Para que houvesse parâmetros para comparação de possíveis ganhos de resistência, foram moldados também 9 CP's com o traço 1:12 para obtenção de suas resistências nas idades de 7, 14 e 28 dias. Os ensaios foram realizados segundo a NBR 12025 (ABNT, 1990) que regulamenta a execução de ensaios de compressão simples de corpos de prova cilíndricos para solo-cimento.

### 2.3 - Ensaio de compressão diametral

Foi realizado o processo de produção e moldagem dos CP's, processo este, semelhante ao realizado para o ensaio de compressão axial. Foram moldados 6 CP's para realização de ensaio de compressão diametral nas idades de 7 e 14 dias.

Para que houvesse parâmetros para comparação de possíveis ganhos de resistência, foram moldados também 6 CP's com o traço (1:12), para obtenção de suas resistências na idade de 7 e 14 dias. O ensaio foi realizado segundo a norma NBR 7222 (ABNT, 1994), determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.

### 2.4 - Ensaio de absorção de água e índice de vazios

Os ensaios de absorção de água aplicados aos corpos-de-prova cilíndricos de misturas de solo-cimento com 0,65% de aditivo foram realizados nas idades de 7, 14 e 28 dias após a moldagem. A finalidade deste procedimento foi avaliar a relação entre o ganho de resistência e a diminuição de absorção, e verificar o atendimento dos valores de absorção aos limites especificados pela norma NBR 8492 (ABNT, 1984) para a utilização de solo-cimento como elemento construtivo. Já o índice de vazios foi realizado de acordo com a norma NBR 9778 (ABNT, 2005).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 – Estudo de dosagem

TABELA 2 - Quadro Resumo da Distribuição Granulométrica do Solo.

ARGILA: 20 %	SILTE: 3 %	FINA: 76%	MÉDIA: 1 %	GROSSA: 0 %	PEDREGULHO: 0 %
--------------	------------	-----------	------------	-------------	-----------------

TABELA 3 - Resultados da Caracterização do Solo.

<b>Características físicas</b>	<b>Resultados</b>
Massa específica dos Sólidos (g/cm <sup>3</sup> )	2,84
Limite de Liquidez (%)	16
Índice de Plasticidade (%)	NP
Material que passa #4,8 mm (%)	100
Material que passa #0,075 mm (%)	20
Classificação	A2-4

TABELA 4 – Composição das misturas de solo-cimento plástico com abatimento de 100 mm.

<b>Traços</b>	<b>Quant. Cimento em massa.</b>	<b>Quant. Solo em massa.</b>	<b>Quant. de aditivo (%)</b>	<b>Quant. de água em relação à massa solo-cimento (%)</b>
SCS1/10	1	10	0	24,11
SCS1/12	1	12	0	24,25
SCA1/10-0,65%	1	10	0,65	23,97
SCA1/12-0,65%	1	12	0,65	22,92
SCA1/10-0,80%	1	10	0,80	23,00
SCA1/12-0,80%	1	12	0,80	22,97

TABELA 5 - Ensaio de compressão simples de corpos-de-prova de solo cimento plástico estudo de dosagem.

<b>TRAÇOS</b>	<b>TENSÃO MÉDIA (MPa) 7 dias</b>	<b>D.P.</b>	<b>C.V</b>
SCS1/10	<b>0,88</b>	0,10	11,04
SCS1/12	<b>0,52</b>	0,09	17,67
SCA1/10-0,65%	<b>1,32</b>	0,10	17,06
SCA1/12-0,65%	<b>1,00</b>	0,06	6,93
SCA1/10-0,80%	<b>1,54</b>	0,06	4,07
SCA1/12-0,80%	<b>1,17</b>	0,02	1,57

O estudo de dosagem demonstrou que as resistências aos 7 dias são fortemente influenciadas pelo processo de fabricação. Para as misturas com maiores índices de homogeneidade foram verificados os maiores valores de resistência a compressão simples. O traço trabalhado contendo solo:cimento:0,65% de aditivo apresentou valores resistências aos 7 dias superiores aos parâmetros afixados como mínimos na norma. Sem o uso de aditivo, o mesmo traço apresentou em seus resultados valores inferiores aos mínimos requisitados em norma, com relação ao quesito resistências iniciais (aos 7 dias).

Segundo o operador, a massa contendo aditivo apresenta maior facilidade de trabalho e melhores acabamentos finais, pois, segundo o mesmo, os corpos de prova confeccionados apresentaram melhores resultados quanto ao adensamento (adensamento manual).

Observou-se ainda, que a mistura é bastante sensível a adição de água, havendo mudanças bruscas de consistência quando adicionados pequenos volumes do líquido. A linha tênue que divide a mistura com pouca fluidez da mistura sem coesão aceitável é alcançada verificando-se rigorosamente os índices de umidade pré-definidos.

### 3.2 – Caracterização físico-mecânica do solo-cimento plástico com aditivo

TABELA 6 - Ensaio de compressão simples de corpos-de-prova de solo cimento plástico.

TRAÇOS	TENSÃO MÉDIA (MPa) 7 dias			TENSÃO MÉDIA (MPa) 14 dias	TENSÃO MÉDIA (MPa) 28 dias		
	D.P.	C.V		D.P.	C.V		
SCS1/12	0,47	0,04	7,87	0,71	0,10	13,68	0,98
SCA1/12-0,65%	1,21	0,0	0,0	1,60	0,11	7,05	2,30

TABELA 7 - Ensaio de compressão diametral de corpos-de-prova de solo cimento plástico.

