

Caracterização de jazidas para construção de habitações populares, com solo-cimento, em Santa Maria

Characterization of beds for construction of popular houses, with soil-cement, in Santa Maria

Rinaldo J.B. Pinheiro¹, José Mario D. Soares² & Telmo Luiz Buriol³

1 Departamento de Transporte, UFSM, Santa Maria, RS, rinaldo@ct.ufsm

2 Departamento de Transporte, UFSM, Santa Maria, RS, jmario@ct.ufsm

3 Prefeitura Municipal de Estrela Velha, RS, tlburiol@terra.com.br

RESUMO: Este estudo indicou a possibilidade de desenvolver a técnica construtiva com solo-cimento, visto a presença de solos arenosos na região de Santa Maria-RS. Foram retiradas amostras de solos de 6 jazidas, representando as formações geológicas mais aptas ao uso. Destas, apenas as quatro jazidas da formação Santa Maria (Arenito Basal) apresentaram resultados satisfatórios. Os melhores resultados foram obtidos quando o solo apresentou entre 70-85% de areia não uniforme e de grãos maiores, com presença de argila entre 5-10% e de silte não superior a 20%, bem como $IP < 20$. Para tanto foram estudados traços, em peso, de 1/10, 1/12, 1/14 e 1/16, de cimento em relação ao solo, considerados viáveis para produção de tijolos maciços. Ao final constatou-se que apenas a areia média grossa das jazidas Minuano e Cohab Santa Marta, no traço de 1/10, produziram resultados satisfatórios para a produção de tijolos, considerando-se cura por 7 dias, embora todos os materiais apresentassem, com folga, absorções abaixo das máximas permitidas.

ABSTRACT: This research pointed the possibility to develop the constructive technique with soil-cement, sees the presence of sandy soils in the city. Then samples of soils of 6 lied were removed, representing the geological formations that indicated more aptitude to the use. Of these, just the four beds of the formation Santa Maria (Basal sandstone) they presented results capable to promote the use. In this work it was observed resulted best when there were presents in the soil among 70-85% of sand, preferably non uniform and of larger grains, with clay presence among 5-10% and of silt non superior to 20%, as well as $IP < 20$. For so much they studied lines, in weight, of 1/10, 1/12, 1/14 and 1/16, of cement in relation to the soil, these considered viable for production of solid bricks. At the end it was verified that the line of 1/10 just produced satisfactory results for the production of bricks, being considered cures for 7 days, although all the materials presented with rest absorptions below the allowed maxims.

1. INTRODUÇÃO

A moradia é uma das necessidades básicas e fundamentais do homem. Contudo, nem sempre vem sendo possível atender a essa necessidade de forma satisfatória e com um mínimo de dignidade.

No Brasil, o atendimento das mínimas condições de moradia para as camadas da população de menor poder aquisitivo não foi ainda solucionado. Atualmente, a demanda de moradias populares continua crescendo com velocidade superior à capacidade de produção de novas unidades habitacionais.

Assim, a busca de novas soluções tem levado, via de regra, a saltos para níveis superiores da tecnologia, que nem sempre permitem a redução efetiva do custo final para o usuário, tornando a habitação popular cada vez menos acessível às classes mais necessitadas da população.

A questão da habitação popular brasileira exige soluções de tecnologia mais simples, compatíveis com a conjuntura econômica atual e com a realidade brasileira. Uma dessas soluções alternativas de baixo custo e de fácil implementação é o *solo-cimento*.

A melhoria das propriedades de um solo é, provavelmente, a mais antiga, porém do ponto de vista técnico, ainda é a mais intrigante técnica entre todos os métodos construtivos comuns de Engenharia Civil. Há mais de 3.000 anos, solos melhorados já eram usados na construção de templos na Babilônia. Também nesse período, os chineses usavam madeira, bambu e palha para reforçar solos. O solo natural é um material complexo e variável, porém devido à sua abundância e baixo custo oferece grandes oportunidades de emprego na engenharia.

Solo-cimento é um material endurecido, resultante da mistura homogênea e compactada de solo, cimento e água em proporções adequadas, obtidas de ensaios específicos ou determinadas pela experiência local.

O produto assim obtido apresenta boas características quanto à resistência à compressão, durabilidade e impermeabilidade, além de baixa retração volumétrica, quando submetido à cura adequada.

Para tanto se motivou um estudo das possibilidades de colocar à disposição destas pessoas uma técnica construtiva, de fácil assimilação, que pudesse agregar fatores possíveis de alcançar o objetivo da construção de casas populares adequadas a um padrão aceitável, e de baixo custo, aproveitando a própria mão-de-obra dos beneficiados e materiais disponíveis próximos aos locais de implantação destas moradias.

No município de Santa Maria se encontram formações geológicas que apresentam materiais arenosos, aos quais se denota aptidão ao aproveitamento através da estabilização por solo-cimento. Logo, surgem os objetivos deste trabalho, quais sejam, identificar as diversas formações geológicas que expressem possibilidade de aproveitamento e caracterizar e ensaiar estes solos na fabricação de tijolos de solo-cimento a fim de identificar, ao final, quais deles são capazes de produzir elementos com características adequadas e de menor custo de produção.

O estudo desenvolveu-se através da caracterização de jazidas de solos na região (ensaios granulométricos, massa específica, limites de consistência), classificação geotécnica dos solos (HRB e SUCS), compactação com e sem cimento, moldagem e ruptura de corpos de prova cilíndricos com vários traços de solo-cimento, além da moldagem em prensa manual e ensaios de tijolos de solo-cimento.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste item abordará a conceituação básica sobre tijolos e blocos prensados de solo-cimento e paredes monolíticas que são as duas técnicas mais comuns de construção de moradias com solo-cimento.

2.1 Tijolos e blocos prensados de solo-cimento

O tijolo de solo-cimento constitui uma das alternativas para a construção de alvenaria (foto 1). Este elemento, após pequeno período de cura, garante resistência à compressão simples similar à dos tijolos cerâmicos, sendo a resistência tanto mais elevada quanto maior for a quantidade de cimento empregada [20].

Em estudos e pesquisas realizadas pelo Banco Nacional da Habitação (BNH) – Departamento de Estudos e Pesquisas Aplicadas (DEPEA) verificou-se que este tipo de construção tem como vantagens: utilizar o próprio solo local e no canteiro de obras, reduzindo ou eliminando o custo do transporte; a regularidade de suas formas, isto é, a planeza e a lisura de suas faces requerem argamassas de assentamento e revestimento de espessura mínima e uniforme; pode dispensar o uso de revestimento, desde que protegido da ação direta da água; não consome combustível na fabricação por dispensar a queima além de utilizar basicamente mão de obra não especializada. O levantamento de paredes de tijolos ou blocos de solo-cimento obedece aos mesmos procedimentos utilizados para tijolos e blocos comuns.

