

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
CONSTRUÇÃO EM SOLO-CIMENTO**

OFÉLIA DE LIRA CARNEIRO

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
ALUNA: OFÉLIA DE LIRA CARNEIRO.

Estágio supervisionado apresentado
a professora Edna Célie C. Machado
para avaliação.



Biblioteca Setorial do CDSA. Outubro de 2021.

Sumé - PB

"Use a paciência e o perdão infatigavelmente. Todos nos temos sido carinhosamente tolerados pela Bondade Divina milhões de vezes e conservar o coração no vinagre da intolerância e provocar a própria queda na morte inútil."

S U M A R I O

- 1 - APRESENTAÇÃO
- 2 - AGRADECIMENTO
- 3 - INTRODUÇÃO
- 4 - ENSAIOS PARA UTILIZAÇÃO DO SOLO E CIMENTO
 - 4.1 - ENSAIO NO LABORATÓRIO
 - 4.2 - ENSAIO NO CAMPO
 - 4.3 - ENSAIO DE CIMENTO
- 5 - DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO CONSTRUTIVO
- 6 - PROJETO
 - 6.1 - PROJETO EM SOLO-CIMENTO
 - 6.2 - PROJETO CONVENCIONAL
- 7 - RECOMENDAÇÕES
- 8 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS
- 9 - CONCLUSÃO
- 10 - ANEXO
 - PLANTA BAIXA DO PROJETO

1 - APRESENTAÇÃO

O Estágio Supervisionado como sabemos, tornou-se nos últimos tempos, por determinação do Ministério da Educação e Cultura, mais uma disciplina obrigatória aos cursos de graduação. Sendo assim, o estágio (sobre Solo-Cimento), se resume tão e somente na única e decisiva prova porque passei por esta disciplina. Tendo como supervisora a professora Edna Célie C. Machado.

Embora este curso não corresponda diretamente a um estágio realizado em prática, onde seria mais fácil pôr em prática aos meus conhecimentos adquiridos, tanto teóricos como do laboratório, mas foi bastante válido pelo o fato de estar ligado a classificação de solos, e saber que a utilização do solo com o cimento, com uma tecnologia aplicada, vem reduzir os custos na produção industrializada de habitações.

2 - AGRADECIMENTOS

A Deus,

Fonte de Luz, Força, Verdade e Vida.

Aos meus pais e colegas de curso, por me acolherem como compa_unheira, dando-me incentivo e inúmeras vezes orientando-me nas atividades mais difíceis.

Aos Amigos, Geoconda, Ivan e os Funcionários do Laboratório, que estiveram ao meu lado e que também contribuí para que eu chegasse no final desta jornada procurando de diversas mane_iras solucionar os meus problemas de trabalho.

A Dr^a Edna Célie C. Machado, que como professora orientadora me encaminhou a fazer este estágio e, é responsável por sua avaliação.

3 - INTRODUÇÃO

O solo-cimento é uma mistura íntima e bem proporcionada de solo com o cimento, de tal modo que haja uma estabilização daquele por este, melhorando as propriedades da mistura. Onde a aplicação é bastante diversificada em: obras de pavimentação; casas; aeroportos; revestimentos de canais; proteção de taludes; barragens e etc.

A arte de construir com o solo-cimento é empregada desde das mais antigas civilizações no século III, a muralha da China, onde foi usada uma mistura de argila e cal, na proporção 3:7. Nesta época já se usava esta técnica em fundações de outros tipos de obra.

Segundo a Cement and Concrete Association, o solo-cimento foi descoberto por engenheiro inglês, H. E. Brook-Bradley, que aplicou o produto no tratamento de leitos de estradas e pistas para veículos puxados a cavalo, ao sul da Inglaterra.

Os primeiros estudos de solo-cimento, em grande escala, foram feitos por Moore Fields e Mill, nos Estados Unidos, em 1932. Tais estudos foram rapidamente estendidos à Europa, principalmente Alemanha (na construção de aeroportos na época da guerra), Inglaterra e América do Sul (Brasil, Argentina e Colômbia).

No Brasil, em 1945 foi construída a primeira obra em solo-cimento uma casa de bombas para abastecimento das obras do aeroporto em Santarém, Pará com 42m². Em seguida em Petrópolis, foram executadas casas residenciais com paredes monolíticas de solo-cimento.

Atualmente no Brasil, o uso da terra como material de construção esta sendo mais uma das tentativas feitas no sentido de superar tecnologicamente as deficiências encontradas anteriormente, e ao mesmo tempo, desenvolvendo processos de produção que, além de reduzir o custo da obra, garante a qualidade tecnológica do produto e é de fácil acesso à população de baixo poder aquisitivo.

Na mistura do solo com o cimento, o solo é o elemento que entra em maior proporção devendo ser selecionado de modo que permita o uso de menor quantidade de cimento. As quantidades mais adequadas dos componentes são determinadas através dos ensaios realizados em laboratório ou ensaios feitos no campo, de acordo com os tipos de solo e cimento a serem usados.

Qualquer solo, com exceção dos altamente orgânicos, pode ser estabilizado com cimento. Entretanto, solos muito argilosos são difíceis de ser misturado, necessitando de maior quantidade de cimento.

Um critério mais subjetivo de escolha do solo é de acordo com a cor. Normalmente os solos vermelhos ou amarelos são de boa qualidade, os saibros ou "arenosos" são de excelente qualidade e os de cor preta são de má qualidade, pois contêm matéria orgânica.

Quanto a normalização, normas citadas por Moema Ribas Silva (1);

O CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento, na Bahia, é a entidade brasileira que mais se dedicou à construção e pesquisas do solo-cimento voltadas à execução de paredes monolíticas, tendo introduzido algumas modificações nas normas da ABCP, pois as publicações desta são dedicadas mais à pavimentação, apesar das primeiras notícias no Brasil de construção de casas terem sido executadas pela ABCP.

Esta entidade utiliza dois processos de dosagem do solo-cimento: A Norma Geral (1935), aplicável a qualquer tipo de material, levando em conta, principalmente, a parte fina do solo, e a Norma Simplificada de Dosagem (1952), aplicável a solos granulares (com 50% de material retido na peneira nº 200 e 20% de argila, no máximo), considerando principalmente a ação cimentante das partículas maiores.

A Norma Geral de Dosagem mede o grau de estabilização do solo, através do ensaio de durabilidade, por molhagem e secagem, determinando a perda de peso do material dosado com diferentes quantidades de cimento, este ensaio é caracterizado por expansão e retração.

A Norma Simplificada de Dosagem faz uma comparação entre a durabilidade (por molhagem e secagem) e a resistência aos sete dias. A ABCP, através de inúmeros ensaios, concluiu que o teor de cimento que corresponde à resistência mínima admissível determina uma perda de peso inferior à máxima admissível. Os va-

lores limites encontrados para resistência à compressão, de amostras saturadas, são 2,1 MPa e 5,6 MPa. Esses dois métodos são aplicados em obras de pavimentação.

Posteriormente, a ABCP propôs um método para dosagem de solo-cimento aplicado à construção de casas duráveis, impermeáveis e de baixo custo, através dos ensaios rápidos para seleção de solos, descrito na obra de Ribas (Op. cit., p. 141).

Em 1948, a ABCP fixou critérios para aplicação do solo-cimento na construção de paredes:

- Resistência à compressão aos 28 dias, maior ou igual a 1,0 MPa, depois de uma hora de imersão em água.

- Perda máxima em massa seca, no final do sexto ciclo do ensaio de durabilidade: 14% para os solos arenosos, 10% para os siltosos e 7% para os argilosos.

- Variação do volume até o sexto ciclo: 1% do volume inicial.