TRAÇOS	TENSÃO MÉDIA (MPa) 7 dias			TENSÃO MÉDIA (MPa) 14 dias	TENSÃO MÉDIA (MPa) 28 dias		
	D.P.	C.V		D.P.	C.V		
SCS1/12	0,69	0,09	13,32	1,38	0,09	6,67	
SCA1/12-0,65%	0,98	0,05	4,68	1,67	0,01	0,55	

Nas Tabelas 6 e 7, pode-se observar que o ganho de resistência aferido ao traço com aditivo é mais acentuado comparando-se ao mesmo traço sem a adição. A mistura por apresentar menores índices de variabilidade, ou seja, com maior homogeneidade, apresentou valores superiores de resistências, em todas as idades com relação aos valores obtidos na fase de pesquisa de traços para as misturas com 0,65% de aditivo. Para o traço sem aditivo, os valores de resistência permaneceram praticamente os mesmos, já que os índices de variabilidade foram próximos aos observados na fase inicial.

TABELA 8 - Ensaio de Absorção de Água de corpos-de-prova de solo cimento plástico com aditivo.

COMPONENTES	TRAÇOS	Absorção de água (%)		
		7 dias	14 dias	28 dias
SCS1/12	MÉDIA	19,32	19,01	18,62
	D. P.	0,57	0,17	0,74
SCA1/12-0,65%	MÉDIA	18,59	18,22	17,83
	D. P.	0,32	0,76	0,43

TABELA 9 - Índice de vazios de corpos-de-prova de solo cimento plástico com aditivo.

TRAÇOS	Valores Calculados	Absorção (%)	Índice de vazios (%)	Massa específica seca (g/cm <sup>3</sup> )
SCS1/12	MÉDIA	19,80	30,99	1,57
	D. P.	0,11	0,23	0,02
SCA1/12-0,65%	MÉDIA	18,92	27,68	1,46
	D. P.	0,10	0,13	0,00

A Tabela 8 e 9 revela a situação de vazios dentro dos corpos de prova com o uso de um aditivo plastificante, que tem a função básica de reduzir a água, mantendo-se a mesma plasticidade, vê-se que a relação água/cimento é reduzida, possibilitando que o aglomerante forme uma rede de cristais bastante próxima, reduzindo-se os vazios intra-moleculares.

#### 4 RECOMENDAÇÕES

O estudo de dosagem das misturas de solo, cimento e aditivo mostrou que o alcance da trabalhabilidade e resistências iniciais e finais dependem de uma relação íntima e adequada destes componentes. Nesta pesquisa, verificou-se que os traços contendo aditivos apresentaram valores sensivelmente superiores de resistência a tração e compressão, aos traços que não continham essa substância. Os índices de durabilidade foram mais favoráveis para os traços contendo aditivo.

O traço contendo 1 parte de cimento para 12 partes de solo com 0,65% de aditivo plastificante e relação água-cimento igual a 2,98 apresentou valores de resistências e absorção de água dentro dos limites da norma e o seu uso é indicado, pois, o consumo de cimento é reduzido, comparando-se ao traço contendo uma parte de cimento e 10 partes de solo.

Nota-se que no processo de dosagem, a mistura que não contém aditivo apresenta uma grande sazonalidade no que diz respeito ao alcance da trabalhabilidade almejada, devendo-se tomar cuidado redobrado na adição de água.

Para regiões com o clima quente e seco, como é caso da região Centro-Oeste, onde foram realizados os testes, a mistura deverá ser exposta o mínimo possível, tanto em seu processo de fabricação como no processo de cura, pois a perda de água por evaporação é intensa.

Para a fabricação deste material, é indispensável à caracterização dos materiais envolvidos, principalmente o solo. Para a fabricação em larga escala, recomenda-se que se faça uma estimativa do potencial de fornecimento da jazida de solo, para que não haja a mistura de solo de jazidas diferentes. É aconselhável ainda, que não haja trocas nos operadores, responsáveis pela dosagem do material.

Contudo, a aplicação deste objeto de estudo em paredes monolíticas não portantes é possível, observando-se outros parâmetros, como a retração e processos construtivos.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE FILHO J. Reforço de solos com utilização de tubulões em solo-cimento. Dissertação de Mestrado, EESC-USP, São Carlos, 1989, 190p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12024**: Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: Argamassa e concreto - Determinação da resistência à tração por compressão. Rio de Janeiro, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12025**: Solo-cimento - Ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13555**: Solo-cimento - Determinação da absorção d'água. Rio de Janeiro, 1996.
- CARVALHO, D.; PERES, J.E.E.; SEGANTINI, A. A. S.; MENEZES, S. M. Campo Experimental para estudos de Mecânica dos Solos e Fundações em Ilha Solteira-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 11 , Brasília, ABMS, Anais , Brasília, v. 1, p. 143-148.
- SEGANTINI, A.A.S. Utilização de solo-cimento em estacas apiloadas para obras de pequeno porte. Dissertação de Mestrado, FEAGRI, UNICAMP, Campinas, SP, 1994. 96p.
- VEDACIT. Manual de Aditivos – Argamassas e Concreto - VEDACIT Indústria e Comércio de Aditivos Ltda. Disponível em: <http://www.vedacit.com.br/infoteca/biblioteca/1160-manuais-tecnicos>. Acesso em: dezembro, 2011.