A escolha do equipamento de fabricação (manual ou hidráulico) dependerá da produção diária exigida para o andamento normal da obra. Enquanto uma prensa manual fabrica, em média, 2000 tijolos/dia, a hidráulica poderá fabricar 15.000 tijolos/dia. Evidentemente, o custo inicial da máquina hidráulica, bastante superior ao da manual, deverá ser compensado pelo volume, preço e prazo de entrega [1 e 21].

Para a fabricação dos tijolos e blocos, a mistura fresca de solo-cimento deve ser colocada nos moldes e, a seguir, prensada. Logo após a secagem, os tijolos ou blocos são retirados e empilhados em local coberto, onde, durante os primeiros sete dias, deverão ser mantidos úmidos, por meio de sucessivas molhagens, com a finalidade de garantir a cura adequada.



Foto 1. Construção de habitação residencial com uso de tijolos de solo-cimento.

O tijolo ou bloco de solo-cimento, depois de curado, tem alta resistência à compressão simples e baixa absorção d'água. A resistência é tanto mais elevada quanto maior for a quantidade de cimento empregada. Esta resistência, no entanto, deve ser limitada a um teor ideal, que confira ao tijolo ou bloco curados a necessária qualidade, sem elevação desnecessária do custo do produto final.

2.2 Paredes monolíticas de solo-cimento

O solo-cimento compactado em paredes monolíticas constitui uma das alternativas de construção habitacional (foto 2). A parede de solo-cimento, executada conforme as recomendações, garante resistência à compressão simples e choques mecânicos da mesma ordem de grandeza que as de alvenaria convencional [20].

Em estudos e pesquisas realizadas pelo Banco Nacional da Habitação (BNH) – Departamento de Estudos e Pesquisas Aplicadas (DEPEA) verificou-se que este tipo de construção tem como grande vantagem a de utilizar o próprio solo local, reduzindo ou evitando o custo do transporte, dispensando o uso do revestimento, utilizando mão de obra não especializada e reduzindo em torno de 40% o custo das paredes, quando comparada com as alvenarias convencionais.

Para levantamento das paredes monolíticas de solo-cimento é necessário o uso de guias. A guia é uma peça de madeira (reaproveitável) ou de concreto (incorporada à parede), com uma das dimensões correspondente à espessura da parede, geralmente de 12 a 15cm. Alinhadas e prumadas as guias, fixam-se as fôrmas (normalmente de madeira) com parafusos apropriados [1 e 21].

Coloca-se então a mistura fresca em camadas de 20cm (no máximo) compactando-as com soquetes

de madeira, admitindo-se um período máximo de uma hora para a compactação, sempre garantindo que a mistura esteja na umidade adequada. Antes de se lançar uma nova camada deverá ser feita a escarificação da camada anterior, garantindo uma perfeita aderência entre elas.

A retirada das fôrmas é imediata. O solo-cimento compactado tem resistência suficiente para a montagem e a colocação de outra fôrma sobre ele. A tubulação poderá ser aparente ou embutida (o rasgo na parede é feito no solo-cimento recém-compactado). É necessário molhar as paredes já compactadas três vezes ao dia, durante uma semana, período que corresponde à cura do material. Esse procedimento garantirá a ausência de trincas e a qualidade final desejada.



Foto 2. Construção de habitação residencial com paredes monolíticas de solo-cimento (Cohab Santa Marta, Santa Maria)

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta pesquisa teve como etapas o estudo de escritório, a investigação de campo, a retirada de amostras e os ensaios de laboratório [19].

3.1 Estudo de Escritório

O estudo preliminar de escritório baseia-se, principalmente, na Carta Geotécnica de Santa Maria [23], e em informações quanto à caracterização anterior de solos da região. Foi também utilizado nesta fase o trabalho pioneiro de Maciel Filho [24] na identificação, caracterização e mapeamento geotécnico das formações sedimentares da região de Santa Maria, além da Carta Topográfica do Ministério do Exército –

Diretoria de Serviço Geográfico, folha de Santa Maria –SE na escala 1:25.000.

Deste estudo, identificou-se a Formação Santa Maria (Arenito Basal – Membro Passo das Tropas) como sendo a mais propícia a apresentar solos com bom comportamento para uso como solo-cimento, porém, também, se fez necessária a análise de outras formações para, assim, caracterizá-las ao mesmo fim.

3.2 Investigação de Campo

Na investigação de campo, aproveitaram-se locais onde houve a intervenção do homem, com formação de taludes pela remoção de parte das camadas de solos ou horizontes e/ou simplesmente a movimentação superficial que descobre o horizonte C, o qual pode apresentar solo passível de aproveitamento. Sendo assim, foram escolhidas 6 jazidas diferentes para o presente estudo, onde quatro destas julgam-se enquadradas na Formação Santa Maria, possivelmente oriundas do Arenito Basal. Os locais das jazidas foram escolhidos levando-se em conta, principalmente, a facilidade de acesso, preferencialmente próximas às rodovias e não muito distantes da Fazenda Santa Marta.

3.3 Retirada de Amostras

Para o presente trabalho foram coletas amostras deformadas de 15 solos, que são obtidas a partir da simples identificação das camadas de cada horizonte num perfil de corte, onde, depois da retirada do material superficial (mais ressecado), se faz a coleta de uma quantidade necessária para a realização dos ensaios de laboratório. Nesta coleta obtém-se material homogêneo, característico de cada camada, evitando-se de recolher material das zonas de transição e misturas de materiais de horizontes ou camadas diferentes.

Os equipamentos utilizados nesta etapa foram pás, picaretas, espátulas, sacos plásticos, etiquetas e trados manuais. Procurou-se adotar na coleta de solo no campo os procedimentos recomendados por Lemos e Santos [22].

3.4 Ensaios de Laboratório

Os seguintes ensaios de caracterização foram realizados a partir de amostras deformadas, preparadas da mesma forma que para os ensaios de compactação (de acordo com a ref. [3]):

granulometria por peneiramento e sedimentação com e sem utilização de defloculante [8], determinação do limite de liquidez [4], determinação do limite de plasticidade [7], determinação da massa específica [6].

Para identificação e classificação dos solos adotaram-se dois sistemas de classificação. Utilizou-se o sistema proposto pela H.R.B. (Highway Research Board) e o sistema denominado de S.U.C.S (Sistema Unificado de Classificação dos Solos).