Estes critérios foram adotados com base nas Normas ASTM de 1944.

São indicados pela ABCP, para cargas de telhados sobre paredes, 0,75 MPa (coeficiente de segurança 5) e para cargas de telhados, sobre pilares de concreto (ou outro material estrutural), 0,5 MPa, para cargas nas paredes.

O CEPED indicou 10% para a perda máxima admissível, em ensaio de durabilidade do solo-cimento, no final do 12º ciclo (mais severo que o critério da ABCP).

Outras formas de utilização, visando principalmente a construção de paredes de edifícios e casas, tiveram seu início posteriormente. Entre os métodos mais utilizados pode-se citar paredes monolíticas, blocos, tijolos, lajotas para piso etc.

A execução de paredes monolíticas de solo-cimento é bastante simples, podendo ser facilmente assimilada utilizando-se o Manual ou "Cartilha para construção de paredes Monolíticas em Solo-cimento" (2), que contém todas informações necessárias, sendo apresentados de modo acessível para a implantação da técnica.

Os tijolos e blocos de solo-cimento podem ser produzidos tanto por prensas Hidráulicas, como por prensas Manuais, ambos tipos são disponíveis no mercado. As prensas Manuais podem fabricar até 2.000 tijolos, ou 400 blocos por dia. As prensas Hi-

draúlicas, por seu custo elevado, devem ser utilizadas em construção de larga escala. Sua produção diária pode chegar até 64.000 tijolos ou 6.000 blocos.

As especificações dos tipos de solos indicados para pavimentação e para construção de paredes são diferentes por suas diversas funções. No Brasil, a normalização existente é para pavimentação, aplicando-se apenas parcialmente nas construções de paredes, pois as resistências mecânicas e ao desgaste não são tão importantes como naquele caso, quando é exigido um solo mais arenoso, o qual dará, ao produto final, maior resistência.

Os estudos feitos pela ABCP, para construção de casas, tiveram a finalidade de obter um produto mais leve e com menores teores de cimento, porém com boas características de durabilidade, resistência e impermeabilidade, com menor energia de compactação, podendo ser utilizada uma prensa manual de pequeno porte e baixo custo.

Em experiência realizada em Teófilo Otoni (MG), na construção de casas para flagelados de violentas chuvas que assolaram a região, foram construídas numerosas casas de paredes monolíticas de solo-cimento. No adensamento do material nas formas foi utilizada a mão-de-obra de velhos, mulheres e crianças, fazendo com que toda a família participasse da construção. Neste programa, os estudos de custo realizados permitiram a fixação da prestação mensal, devida pelos proprietários, em 1/5 da renda familiar.

A utilização do solo-cimento tem inúmeras vantagens e desvantagens. Como vantagens, de um modo geral, tem-se:

- Pequena variação de volume pela variação da umidade e boa resistência às intempéries;

- Há economia de combustível em sua utilização uma vez que não são necessários transporte e cozimento do material;

- Tem baixo custo e não necessita processo industrial para sua obtenção;

- É dispensado o uso de revestimentos, em virtude do acabamento uniforme das paredes;

- O solo é um recurso natural abundante, sendo uma matéria-prima disponível em quase todas as regiões;

- A mão-de-obra necessária é quase toda não qualificada, o que facilita a implantação de programas de auto-construção ou mutirão.

E as desvantagens são:

- A existência de uma grande variedade de tipos de solos implica na execução periódica de ensaios de caracterização, havendo casos em que o uso do solo-cimento se torna antieconômico;

- Quando a argila apresenta torrões, é necessária mão-de obra adicional para desfazê-los;

- A massa específica do material é maior do que a de tijolos cerâmicos;

- Comparando o uso de tijolos de solo-cimento com o de paredes monolíticas do mesmo material, as vantagens e desvantagens são as seguintes;

- Os processos de fabricação de tijolos de solo-cimento são facilmente executados, podendo-se usar um sistema mutirão;

- Para fabricação de tijolos, a aplicação de recursos financeiros inicial é pequena e dispensa mão-de-obra especializada, o que não acontece nas construções com paredes monolíticas, onde as formas são difíceis de construir. Há entretanto, prensas bastante sofisticadas que fabricam tijolos e blocos, porém são de altos custos;

- O uso de tijolos permite o controle, pelo responsável pela obra, padronização de formas e dimensões, fabricação e armazenamento, quando as condições atmosféricas não permitem o andamento da construção e velocidade de produção proporcional à demanda da obra;

- A construção de paredes monolíticas dispensa mão-de-obra para fabricação dos tijolos, área de armazenamento e tempo de endurecimento antes da aplicação, mas exige montagem e desmontagem (o que dificulta o serviço e é menos seguro para os operários).

Estudos também foram feitos no CEPED procurando-se desenvolver outros componentes para a habitação popular, mais simples que os encontrados no mercado, como; novos tipos alternativos de cobertura (telha mista de cimento e areia, telhão de argamassa armada, cobertura em abóbadas), pia de argamassa armada, lavatório de canto, vaso sanitário, todos esses componentes estão descritos na revista Tecnologias Simplificadas para a construção Habitacional (3). Este desenvolvimento tem como objetivo, um maior barateamento dos componentes habitacionais, embora de antemão se percebesse a dificuldade em obtê-los, apresentando beleza estética e perfeição compatível com os industrializados, mas não menos funcionais e resistentes.

4 - ENSAIOS PARA UTILIZAÇÃO DO SOLO E CIMENTO

A seleção do solo pode ser feita em laboratório ou no próprio local da obra. É evidente que o resultado de laboratório é mais confiável, uma vez que é feito em condições mais adequadas.

Para a escolha do solo, nós estagiários, fizemos os ensaios em laboratório e os que são realizados no campo. São os seguintes:

4.1 - ENSAIOS NO LABORATÓRIO

4.1.1 - Análise Granulométrica de Solos (NBR 7181)

Procedimento:

Com material de base de amostra de solo, na peneira de nº 10, fizemos o peneiramento da amostra, lavando-se o material. Por secagem e passagem numa série de peneiras, o material foi pesado onde obtivemos o resultado da composição granulométrica isto é, a porcentagem em relação ao peso total da amostra. Com esse resultado, preenchemos a ficha de análise granulométrica por peneiramento.

O solo adequado à construção de solo-cimento, a composição granulométrica deve-se apresentar uma fração abaixo da peneira 4,8mm, com as seguintes porcentagens:

Teor de areia de	65 a 85%
Teor de silte + argila de	15 a 35%
Teor de argila menor que	20%

4.1.2 - LIMITE DE LIQUIDEZ (NBR 6459)

Para se determinar o limite de liquidez de um solo, nós utilizamos o aparelho Casagrande.

Convencionou-se que, no ensaio de Casagrande, a umidade correspondente a 25 golpes necessários para fechar a ranchura, é o limite de liquidez.

Para se obter este valor determinam-se pelo menos três pares de valores (N_{xh}) nº de golpe x teor de umidade. Em seguida tra

ce-se o gráfico semilogaritmo, determina-se por interpolação a umidade correspondente a 25 golpes, que é o limite de liquidez.

Para um solo adequado, o limite de liquidez deve ser:

$$L.L - \text{Limite de liquidez} \leq 45\%$$

4.1.3 - LIMITE DE PLASTICIDADE (NBR 7180)

O limite de plasticidade foi determinado originalmente por ATTERBERG, pelo cálculo do teor de umidade no qual o solo começa a se fraturar quando se tenta moldar com ele um cilindro de 3mm de diâmetro e 10cm de comprimento. Essa moldagem faz-se rolando a amostra sobre uma placa de vidro colocada em posição horizontal, com a palma da mão estendida. Chega-se a um ponto em que a umidade é insuficiente para que o solo seja plástico e no cilindro parte-se pequenos pedaços. É essa a umidade batizada por ATTERBERG de limite de plasticidade (L.P).

Índice de plasticidade é a diferença entre o limite de liquidez e o de plasticidade; $I.P = L.L - L.P$

Para um solo adequado;

$$I.P - \text{Índice de plasticidade} \leq 18\%$$

4.1.4 - ENSAIO DE COMPACTAÇÃO (NBR 6457)

No ensaio de compactação, obtêm-se a relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente seca do solo. Diante disso tem-se o conhecimento da umidade ótima, onde sabe-se exatamente a quantidade de água existente no solo, e a resistência que o solo possui.

Para este ensaio nós utilizamos o "PROTOR NORMAL" com:

Volume do cilindro	1000cm ³ (V)
Número de camadas	03 (N)
Número de golpes	25 (N)
Peso do soquete	2,5Kg (P)
Altura de queda	30cm (H)

4.2 - ENSAIOS NO CAMPO

4.2.1 - Ensaio da Caixa

Procedimento:

Com uma amostra de solo destorrado e peneirado na peneira 4,8mm; mistura-se água aos poucos até que o solo comece a grudar na lâmina de colher de pedreiro. Em seguida coloca-se a mistura numa caixa de madeira, com dimensões internas de 60 x 8,5 x 3,5cm, previamente lubrificada com óleo diesel ou similar. Deixando a caixa

moldada com a mistura na sombra durante sete dias, após os setes dias, mede-se a retração no sentido do comprimento da caixa. Se a retração total não ultrapassar 2cm e não aparecem trincas na amostra, o solo pode ser utilizado; em caso contrário, adiciona-se areia até obter um solo adequado.

4.2.2 - ENSAIO DO VIDRO

Procedimento:

Em um vidro de boca larga transparente com capacidade de 1 litro, põe-se uma amostra de solo (destorrado e peneirado) no vidro de maneira que atinja metade da altura do vidro; põe água até a boca do vidro. Em seguida tampa a boca e agita energicamente durante 5 minutos; deixa-se em repouso por 10 minutos; agita novamente por 5 minutos e deixa em repouso 15 minutos. Logo após, com uma régua milimetrada, faz-se a leitura da camada total solo, seja L_1 . Depois com uma mangueira de borracha numa torneira, lava o material mexendo até que a água que escoar pela borda do vidro esteja limpa. Deixa o material em repouso 15 minutos e mede a camada total do solo, seja L_2 .

Calcula-se a porcentagem de areia pela fórmula:

$$\text{Areia (\%)} = \frac{L_2}{L_1} \times 100$$

O solo será adequado quando apresentar uma porcentagem de areia entre 50% e 90%.

4.2.3 - ENSAIO DO CORDÃO

Procedimento:

Tomar uma porção de terra seca e juntar água até que os cordões rolados comecem a se quebrar com um diâmetro de 3mm.

Formar uma bola com essa umidade e verificar a força necessária para esmagá-la entre o polegar e o indicador:

- Cordão duro - só se pode quebrar a bola com muito esforço.

- Cordão mole - a bola se fissa ou esmigalha com pouco esforço.

- Cordão frágil - não é possível reconstituir a bola sem que ela se fissure ou esmigalhe.

4.2.4 - ENSAIO DA FITA

Procedimento:

Tomar uma porção de terra, com a mesma umidade do ensaio de cordão, e fazer um cilindro do tamanho de um cigarro. Amassar o cilindro de modo a formar uma fita, com 3 a 6mm de espessura e o maior comprimento possível.

- Fita longa - 25 a 30cm sem dificuldade.
- Fita curta - 5 a 10cm com dificuldade.

4.2.5 - ENSAIO DO BOLO

Procedimento:

Com um bolo da amostra de solo úmido na palma da mão. Golpear esta mão com a outra de modo que a água saia para superfície da amostra, dando-lhe um aspecto liso e brilhante. Pressionar então o bolo com os dedos.

- Reação rápida - bastam 5 a 10 golpes para que a água aflore à superfície da amostra, a pressão dos dedos faz a água desaparecer imediatamente e uma pressão mais forte esmigalha o bolo.

- Reação lenta - são necessário 20 a 30 golpes para que a água aflore; a pressão dos dedos faz com que o bolo se deforme como uma bola de borracha.

4.2.6 - ENSAIO DE RESISTÊNCIA SECA

Procedimento:

Fazer duas ou três pastilhas de terra bem úmida, com cerca de 1cm de espessura e 2 a 3cm de diâmetro. Secar as pastilhas ao sol por dois ou mais dias. Tentar esmagar a pastilha entre o indicador e o polegar.

- Grande resistência seca - é muito difícil esmagar a pastilha e quando se consegue esta se quebra como um biscoito.

- Média resistência seca - não é difícil partir a pastilha e com algum esforço consegue-se reduzir os pedaços a pó.

- Fraca resistência seca - é muito fácil partir a pastilha e ao partir-se reduz-se a pó.

4.3 - ENSAIO DE CIMENTO

Os cimentos que poderão ser usados, deverão atender as seguintes especificações:

- Cimento Portland Cíum - CPC - NBR 5735
- Cimento Portland de Alto Forno - AF - NBR 5735
- Cimento Portland Pozolânico - POZ - NB 5736
- Cimento Portland de Alta Resistência Inicial - ARI - NBR 5733

5 - DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO CONSTRUTIVO

5.1 - PAREDE MONOLÍTICA

5.1.1 - Caracterização dos materiais e aparelhagens

- Solo - o solo selecionado, de acordo com as recomendações, já vista, nos ensaios para escolha do solo adequado, nos itens 4.1, 4.2. Como também os cimentos utilizáveis, no item 4.3.

- Água - água isenta de impurezas nocivas à hidratação do cimento.

Forma e parafuso - para confecção da forma utiliza-se uma chapa de madeirit plastificado ou folha de compensado naval, de 18mm de espessura. Para melhor aproveitamento de madeira, ela deve ser serrada.

As placas de madeira são reforçadas com ripões no sentido vertical. As bandas são presas entre si por seus parafusos. Assim, na direção dos reforços verticais faz-se furos 3/4" para passagem dos parafusos. São necessários oito furos que devem ser montados alternadamente, à medida que a parede é construída.

- Soquetes - são dois soquetes de madeira com cabos roliços com 3cm de diâmetro, para compactar o solo-cimento. Sendo um para fundação, que pode ser revestido por uma placa metálica, pois aumenta sua durabilidade. E o outro, para compactação das paredes deve ser retangular, a menor dimensão da ordem de 2 ou 3cm menos que a espessura da parede. Seu peso deve estar entre 2 a 3kg.

É interessante dispor-se também de um soquete menor, com 5cm de diâmetro, para compactação de pequenos espaços entre as esquadrias e estacas ou nos encontros das paredes e esquadrias.

- Guia - a guia é uma peça de madeira, com dimensões correspondentes à espessura da parede, e altura em função do pé-direito mais engaste no solo. Utiliza-se de uma meia cana de tubo PVC ou um bit de madeira, pregado à guia, que permite a amarração entre os painéis de parede, conferindo a estabilidade do conjunto.

5.1.2 - MODULAÇÃO DO PROJETO

Para facilitar a construção e obter maior economia de material, é necessário que na elaboração do projeto, se faça a modulação dos painéis que formarão as paredes. A modulação é definida pelo espaçamento entre as guias, o qual tem sido usado entre 2,0 a 3,0m por razões muito simples: por imposições do projeto e por permitir a execução de formas nestas dimensões, com 40 a 50cm de altura e um peso cerca de 15Kg.