Depois de classificados, foram identificados os solos mais aptos a desenvolver produtos adequados ao uso de misturas solo-cimento para emprego como camada de pavimento [2, 18]. Estudos resumidos na Tabela 1, colocam como passíveis de estudo, solos classificados pela H.R.B. dentre as classes A1 e A4, com o devido teor de cimento sugerido em massa (%) para realização do ensaio de compactação, conforme ref. [15]. O cimento utilizado nas misturas foi caracterizado em suas principais propriedades [5, 10, 13, 14]

Para melhor estudo e verificação da influência da adição de cimento ao solo realizou-se, também, ensaios de compactação do solo sem a adição de cimento, conforme prescreve a ref. [9].

Com o resultado do ensaio de compactação com adição de cimento é feita a moldagem e posterior cura de corpos-de-prova cilíndricos de solo-cimento [16] nos traços em massa de cimento/solo de 1/10, 1/12, 1/14 e 1/16, por períodos de 7 e 28 dias. Estes corpos de prova foram moldados em cilindros tripartidos, com 5cm de diâmetro e 10cm de altura, compactados em três camadas sucessivas. Assim que completada a cura estes corpos-de-prova foram rompidos em ensaios de resistência à compressão simples - RCS [17]. A cura dos corpos de prova de solo-cimento se deu em câmara úmida com controle de temperatura e umidade.

A seguir foram moldados tijolos maciços de solo-cimento de acordo com a metodologia apresentada no Boletim Técnico da ABCP [1] quanto à fabricação de tijolos de solo-cimento com utilização de prensas manuais, e também adotado os procedimentos recomendados na ref. [11], por períodos de 7 e 28 dias. Assim que completada a cura, os tijolos foram submetidos aos ensaios de resistência à compressão e de absorção d'água conforme a ref. [12].

A prensa manual utilizada era da marca Sahara, que produz um tijolo maciço de solo-cimento por vez com dimensões nominais de 5x10x20cm, com capacidade de produção horária estimada em 250 a 300 tijolos, quando produzidos por três pessoas (uma abastecendo, outra operando e a terceira preparando a mistura de solo-cimento).

4 JAZIDAS ESTUDADAS

Para este trabalho foi focado o estudo para a Formação Santa Maria (Arenito Basal), por apresentar dados preliminares que indicavam sua melhor aptidão ao uso em solo-cimento. Porém, para complementar o trabalho, também se coletou amostras das formações Botucatu e Rosário do Sul. A seguir serão descritas as jazidas estudadas nesta pesquisa, indicando os seus horizontes pedológicos e apresentando fotos ilustrativas.

Jazida da Formação Botucatu: Para a caracterização desta jazida coletou-se material junto a um talude da rodovia BR-158 na subida da serra para o município de Júlio de Castilhos. O material amostrado apresenta uma coloração característica avermelhada, formado por grãos de quartzo, cuja fração predominante é areia muito fina. O material apresenta-se estruturado em blocos rígidos e de difícil destorroação. A Foto 3 apresenta o local onde foram retiradas as amostras de solo desta jazida.

Jazida da Formação Rosário do Sul: Para a caracterização deste solo coletou-se material junto a um talude da BR-392, situado próximo ao Arroio Arenal, em direção ao município de São Sepé; solo este com coloração avermelhada, formado por areia muito fina. A Foto 4 apresenta a retirada da amostra de solo da Jazida Rosário do Sul.

Jazida da Cohab Santa Marta: Este material apresenta-se exposto por um grande talude ao lado da avenida principal, próximo a Escola Estadual de Ensino Fundamental no Assentamento Santa Marta. Neste verifica-se a presença de um

horizonte A formado por um solo arenoso de coloração escura, um horizonte B argiloso, de cor vermelha, e um horizonte C formado por uma primeira camada de areia média à grossa vermelha, seguida por camadas intercaladas de uma areia média fina vermelha e um material siltoso rosado, muito fino. O horizonte C desta jazida é constituído do material de alteração das rochas da Formação Passo das Tropas (Foto 5).

Jazida do Distrito Industrial: Este material se apresenta exposto sobre uma coxilha ao lado de um assentamento popular da Fazenda Santa Marta - COHAB. Onde se verifica a remoção dos horizontes A e B, que pelo entorno devem ter espessura variando em cerca de 50 cm. O horizonte C formado por camadas intercaladas de uma areia média grossa ora de coloração amarelada e ora vermelha. Este horizonte de alteração é originado de arenitos da Formação Passo das Tropas. A Foto 6 apresenta esta jazida.

Jazida Passo das Tropas (Frigorífico): Este material apresenta-se exposto por um grande talude ao lado da rua que dá acesso a um frigorífico no distrito Passo das Tropas, onde se verifica uma espessa camada de solo argiloso vermelho e, abaixo desta, um horizonte C formado por uma camada de areia média a fina e após tem-se a presença de material muito fino, siltoso. Os materiais arenosos (horizonte C) foram identificados como pertencentes à Formação Passo das Tropas (Foto 7).

Jazida do Minuano: Este material apresenta-se exposto em grandes taludes ao lado da rodovia BR-392, que liga os municípios de Santa Maria a São Sepé. Verifica-se um horizonte A cinza, um horizonte B de solo argiloso vermelho, um horizonte C formado por uma camada de areia média a grossa e mais abaixo uma camada de areia média a fina, passando a um solo siltoso mosqueado à medida que desce em direção ao arroio. O substrato rochoso é constituído por arenitos da Formação Passo das Tropas (Foto 8).



Foto 3. Jazida Botucatu – BR 158.



Foto 4. Jazida Rosário do Sul – BR 392.



Foto 5. Jazida Cohab Santa Marta.



Foto 6. Jazida Distrito Industrial.



Foto 7. Jazida Frigorífico.



Foto 8. Jazida Minuano.

5. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta a identificação das jazidas e das camadas ou horizontes amostrados, com os resultados dos ensaios de caracterização (peso específico real dos grãos, limites de consistência e granulometria). Com os resultados dos ensaios de caracterização os solos foram classificados pela

H.R.B. e SUCS. As características de compactação (peso específico aparente seco máximo e teor de umidade ótimo) na energia normal com o solo natural e com a adição de 7% de cimento também estão apresentadas nesta tabela.

Tabela 1. Identificação, caracterização e classificação das amostras das jazidas estudadas.