5.1.3 - NIVELAMENTO DO TERRENO E LOCALIZAÇÃO DE OBRA

As operações ao nivelamento do terreno, quando necessário, e as de locação da obra, devem ser feitas como nas construções convencionais.

No nivelamento, a execução de cortes é mais econômica, tanto pela facilidade de execução quanto pelo volume de terra resultante, que pode ser utilizado na própria obra.

5.1.4 - PREPARO DA MISTURA DE SOLO-CIMENTO

Peneiramento:

O solo, antes de ser misturado com cimento, deve estar seco, isento de matéria orgânica e peneira numa malha de 5mm x 5mm.

Dosagem:

Para a construção das paredes e contrapiso a proporção indicada para a mistura é, em média de 1:5 (cimento, solo).

Ensaio para Dosagem:

- Ensaio Normal de Compactação de Solo-cimento - Método -SC
- 1 - ABCP;
- Moldagem de Corpos de Prova de Solo-cimento - Método -SC
- 2 - ABCP
- Ensaio à Compressão de Corpos de Prova de Solo-cimento -
Método - SC-4 - ABCP

5.1.5 - CONTROLE DE UMIDADE

Adiciona-se o cimento ao solo até que estejam completamente misturado, depois acrescenta-se água aos poucos com o objetivo de atingir a umidade ótima, em seguida toma-se um punhado da mistura na mão e aperta-se e ao abrir a mão, o bolo deve ter a marca deixada pelos dedos; se isto não ocorrer é porque a mistura está muito seca; é necessário pôr mais água. Em seguida deixa-se o bolo cair

de uma altura de 1,0m, sobre uma superfície dura; o bolo deve esfarelar-se ao chocar-se com a superfície, se isto não ocorrer a mistura está muito úmida. É preciso esperar a mistura secar ou adiciona-se mais solo e cimento nas mesmas proporções.

5.1.6 - CONTROLE DE COMPACTAÇÃO

A mistura está bem compactada quando o soquete produzir um som seco, ou então ele levantar a mistura ao seu redor.

Pode-se também verificar a compactação pressionando a mistura compactada com os dedos.

Outro fator fundamental para o controle de compactação é a espessura das camadas de mistura quando lançada nas formas. Elas devem ter no máximo 20cm de solo-cimento solto.

5.1.7 - EXECUÇÃO DA FUNDAÇÃO

A fundação também é feita utilizando-se a mistura de solo-cimento compactada numa proporção, em média 1:12. A fundação em solo-cimento é corrida, extremamente simples e de fácil execução.

As cavas da fundação devem ter as dimensões projetadas, como se fossem executadas com materiais convencionais. Normalmente, para casa popular, as dimensões da cava da fundação são de 30cm de largura por 50cm de profundidade. A locação e abertura das cavas também são feitas como nas construções convencionais.

O nivelamento da fundação é feita utilizando-se as formas de paredes e as próprias guias. Caso seja necessário pode-se engrossar as alvenarias de contenção, colocando-se calços entre as guias e as formas.

Executa-se a fundação lançando a mistura de solo-cimento solta em camadas de no máximo 20cm e compacta-se com o soquete apropriado.

5.1.8 - ASSENTAMENTO DAS GUIAS

Faz-se a cava da guia, com 30cm de profundidade, assenta-se a guia de modo que o tubo PVC fique voltado para o lado em que será executado o painel. Para fixação da guia no chão, lança-se solo solto ao redor da mesma e compacta-se. A guia deve estar aprumada durante a compactação para que as paredes não fiquem desalinhasadas, as guias deverão estar corretamente escoradas. Este escoramento pode ser feito de madeira nos três lados da guia, acompanhando a execução da parede.

Após a execução do painel e retirada das guias, as cavas das mesmas devem ser preenchidas com solo-cimento compactado com o mesmo traço da fundação.

5.1.9 - MONTAGEM DA FORMA

Para um bom acabamento da parede as superfícies da forma em contacto com o solo-cimento, devem estar sem imperfeição e, sempre antes de serem usadas, devem ser limpas removendo-se as incrustações, e lubrificadas com óleo lubrificante.

Para montar a forma, encoste, externamente, as superfícies lisas nos lados das guias e aparafuse-as. Na colocação dos parafusos centrais usa-se pedaços de tubos de PVC de 20mm de diâmetro e comprimento igual à espessura da parede. Eles servirão de espaçadores, evitando deformação na forma, quando de aperto dos parafusos.

5.1.10 - DIMENSIONAMENTO

As paredes monolíticas de solo-cimento são dimensionadas para resistirem a esforços de compressão. Para tanto, admite-se as seguintes hipóteses:

- 1 - Considerar a parede como um pilar largo;
- 2 - Condições de apoio da parede são de engaste na fundação e livre na parte superior.

O dimensionamento é feito pela esbeltez (λ) da peça.

Com base nas experiências das obras realizadas, a esbeltez máxima foi fixada em $\lambda = 80$

$$\lambda = \frac{L}{r}$$

onde: L - altura da parede em cm
r - raio de giração
Lf - comprimento de flambagem

Para $\lambda = 80$

$$r = \frac{d}{12} \quad \text{espessura da parede em cm}$$

logo $d = 0,043L$

Para nosso caso considerando o pé-direito com 2,80m teremos

$$d = 0,043 \times 2,80 = 12,04 \approx d \approx 12\text{cm}$$

Este dimensionamento é válido para construção de pavimento onde as cargas não ultrapassem 1Kgf/cm^2 .

5.1.11 - EXECUÇÃO DAS PAREDES

A execução das paredes monolíticas é feita, colocando-se a mistura de solo-cimento em camada de 20cm no máximo, compactando uniformemente ao longo de toda a forma, tendo cuidado especial com os cantos e locais onde o soquete não penetra. Nestes casos, use o cabo do soquete ou utilize um soquete menor.

A forma pode ser retirada imediatamente após completa a compactação. Desmonta-se a forma e retira-se os tubos que foram colocados nos parafusos centrais. Em seguida, monta-se as formas para execução da camada seguinte.

Solos muito arenosos irão trincar devido ao peso da forma e ao esforço da compactação, pois a resistência inicial do solo-cimento compactado é dado justamente pela compactação da fração fina. No entanto, caso se tenha que montar uma forma sobre uma camada recém-compactada, com esses solos é conveniente não desmoldar a primeira forma e montar a outra apoiada sobre ela.

Com a mesma mistura que esta sendo usada (apenas adicionando água), enche-se os furos deixados pelos parafusos, usando uma colher de pedreiro.

Ao terminar o painel, alise-o uniformizando o acabamento entre as juntas.

Nas juntas entre os painéis, para evitar o aspecto da trinca, pode-se fazer um friso para destacar as juntas da retração.

Nos encontros de paredes faz-se três rebaixos na parede já construída, utilizando-se uma colher de pedreiro.

Os rebaixos extremos servem para fixar a forma que vai moldar a parede no outro sentido, enquanto o intermediário permite a amarração das paredes. Para isto, é necessário locar a parede que se vai construir, fazendo-se um risco na parte inferior e obtendo-se a vertical com auxílio de um prumo.

Quando o encontro de paredes for nas extremidade faz-se apenas dois rebaixos, pois uma das bandas se apoia diretamente numa das faces da parede já pronta.

Quanto ao pessoal a ser empregado na execução das paredes, este vai depender do número de formas usadas. Na divisão do trabalho para esta atividade, é conveniente manter-se duas pessoas na masseira e duas para cada forma.

5.1.12 - NIVELAMENTO DO PISO E CAMADA IMPERMEABILIZANTE DA FUNDAÇÃO

O nivelamento do piso, é feito através do aterro de ma-

neira convencional é necessário engrossar a parede na sua base até o nível do contrapiso, utilizando o mesmo traço de fundação.

5.1.13 - CURA E ACABAMENTO

A cura das paredes deve ser iniciada doze horas após a execução das mesmas, molhando-as três vezes ao dia, durante oito dias. Em regiões de clima muito seco, é necessário aumentar o número de molhagens.

O acabamento final da parede de solo-cimento compactado é função, do grau de compactação, características das paredes internas da forma, tipo de cura e granulometria do solo utilizado. O melhor acabamento obtém-se com as formas metálicas onde a superfície interna é completamente lisa. Formas com imperfeições, sujas ou mal lubrificadas, provocam aderência do solo compactado, resultando em uma parede "bexigada".

5.1.14 - ESQUADRIAS

As esquadrias em paredes monolíticas de solo-cimento podem ser implantadas segundo duas alternativas:

- a colocação do caixão da esquadria dentro da forma por ocasião de compactação da parede.

- a colocação de uma moldura provisória dentro da forma, de modo a preservar na parede o vazio correspondente à esquadria.

O chumbamento deve ser feito com a utilização de chapuz, que é colocado dentro da forma, durante a compactação.

5.1.15 - INSTALAÇÕES E COBERTURA

As instalações hidráulicas, elétricas e sanitárias, são executadas como nas construções convencionais, apenas é conveniente que, no caso de instalações embutidas, os sulcos nas paredes sejam feitos antes que a resistência do solo-cimento comece a dificultar a abertura dos cortes para embutimento, ou seja, até 24 horas após compactada.

Instalações aparentes podem ser executadas, utilizando-se o sistema de braçadeiras e "buchas" plásticas.

Qualquer tipo de cobertura pode ser utilizada em construção de solo-cimento. A cobertura mais usada até o momento nos protótipos construídos tem sido em telhas cerâmicas, com o madeiramento diretamente apoiado sobre as paredes.

5.1.16 - PINTURA

Pinta-se (pelo menos externamente) as paredes de solo-cimento com tinta à base de pó mineral (supercimento, conservado "P" etc). Estas tintas proporcionam aderência e impermeabilização excelentes sendo necessário para sua aplicação, molhar antes a parede.

5.1.17 - PISO

O piso pode ser executado, com o mesmo solo e dosagem empregados na construção das paredes. Tem-se deste modo, uma superfície durável, resistente, embora o acabamento seja um pouco grosso, principalmente porque não é fácil obter-se uma superfície muito regular com a compactação.

5.2 - TIJOLO

5.2.1 - CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS E APARELHAGENS

Os materiais, são os mesmos para paredes monolíticas, no item 5.1.1

Quanto a aparelhagem, para fabricação de tijolos de solo-cimento. Nós estagiários, utilizamos a prensa manual, constituída de três matrizes e alavanca para prensagem.

5.2.2 - PREPARO DA MISTURA DE SOLO-CIMENTO

Não existe um estudo de dosagem específico para tijolos, utiliza-se o processo adotado pela Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, para fins rodoviários

Dosagem da Mistura:

A dosagem é simplificada. Prepara-se três misturas de solo-cimento nos traços 1:10, 1:12, e 1:14 em volume. De cada mistura retiram-se 13 tijolos, que devem atender às seguintes especificações da ABNT:

Dimensões (cm)	Comprimento	Largura	Altura
Tipo I	20	9,5	5
Tipo II	23	11	5

- Resistência à compressão: Idade 7 dias - 10 tijolos

Valor médio : 2,0 MPa (20kgf/cm²)

Valores individuais : 1,7 MPa (17kgf/cm²)

- Absorção de água: - 3 tijolos

Valor médio : 20%

Valores individuais : 22%

A realização dos ensaios deverá ser de acordo com a NBR - 8492 (Tijolo Maciço de Solo-Cimento - Determinação da Resistência à compressão e da Absorção D'água - Método de Ensaio).

5.2.3 - CONTROLE DE UMIDADE

A umidade ótima do solo, se determina da mesma maneira citada no item 5.1.5 (paredes monolíticas).

5.2.4 - FABRICAÇÃO

Os tijolos prensados são fabricados utilizando-se de misturas de solo e cimento, compactado ou prensados na umidade ótima. O tijolo prensado é produzido com auxílio de uma forma simples em que a mistura úmida de solo-cimento é socada dentro da forma, o que permite-se uma rápida desmoldagem.

Procedimento:

Preparado o traço vira-se a mistura a seco até obter coloração uniforme. Adiciona-se água até obter a umidade adequada. Em seguida coloca-se a mistura nas matrizes e prensa-se, as prensas devem estar bem limpas e lubrificadas. Depois de Prensado retira-se cuidadosamente os tijolos.

Em prensas manuais a energia de compactação ou pressão de moldagem, é de 20 a 40kg/cm². Tendo bastante cuidado com a fixação das mesmas no chão.

5.2.5 - CURA E ESTOCAGEM

A cura é feita com sucessivas molhagens; após 6 horas da fabricação e durante os sete próximos dias, molha-se os tijolos através de regadores, para se garantir uma cura adequada.

A estocagem correta é feita logo após a retirada dos tijolos das matrizes, colocando-os empilhados até na altura de 1,5m, sobre uma superfície plana, à sombra.

5.2.6 - ASPECTOS CONSTRUTIVOS

Os tijolos maciços de solo-cimento podem ser utilizados em alvenaria de elevação e em fundações. No caso de alvenaria para um pavimento não é necessário estrutura de concreto, podendo a parede ser considerada estrutural. E em fundações, os tijolos devem ser usados para nivelamento de baldrame, nos terrenos em que ocorram desníveis.

Para casas populares, com pé direito máximo de 3m. não há necessidade de cinta de coroamento; a amarração é feita entre as próprias paredes mais o peso do telhado.

As juntas entre os tijolos devem ter 1cm de espessura e ficarem desencontradas para evitar trincas.

No caso da parede não ser revestida, essas juntas devem apresentar um rebaixo de aproximadamente 0,5cm em relação aos tijolos, para dar melhor acabamento.

A argamassa de assentamento não deve ser rígida, para não trincar o tijolo, e nem frágil de forma a garantir a resistência suficiente.

O traço ideal para um solo que tenha passado nos ensaios é de 1:5 em volume. Caso o solo não seja adequado, faz-se uma correção com areia.

Antes do assentamento, deve-se fazer uma imersão no tijolo para manter a argamassa úmida.

As paredes podem ser revestidas ou não. O revestimento indicado é o convencional. No caso de sua não utilização, deve-se pintar as paredes externas com tinta à base de pó mineral, para servir como impermeabilizante, e as paredes internas com tinta à base de água ou caliação.

6 - PROJETO

6.1 - PROJETO EM SOLO-CIMENTO

Como complementar ao nosso relatório sobre a técnica de paredes monolíticas em solo-cimento, tem-se um projeto para construção de unidade habitacional com 29,00m².

1 - LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS

Esse levantamento refere-se apenas aos itens com participação do solo-cimento, os demais como locação, cobertura e instalações deverão ser cotados de maneira convencional.

1.1 - FORMAS, SOQUETES E GUIAS

Para este projeto foram necessários: 2 formas, 2 guias de madeira, 12 parafusos, 4 tubos de PVC separadores com 12cm de comprimento e 4 soquetes (2 para fundação e 2 para parede), que devem ser feitos segundo instruções da "Cartilha para construção de paredes monolíticas em solo-cimento (2)

A guia deve ter uma seção de 7,5cm x 12cm com 3,65m de comprimento sendo:

- 3,30m - Parte que recebe PVC
- 0,05m - Camada impermeabilizante
- 0,30m - Parte a ser enterrada

1.2 - FUNDAÇÃO

As cavas de fundação têm 30cm de largura por 50cm de profundidade.