Identificação das Jazidas	Amostra / horizonte	Ensaio de caracterização					Classificações geotécnicas		Compactação			
		γ_s (kN/m³)	Plasticidade		Granulometria				Solo natural		Solo + 7 % cimento	
			LL (%)	IP (%)	Finos (%)	Areia (%)	HRB	SUCS	γ_d (kN/m³)	wót (%)	γ_d (kN/m³)	wót (%)
Botucatu	1 – Hor C	27,2	22	N.P.	12	88	A2-4	SC-SM	18,7	12,5	17,9	14,2
Rosário do Sul	1 – Hor C	27,8	25	N.P.	10	90	A2-4	SC-SM	-	-	-	-
COHAB	1 – Hor A	26,1	N.P.	N.P.	19	81	A2-4	SC-SM	20,2	9,5	20,9	8,3
	2 – Hor C	26,8	32	8	21	79	A2-4	SC-SM	18,2	14,3	20,4	9,4
	Média grossa											
	3 – Hor C média fina	27,4	28	6	17	83	A2-6	SC-SM	19,1	12,2	18,9	13,3
Distrito Industrial	4 – Hor C siltosa	26,4	25	N.P.	12	88	A2-4	SC-SM	18,0	15,0	19,1	12,6
	1 – Hor C Vermelho	27,9	25	7	20	80	A2-4	SC-SM	19,8	10,4	20,2	9,6
Frigorífico	2 – Hor C amarelo	27,8	29	13	15	85	A2-6	SC-SM	19,3	11,6	19,9	10,6
	1 – Hor B	28,5	42	3	53	47	A5	ML	17,4	17,2	-	-
Minuano	2 – Hor C	27,1	44	19	19	18	A2-7	SC-SM	18,9	12,8	18,6	13,8
	1 – Hor A	27,1	22	4	33	67	A4	CL-ML	-	-	-	-
	2 – Hor B	27,1	43	24	56	44	A7-6	CL	17,3	18,0	-	-
	3 – Hor C grossa	27,6	32	8	27	73	A2-4	SC-SM	19,5	12,4	19,6	12,1
	4 – Hor C fina	27,5	N.P.	N.P.	27	73	A2-4	SC-SM	18,5	14,4	18,5	14,1
	5 – Hor C siltoso	28,2	55	12	56	44	A7-5	MH	16,9	19,2	-	-

5.1 Ensaios de caracterização

Fornecem uma indicação prévia da aptidão ou não de uso de um determinado solo para a técnica de solo-cimento. No caso em estudo, ficou claro que a análise granulométrica determina em grande medida este aproveitamento, onde solos com percentuais de 70-85% de areia fornecem melhores resultados, ainda mais se forem de granulação mais grossa. Entretanto há a necessidade da coesão apresentada pelas argilas com percentuais entre 5-10%, com presença não superior a 20% de silte. Quanto ao índice de plasticidade, este, de fato, deve ficar abaixo de 20%. As amostras dos horizontes C foram classificadas, na maioria, como areias argilosas ou siltosas (SC-SM)

5.2 Ensaios de Compactação

Verificou-se que com a adição de cimento a umidade ótima ($w_{ót}$) foi menor e o peso específico aparente seco máximo ($\gamma_{dmáx}$) foi maior do que aqueles obtidos na compactação sem cimento para solos arenosos bem graduados de granulometria mais grosseira. Para os solos com maior presença de finos, estas diferenças foram muito menores, inclusive com resultados de umidade ótima maior e peso específico aparente seco máximo menor que os da compactação sem cimento.

5.3 Ensaio de Resistência à Compressão Simples - RCS

O estudo do comportamento da adição de cimento nos solos foi verificado pelo ensaio de compressão simples em corpos de prova cilíndricos. Verificou-se que os solos arenosos mais granulares (partículas maiores) e melhor graduados foram mais aptos a estabilização com cimento. As resistências cresceram com a idade, e também foram superiores para os traços mais ricos em cimento (1/10) do que para os mais pobres. Porém, conforme a ref. [17], os resultados aos 7 dias de cura devem ser iguais ou superiores a 2,10 MPa, de onde verifica-se que poucos misturas atingiram este resultado, e quando atingiram, o foi para os traços de 1/10 e 1/12.

A figura 1 apresentam resultados dos ensaios de resistência à compressão simples aos 7 dias de corpos de prova cilíndricos de solo-cimento.

5.4 Ensaios de Absorção de Água e Resistência à Compressão dos Tijolos

As figuras 2 a 10 apresentam os resultados da absorção e resistência dos tijolos de solo-cimento para as jazidas estudadas.

Quanto aos ensaios de absorção de água, constatou-se que todos os corpos-de-prova ensaiados apresentaram resultados bem abaixo do máximo de 22%, assim como os valores médios se mostraram menores que 20%, máximo previsto por norma [11].

No entanto os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão se apresentaram muito ruins, pois nenhum conjunto de corpos-de-prova, seja de que traço for, ou de qualquer material, deixou de apresentar algum resultado individual inferior a 1,7 MPa [11], enquanto que somente dois materiais atingiram na média 2,0 MPa [11], aos 7 dias de cura, para o traço mais rico em cimento de 1/10, as areias média-grossas do horizonte "C" da Jazida Minuano e da Jazida Cohab Santa Marta. Para os 28 dias de cura a maioria dos materiais estudados atingiram a média de 2,0 MPa.

6. CONCLUSÕES

Após análise dos resultados, concluiu-se como sendo uma alternativa viável a construção de habitações populares com uso da técnica de tijolos maciços de solo-cimento, pois duas misturas atingiram resistência mínima à compressão de tijolos de 2,0 MPa, com absorção d'água abaixo do limite previsto na norma [11].

Para os ensaios de resistência à compressão simples em corpos de prova cilíndricos de solo-cimento, conforme previsto na norma [17], que requer resistência mínima aos 7 dias de cura de 2,1 MPa, as seguintes misturas atendem a esta especificação:

- Jazida Cohab Santa Marta (areia média grossa): Traço 1/10 – 2,28 MPa;
- Jazida Cohab Santa Marta (solo arenoso escuro): Traço 1/10 – 2,93 MPa e Traço 1/12 – 2,29 MPa;
- Jazida Distrito Industrial (areia vermelha): Traço 1/10 – 2,10 MPa;
- Jazida Cohab Minuano (areia média grossa) Traço 1/10 – 2,55 MPa e Traço 1/12 – 2,81 MPa.

Para os ensaios de absorção d'água e resistência à compressão de tijolos de solo-cimento [11], que requer resistência média à compressão mínima de

2,0 MPa e absorção média máxima de 20% ou 22% individual, aos 7 dias de cura, que todas as misturas apresentaram absorção d'água abaixo dos valores máximos permitidos, porém apenas duas misturas apresentaram resistências médias superiores a 2,0 MPa, que são:

- Jazida Cohab Santa Marta (areia média grossa): Traço 1/10 – 2,09 MPa;
- Jazida Minuano (areia média grossa): Traço 1/10 – 2,41 MPa.

Embora em ambas tenha ocorrido um resultado individual abaixo do mínimo permitido de 1,7 MPa, há evidências que foi devido a alguma imperfeição experimental na compactação dos corpos de prova

Foi comprovado que, no caso dos tijolos, houve pouco acréscimo de resistência à compressão aos 28 dias, se comparada aos resultados obtidos aos 7 dias, embora fossem esperados resultados bem superiores, assim como observou-se na RCS dos corpos de prova cilíndricos, o que demonstra que a diferença na cura dos CPs cilíndricos e dos tijolos foi significativa.

REFERÊNCIAS

1. Associação Brasileira de Cimento Portland. *Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais*. Boletim Técnico, São Paulo, 1988.
2. Associação Brasileira de Cimento Portland. *Dosagem das misturas de solo-cimento*. Estudo Técnico, São Paulo, 1986.
3. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização*: NBR 6457. Rio de Janeiro, 1986.
4. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Solo – determinação do limite de liquidez*: NBR 6459. Rio de Janeiro, 1984.
5. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Cimento Portland e outros materiais em pó – determinação da massa específica*: NBR 6474. Rio de Janeiro, 1984.
6. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Grãos de solos que passam na peneira de 4,8mm – determinação da massa específica*: NBR 6508. Rio de Janeiro, 1984.
7. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Solo – determinação do limite de plasticidade*: NBR 7180. Rio de Janeiro, 1984. 3p.
8. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Solo – Análise granulométrica*: NBR: 7181. Rio de Janeiro, 1984. 13p.
9. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Solo – ensaio de compactação*: NBR 7182. Rio de Janeiro, 1986. 10p.
10. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Cimento Portland – determinação da resistência à compressão*: NBR 7215. Rio de Janeiro, 1991. 7p.
11. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Tijolo maciço de solo-cimento*: NBR 8491. Rio de Janeiro, 1984. 4p.
12. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Tijolo maciço de solo-cimento – determinação da resistência à compressão e da absorção d'água*: NBR 8492. Rio de Janeiro, 1986. 10p.
13. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Cimento Portland – determinação de finura por meio da peneira 75 μ m (nº 200)*: NBR 11579. Rio de Janeiro, 1991. 3p.
14. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Cimento Portland – determinação dos tempos de pega*: NBR 11581. Rio de Janeiro, 1991. 3p.
15. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Solo-cimento – ensaio de compactação*: NBR 12023. Rio de Janeiro, 1992. 6p.
16. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Solo-cimento – moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos*: NBR 12024. Rio de Janeiro, 1992. 5p.
17. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Solo-cimento – ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos*: NBR 12025. Rio de Janeiro, 1990. 2p.
18. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Solo-cimento – dosagem para emprego como camada de pavimento*: NBR 12253. Rio de Janeiro, 1992. 4p.
19. Buriol, T – *Caracterização de jazidas para construção de habitações populares em Santa Maria com solo-cimento*. Dissertação de Mestrado, PPGE/UFMS, 2002.
20. Banco Nacional de Habitação. *Uniformização das técnicas de aplicação do solo-cimento na construção habitacional*. Rio de Janeiro: BNH-DEPEA, 1985.
21. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento. *Manual de construção com solo-cimento*, CEPED, São Paulo, 1984
22. Lemos, R.C.; Santos, R.D. – *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Serviço

Nacional e Conservação de Solos. Campinas, 1994.

23. Maciel Filho, C.L. – *Carta Geotécnica de Santa Maria*, Santa Maria, UFSM, 1990

24. Maciel Filho, C.L. – *Caracterização geotécnica das formações sedimentares de Santa Maria, RS*. Dissertação de Mestrado, IG/UFRJ, Rio de Janeiro, 1977.

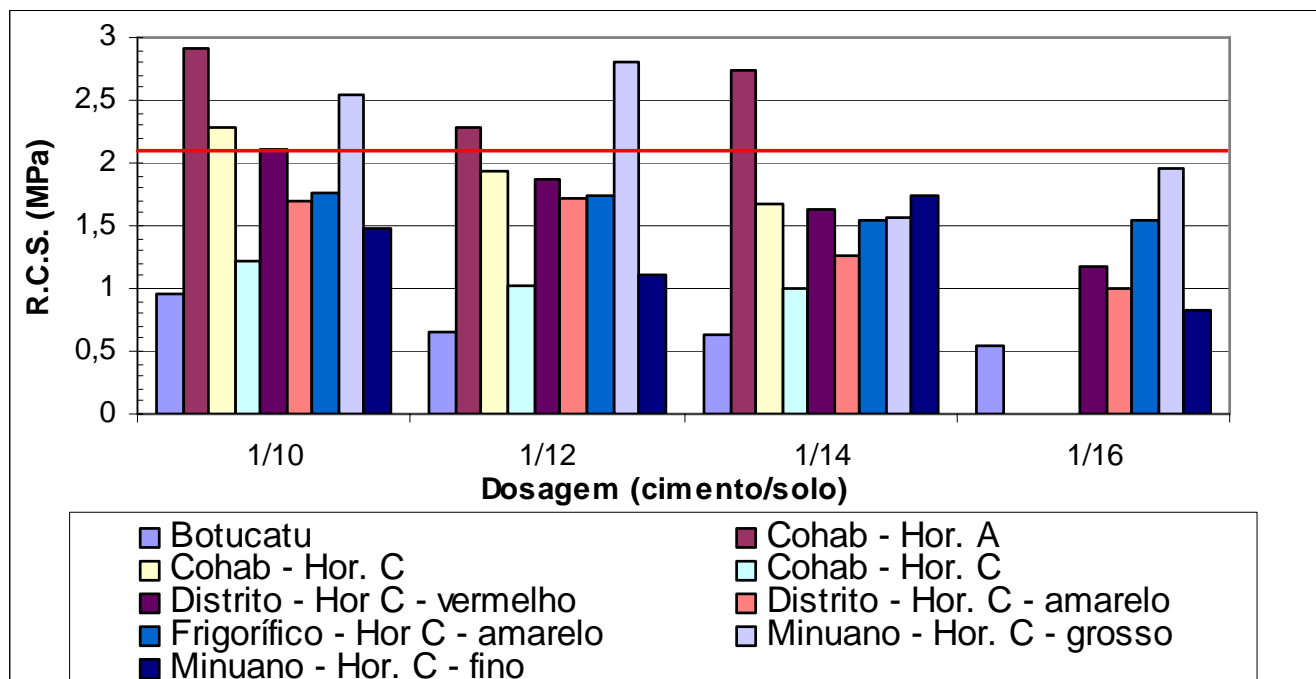


Figura 1. Resultados dos ensaios de compressão simples ao 7 dias em corpos de prova cilíndricos de misturas de solo-cimento para os solos das jazidas estudadas.