Volume (V)

V = Comprimento total da parede x largura da cava x profundidade
1m³ do solo-cimento compactado corresponde a 2m³ de solo.

Discriminação	Unidade	Quantidade
Fundação traço 1:12	m ³	8,28
Cimento	SC	30
Solo	m ³	17

1.3 - CAMADA IMPERMEABILIZANTE

V = Comprimento total das paredes x largura da parede x espessura da camada

Discriminação	Unidade	Quantidade
Camada imperm.	m ³	0,33
Cimento	SC	2
Areia	m ³	0,07
Brita zero	m ³	0,27

1.4 - CONTRAPISO

O contrapiso tem 5cm de espessura

V = Área de piso (incluindo passeio ao redor da casa com 0,50m de largura x espessura)

Discriminação	Unidade	Quantidade
Contrapiso traço 1:15	m ³	4,21
Cimento	SC	13
Solo	m ³	7

1.5 - PISO

Para acabamento do contrapiso faz-se um cimentado liso no traço 1:4 (cimento: Areia) com 1,5cm de espessura.

Discriminação	Unidade	Quantidade
Piso	m ³	84,23
Cimento	SC	8
Areia	m ³	2

1.6 - PAREDES

As paredes tem 12cm de espessura

V= Área total das paredes x espessura

Discriminação	Unidade	Quantidade
Parêde 1:15	m ³	18,5
Cimento	SC	56
Solo	m ³	37

1.7 - PINTURA

A pintura externa e interna é feita com tinta a base de pó mineral, que também serve como impermeabilizante.

Discriminação	Unidade	Quantidade
Pintura	m ²	308,32
Tinta	latas (20kg)	5

TABELA RESUMO DE MATERIAIS

Discriminação	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Cimento	SC	109	361,00	39.349,00
Solo	m ³	61	0,0	0,0
Brita zero	m ³	0,27	1.700,00	459,00
Areia	m ³	2,07	1.600,00	3.312,00
Tinta	kg	100	8,50	850,00

Σ P_t = 43.970,00

Logo a referida unidade habitacional executada solo-cimento, através do sistema de mutirão, tendo um custo total de 43.970,00.

6.2 - PROJETO CONVENCIONAL

Para que, possamos mostrar, que a alternativa do uso de solo-cimento, reduz em torno de 40% o custo dos materiais, fizemos uma comparação entre o orçamento do projeto em solo-cimento com o projeto convencional (considerando o mesmo projeto do item 6.1).

1 - LEVANTAMENTO QUANTITATIVOS

A parte de custos foi calculado, a parti de um levantamento de quantitativos de materiais construtivos.

Para o cálculo dos preços do projeto convencional, utilizamos tabelas do PINI. Consideramos a construção em mutirão.

1.1 - FUNDAÇÃO

Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
m ³	6,38	2.303,85	14.698,56

1.2 - CAMADA IMPERMEABILIZANTE

Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
m ³	0,33	3.185,40	1.051,18

1.3 - CONTRAPISO

Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
m ³	2,61	4.606,90	12.024,01

1.4 - PINTURA

Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
m ²	308,32	0,0032	0,99

1.5 - PISO

Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
m ²	84,23	95,49	8.043,13

1.6 - PAREDES

Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
m ²	147,89	202,00	29.873,78

Discriminação	Unidade	Preço Total
Fundação	m ³	14.698,56
Cam. Imperm.	m ³	1.051,18
Contrapiso	m ³	12.024,01
Pintura	m ²	0,99
Piso	m ²	8.043,13
Paredes	m ²	<u>29.873,78</u>
		65.691,65

Então a referida unidade habitacional executada convencionalmente , sem considerar a mão-de-obra, utilizando os mesmos itens do projeto de solo-cimento, seu custo é: Cz\$ 65.691,65

Vimos que, a relação existente entre o projeto de solo-cimento e o convencional foi de 49,4% de redução, devendo esclarecer que, para o projeto convencional, não foram considerado os itens da tabela de preços unitários de: Leis Sociais, mão-de-obra e BDI.

7 - RECOMENDAÇÕES

- 1 - Quando se encontra um solo muito argiloso, deve ser corrigido, aplicando uma proporção de areia. Tornando o custo mais elevado.
- 2 - A fabricação de tijolos compactado-os individualmente em uma só forma torna-se antieconômica para a produção em maior escala.
- 3 - A umidade da mistura deve ser igual à umidade ótima do solo, obtida no ensaio de compactação.
- 4 - Recomenda-se que as equipes sejam formadas por um pedreiro e seis serventes, com produção estimada em 10,5m² de parede por dia. Para cada equipe usa-se dois pares de guias e quatro pares de formas
- 5 - Para proteger a fundação da ação das chuvas, é conveniente construir um passeio ao redor da casa.
- 6 - Para traços acima 1:18 em volume, recomenda-se o uso de equipamentos mecânicos para garantir a homogeneidade da mistura.
- 7 - A limpeza e a lubrificação das formas deve ser feita antes de qualquer uso, esta operação deve ser repetida cada vez que se utilizam as formas.
- 8 - O caixão usada durante a compactação deve ser vigorosamente reforçado, tanto no sentido vertical como horizontal, pois os esforços durante a compactação tendem a deformá-lo. Igualmente, deve-se fixá-lo às guias de modo a que não sofra qualquer deslocamento.
- 9 - Não devem ser utilizados solos que contenham matéria orgânica, pois esta pode perturbar a hidratação do cimento.

- 10 - Os tijolos só podem ser utilizados na obra após oito dias de sua fabricação.
- 11 - Geralmente o solo arenoso precisa de menos cimento para esta bilizar-se; no entanto, é necessária a presença de elementos finos (argila e Silte), para facilitar a retirada dos tijolos da prensa e posterior estoque.
- 12 - Para a fabricação da paredes monolíticas, normalmente não se usa cal, por ser esta mais indicada para uso em solos argilosos, os quais são inadequados para este tipo de construção.

8 - REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1 - Silva, Moema Ribas
Materiais de Construção/Moema Ribas Silva
São Paulo: Pini, 1985
- 2 - Bahia, Centro de Pesquisas e Desenvolvimento
Cartilha para Construção de paredes monolíticas em solo-cimento
4 Ed. rev. ampl. Rio de Janeiro, BNH/DEPEA, 1985.
- 3 - Banco Nacional da Habitação, Rio de Janeiro, Departamento de
Estudos e Pesquisas Aplicadas.
Tecnologias Simplificadas para a Construção Habitacional Re-
sumo das Experiências Realizadas. RJ, BNH/DEPEA, 1983.
- 4 - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento. THABÁ, Camaçari.
Manual de Cosntrução com Solo-cimento. Convênio CEPED/BNH/
URBIS/CONDER/PMC/OEA/CEBRACE. 3 Ed. Atual. São Paulo, ABCP, 1984.
- 5 - Uniformização das Técnicas da Aplicação do Solo-cimento na Cons-
trução Habitacional. Elaborado por BNH-DEPEA, ABCP, CEPED,
IPT, TECMOR, COHAB-SP, SEAD-PR, CETEC, CEHAB-RJ. Rio de Ja-
neiro, BNH-DEPEA, 1985.
- 6 - Associação Brasileira de Cimento Portland
Fabricação de tijolos de solo-cimento com utilização de
prensas manuais, por ABCP e Outros. São Paulo, 1985.
- 7 - Associação Brasileira de Cimento Portland
Construção de paredes monolíticas com solo-cimento
Compactado, por ABCP e Outros. São Paulo, 1985.