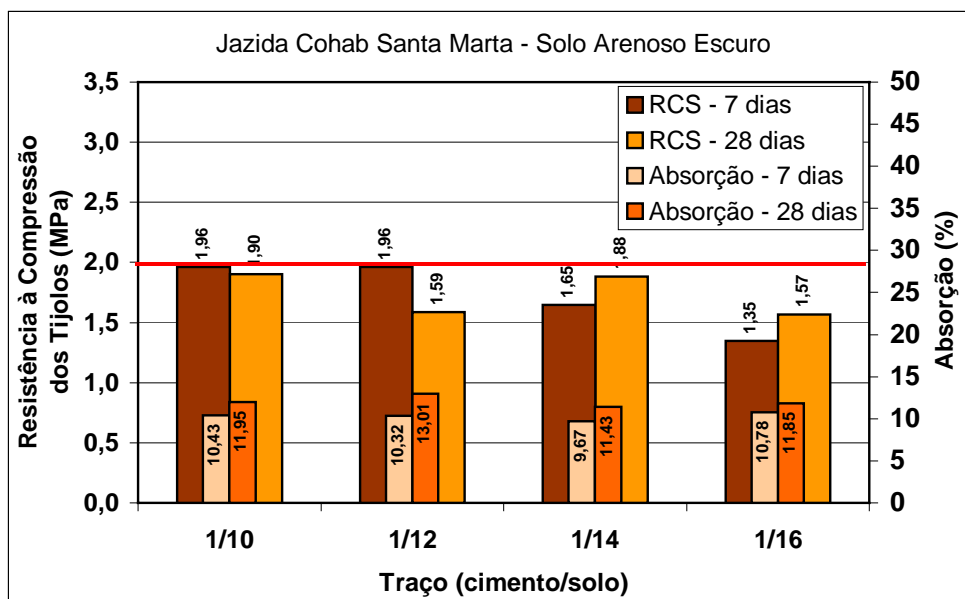


Figura 2. Resultados dos ensaios de resistência à compressão e absorção de água dos tijolos da jazida Cohab Santa Marta – Horizonte A (solo arenoso escuro).

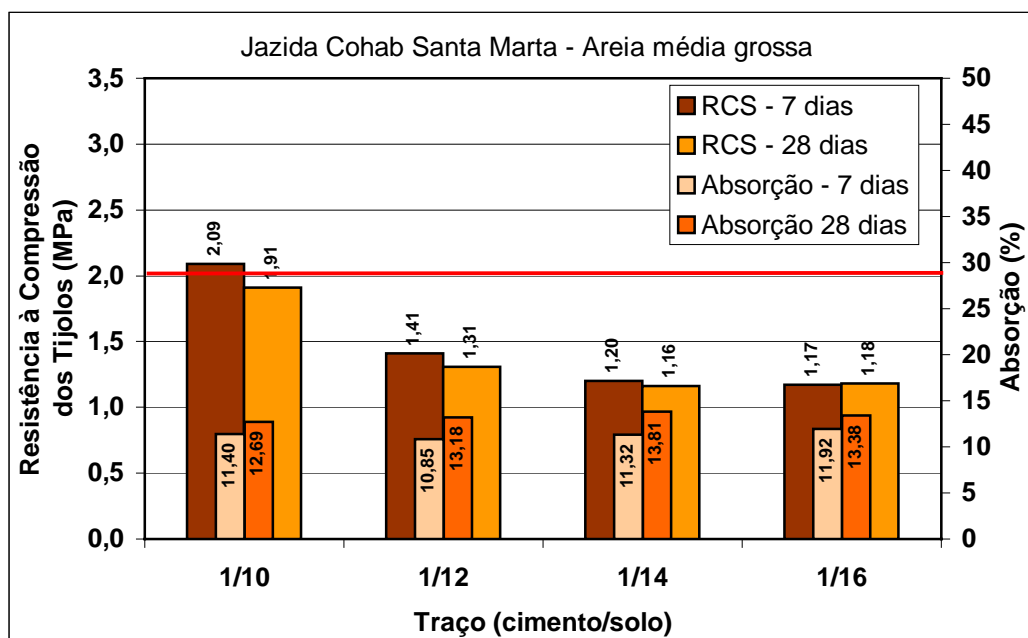


Figura 3. Resultados dos ensaios de resistência à compressão e absorção de água dos tijolos da jazida Cohab Santa Marta – Horizonte C (areia média grossa).

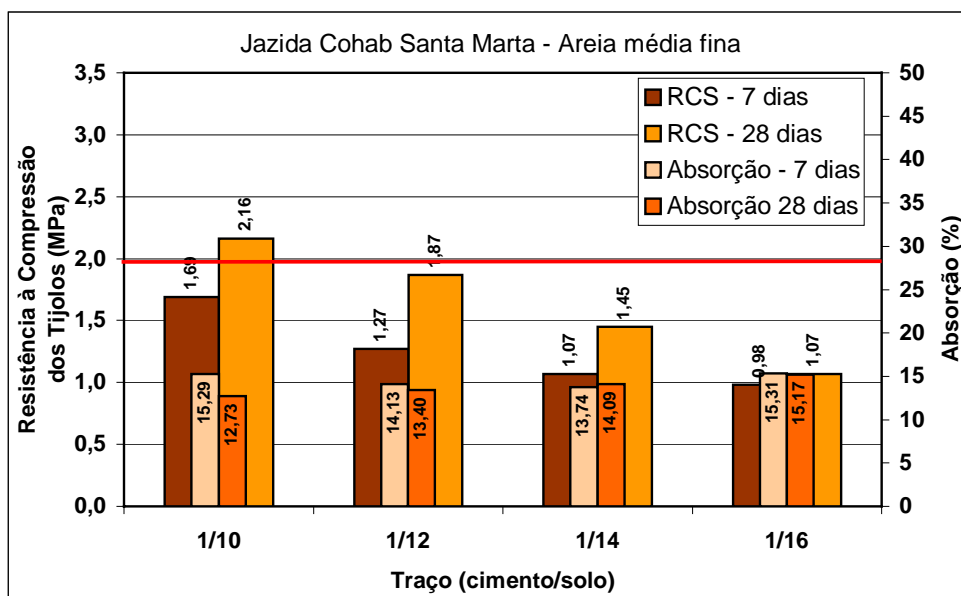


Figura 4. Resultados dos ensaios de resistência à compressão e absorção de água dos tijolos da jazida Cohab Santa Marta – Horizonte C (areia média fina).

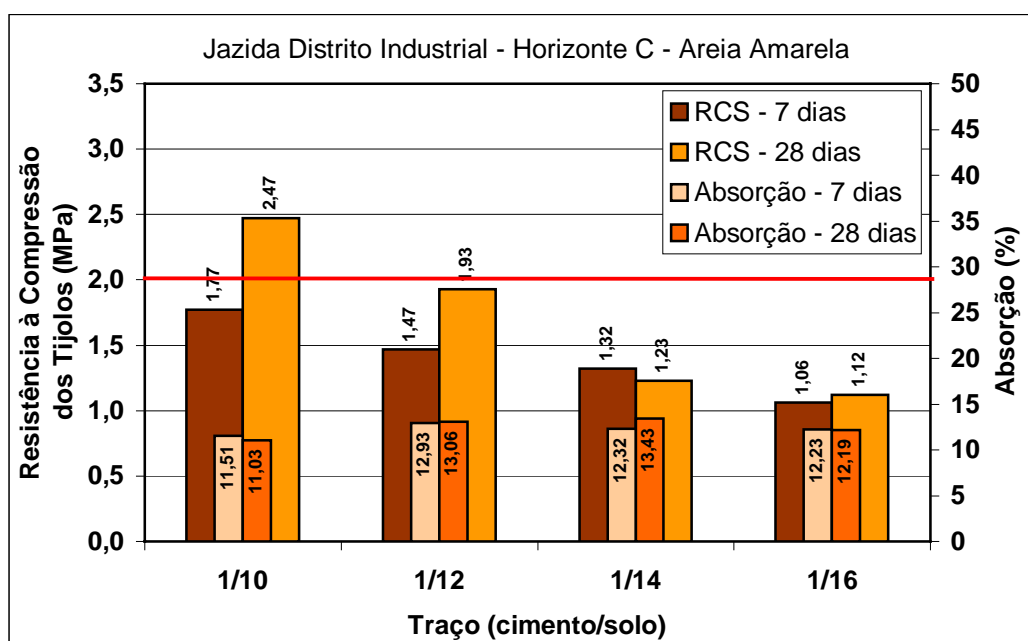


Figura 5. Resultados dos ensaios de resistência à compressão e absorção de água dos tijolos da jazida Distrito Industrial – Horizonte C (areia amarela).

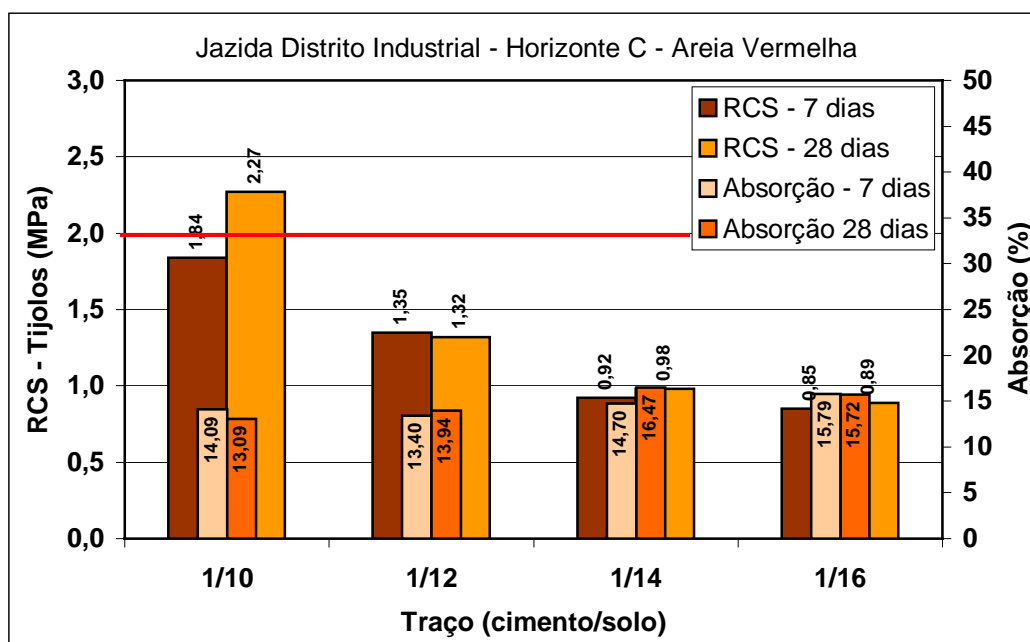


Figura 6. Resultados dos ensaios de resistência à compressão e absorção de água dos tijolos da jazida Distrito Industrial – Horizonte C (areia vermelha).

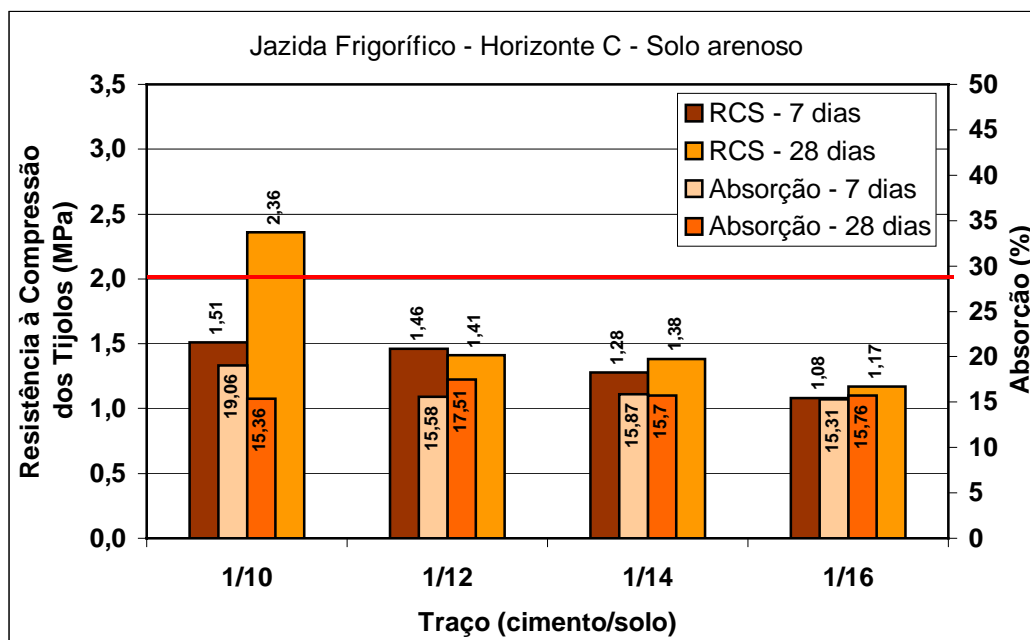


Figura 7. Resultados dos ensaios de resistência à compressão e absorção de água dos tijolos da jazida Frigorífico – Horizonte C (areia média fina).