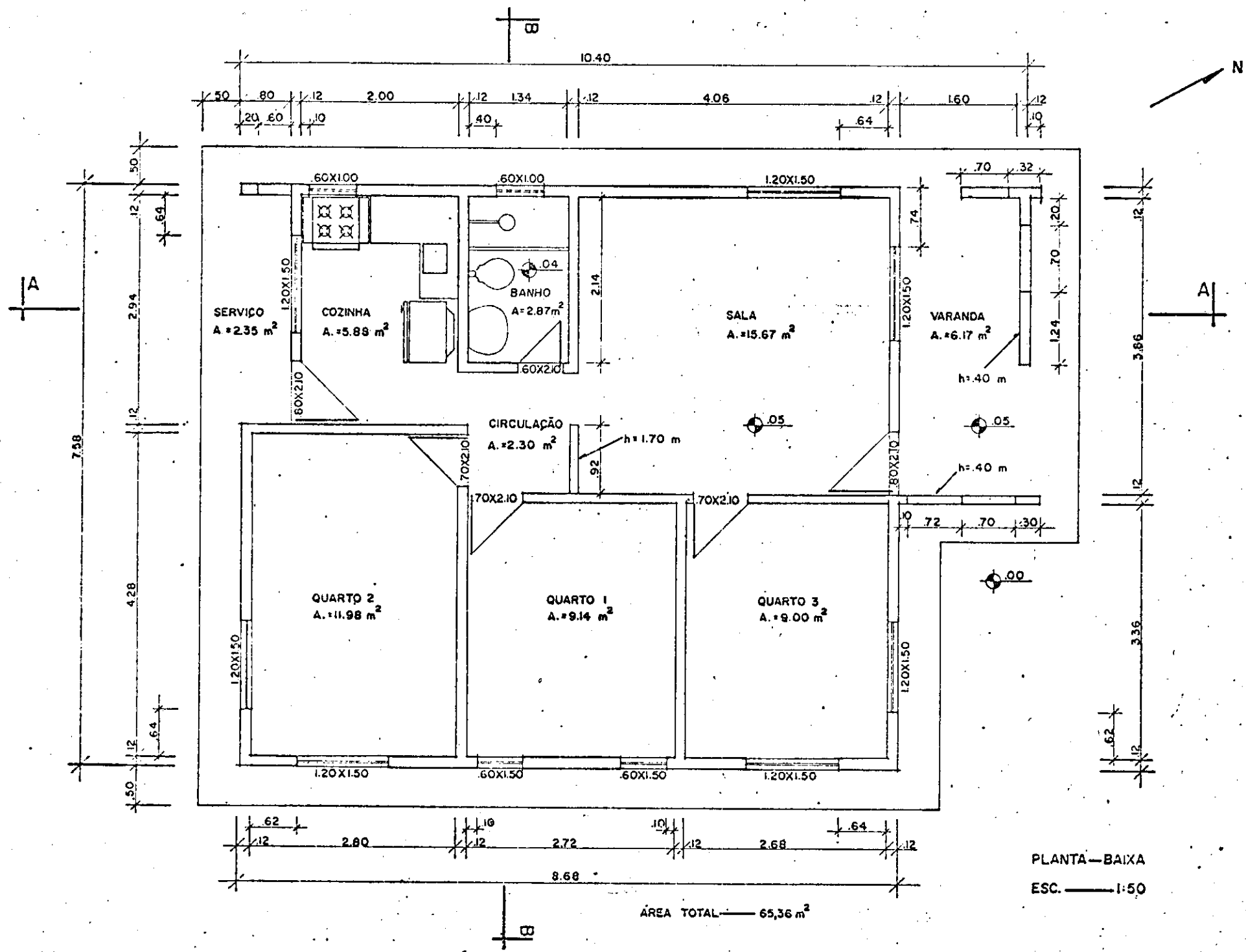
- 8 - Banco Nacional da Habitação, Rio de Janeiro. Departamento de Estudos e Pesquisas Aplicadas.
Tijolos maciços de solo-cimento; fabricação e utilização.
Rio de Janeiro, 1985.
- 9 - Vargas, Milton
Curso de Solo-cimento: identificação e classificação dos solos. 3. ed. rev. atual. São Paulo, ABCP, 1981.
- 10 - Thomaz, Carlos Alberto
Dosagem de solo-cimento em traços de um saco de cimento.
2. ed. São Paulo, ABCP, 1985.
- 11 - Associação Brasileira de Cimento Portland
Dosagem das misturas de Solo-cimento; normas de dosagem e método de ensaios. 3. ed. atual. revisada pelo Eng^o Márcio Rocha Pitta. São Paulo, 1986.

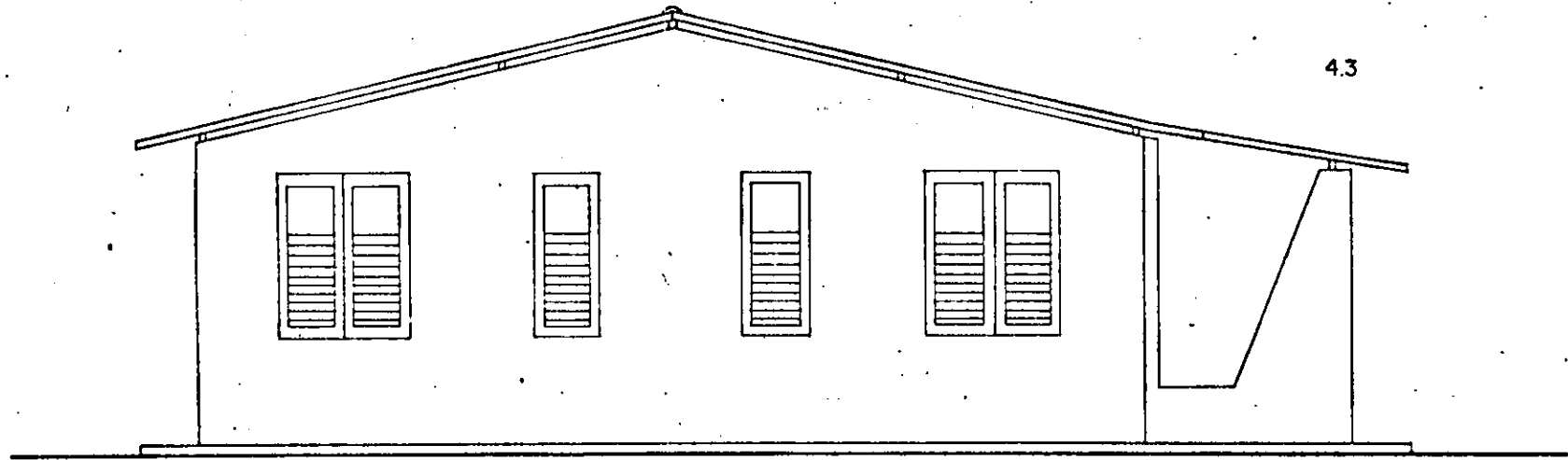
9 - CONCLUSAO

Por fim, concluo que o presente relatório me possibilitou o conhecimento do uso de material de construção, provindo das transformações de rochas. Tal a importância desse material na construção civil, que o mesmo além de ser recurso abundante, vem sendo utilizado como alternativa para solução de diversos problemas habitacionais. O solo-cimento é ideal para pequenas obras, principalmente quando a construção é executada em mutirão.