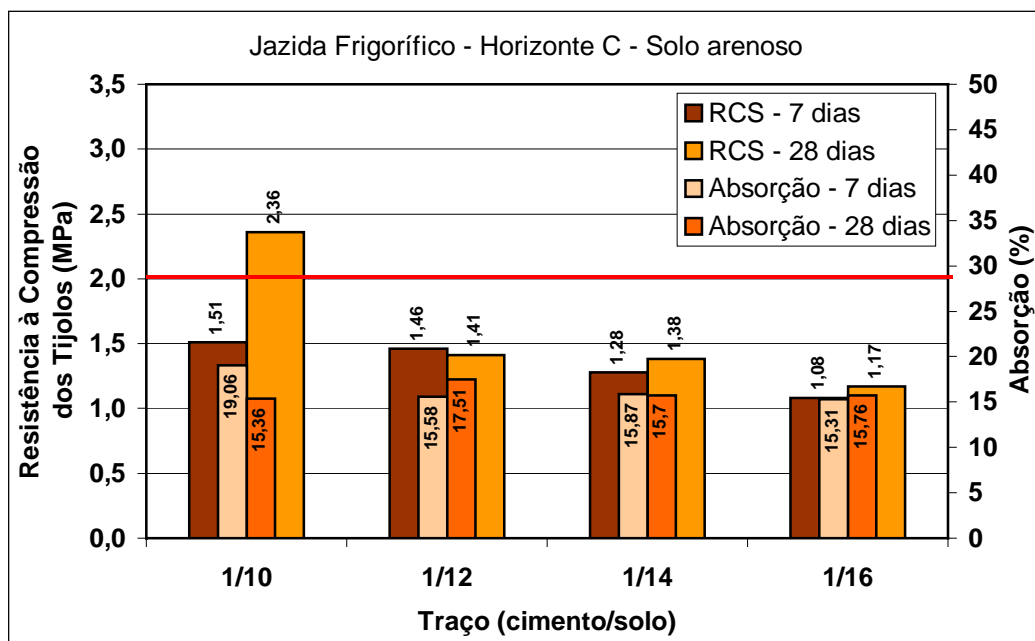


Figura 8. Resultados dos ensaios de resistência à compressão e absorção de água dos tijolos da jazida Frigorífico – Horizonte C (solo arenoso).

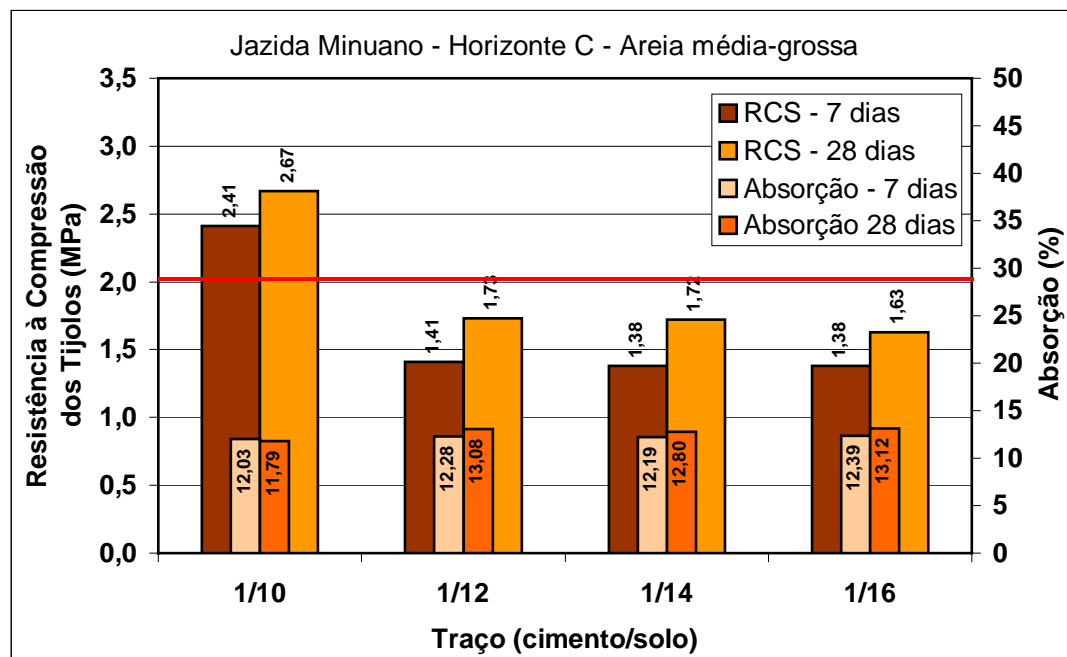


Figura 9. Resultados dos ensaios de resistência à compressão e absorção de água dos tijolos da jazida Minuano – Horizonte C (areia média-grossa).

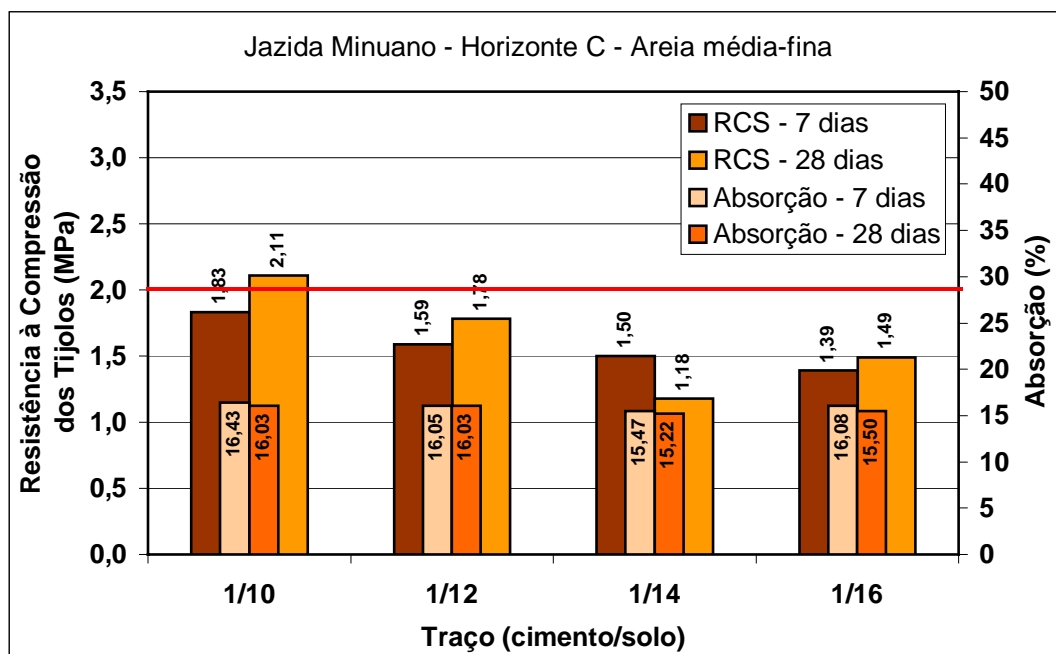


Figura 10. Resultados dos ensaios de resistência à compressão e absorção de água dos tijolos da jazida Minuano – Horizonte C (areia média-fina).