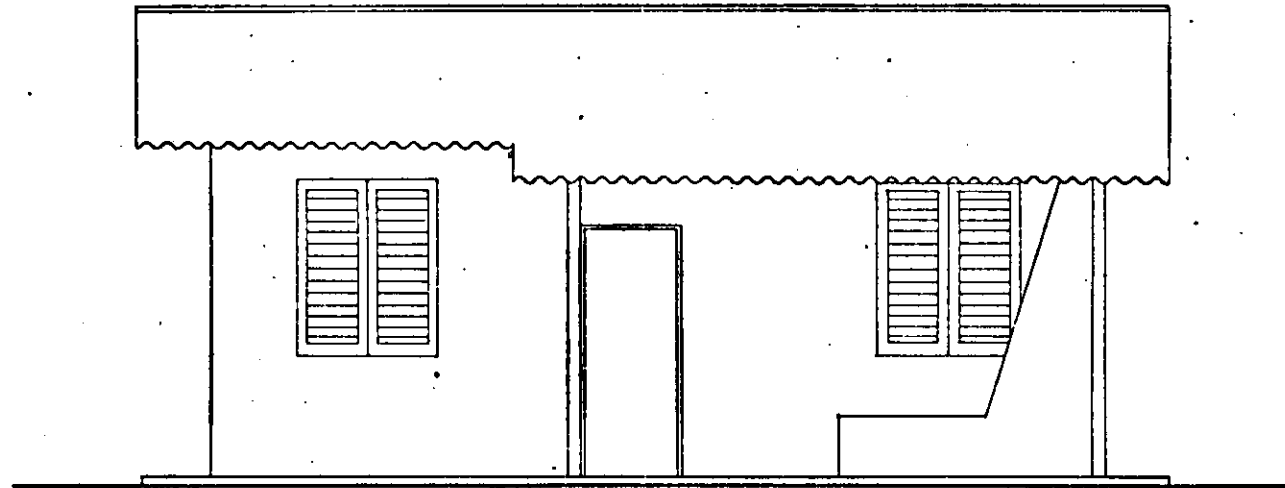
Portanto, acredito que, uma vez dominando esta técnica construtora econômica, como profissional posso, aliada ao apoio dos poderes públicos, colaborar na construção de moradias nas áreas mais carentes.

10 - A N E X O S

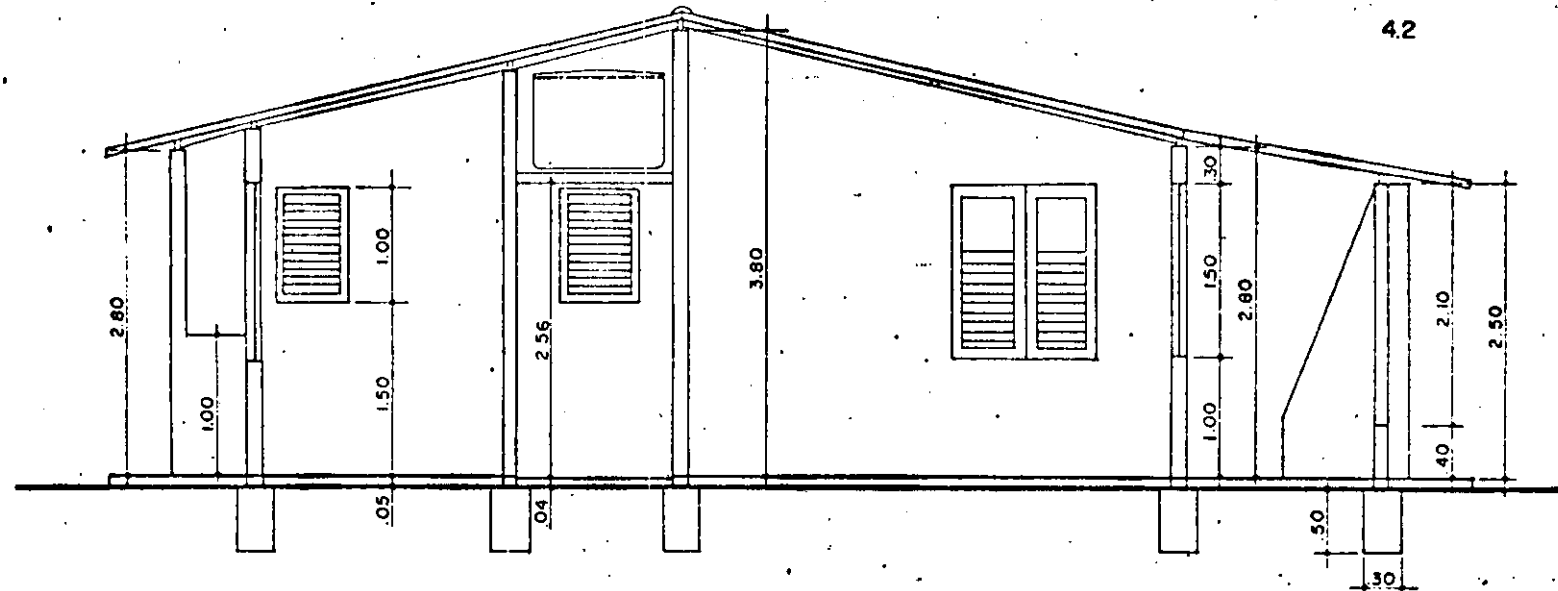




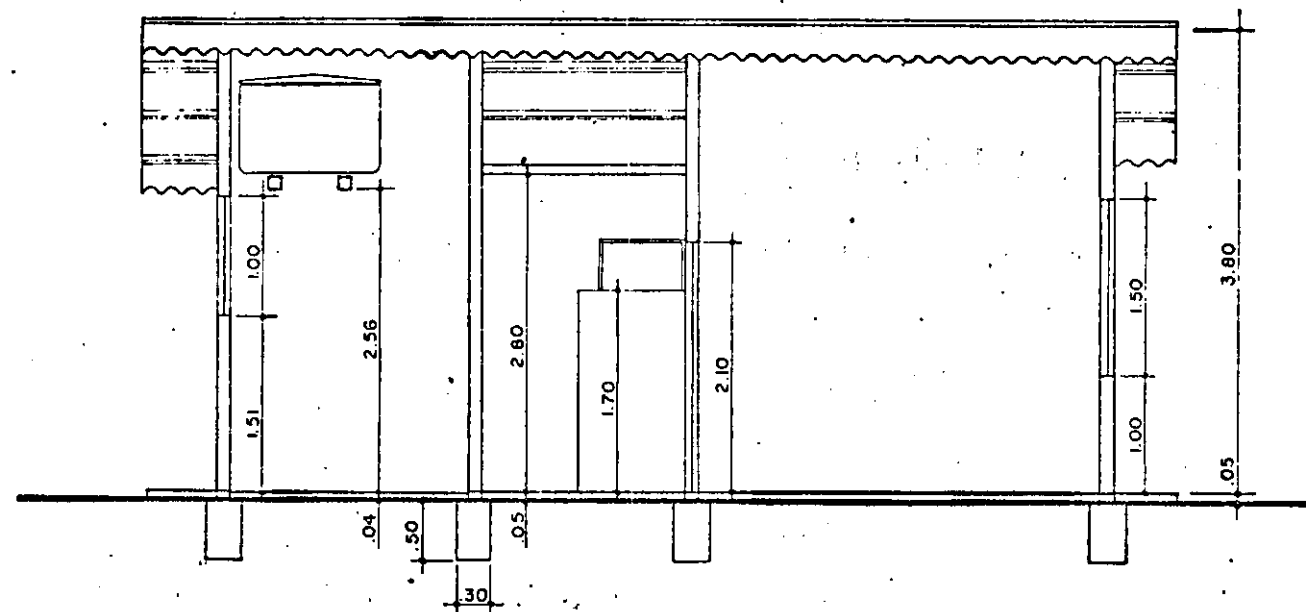
FACHADA LATERAL
ESC. ——— 1:50



FACHADA PRINCIPAL
ESC: ——— 1:50



CORTE — AA
ESC. — 1:50



CORTE — BB
ESC. — 1:50