

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA - UFPB

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

CURSO: ENGENHARIA CIVIL

DISCIPLINA: ESTÁGIO SUPERVISIONADO

PROFESSORA: EDNA CELIE DA C. MACHADO

ALUNA: GIOCONDA SANTOS E SOUZA

MATRICULA: 8321315-4

R E L A T Ó R I O

" UTILIZAÇÃO DE SOLO-CIMENTO EM HABITAÇÃO
POPULAR "

CAMPINA GRANDE - PB



Biblioteca Setorial do CDSA. Outubro de 2021.

Sumé - PB

Í N D I C E

	Pág.
1. - INTRODUÇÃO.....	01
2. - OBJETIVOS.....	03
3. - ENSAIOS PARA UTILIZAÇÃO DE SOLOS E CIMENTO.....	03
4. - DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO CONSTRUTIVO.....	05
5. - PROJETO DE SOLO-CIMENTO.....	11
6. - PROJETO CONVENCIONAL.....	17
7. - CONCLUSÃO.....	20
8. - BIBLIOGRAFIA.....	21
9. - RECOMENDAÇÕES.....	22

1. - I N T R O D U Ç Ã O

Solo-cimento é uma tecnologia usada no Brasil desde 1948, visando a construção de casas, escolas, postos de saúde e outras unidades comunitárias e sendo também utilizado na pavimentação. O solo-cimento é uma mistura bem proporcionada de solo com aglomerante hidráulico artificial (cimento Portland), de maneira que o solo seja estabilizado pelo cimento, melhorando a qualidade da mistura, esta pode ser influenciada por vários fatores como: dosagem do cimento, natureza do solo, teor de umidade e compactação. Embora quem entre em maior quantidade na mistura seja o solo, as quantidades dos materiais "devem" ser determinadas através de ensaios de laboratório, muito embora existam ensaios de campo bem eficazes de acordo com o tipo de solo e cimento a serem usados. De posse da análise de solo, determina-se a dosagem de cimento mais adequada para que a mistura final tenha as melhores características possíveis.

Quanto a normalização, como cita o livro "Materiais de Construção de Moema Ribas Silva (1), o maior responsável pelas pesquisas referentes a ela é o CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Bahia que introduziu alterações às normas da ABCP, já que as pesquisas do CEPED são mais voltadas para as paredes monolíticas e as da ABCP são mais voltadas para a pavimentação. Visto isso a ABCP fixou critérios para a aplicação do solo-cimento na construção de paredes como:

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

- Ensaio de Durabilidade { 14% solos arenosos
{ 10% solos siltos
{ 7% solos argilosos,

critérios estes que são indicados pela ABCP para cargas de telhados sobre paredes de 0,75 MPa (coeficiente de segurança 5) e carga sobre pilares de concreto de 0,5 MPa.

O CEPED por sua vez se mostra mais severo a respeito do critério do ensaio de durabilidade.

As formas de utilização do solo-cimento são as execuções de paredes monolíticas, blocos, tijolos, lajotas para piso, telhas, pias, etc.

A utilização do solo cimento apresenta vantagens e desvantagens que devem ser analisadas por quem vai executar o projeto. As vantagens são:

- Alta durabilidade e boa resistência ao desgaste, o que evita o uso de revestimento e manutenção reduzida;
- Baixa variação de volume devido a umidade;
- Boa resistência às intempéries;
- Bom isolamento térmico;
- Baixo custo, devido ao aproveitamento da matéria-prima local, economia de transporte (já que não há necessidade de recozimento dos tijolos em outro local) e mão-de-obra não especializada gratuita (já que pode-se usar o sistema mutirão). Esta característica é a mais observada;
- Processo de fácil e simples aprendizado para quem vai executar;
- Maior conforto e higiene.

As desvantagens são:

- No caso da construção estar presente em local onde haja variedade muito grande de solos, haverá necessidade de frequentes ensaios de caracterização o que alteará bastante os custos;
- A massa específica dos tijolos de solo-cimento são maiores que dos tijolos comuns.

Assim, podemos resumir afirmando que, o processo é simples, apresenta mais vantagens do que desvantagens, oferece conforto aos moradores e tem a sua importante função social, uma vez que pode-se usar o sistema mutirão para

tornar viável o emprego de solo-cimento melhorando as condições de moradia e aquisição das unidades para famílias de baixo poder aquisitivo.

2. - O B J E T I V O S

O objetivo deste trabalho é desenvolver a tecnologia alternativa de solo-cimento, como também comparar os custos relativos a uma unidade habitacional de solo-cimento com uma de alvenaria convencional.

3. - ENSAIOS PARA UTILIZAÇÃO DE SOLOS E CIMENTO

3.1. - ENSAIOS REALIZADOS NO LOCAL DA OBRA

3.1.1. - ENSAIO DA CAIXA

Consiste em tomar uma porção de terra sem torrões, adicionar água até quando a mistura aderir a colher de pedreiro, colocar a mistura numa caixa de madeira com as dimensões internas de 6,0 x 8,5 x 3,5 cm, previamente lubrificada com óleo diesel. Deixar a caixa na sombra e verificar após sete dias a retração no sentido do comprimento, se a retração total não exceder 2 cm e se não houver trincas nas amostras, o solo serve para a utilização do processo.

3.1.2. - ENSAIO DO VIDRO

- Coloca-se metade do volume de um recipiente de 1 litro de solo, completa-se o restante com água, em seguida mexe e deixa que as partículas sedimentem, faz-se a leitura da altura da camada de solo, obtendo-se L1.

- Lava-se o material até que a água passando pelo solo saia limpa, fazendo-se uma nova leitura da altura da camada, obtendo-se L2.

- Se a relação $A = \frac{L2}{L1} \times 100$ for de 50 a 90%, o solo é adequado para uso em solo-cimento.

3.1.3. - ENSAIO DO CORDÃO

3.1.4. - ENSAIO DA FITA

3.1.5. - ENSAIO DO BOLO

3.1.6. - ENSAIO DA RESISTENCIA SECA

Embora existam todos estes tipos de ensaios de campo não es- creveremos sobre os quatro últimos por se usar mais os dois primeiros.

3.2. - ENSAIOS REALIZADOS NO LABORATÓRIO

- Preparação da amostra de solo para ensaio de compactação e Ensaio de caracterização (NBR6457);
- Análise Granulométrica do solo (NBR7181);
- Solo-Determinação do Limite de Liquidez (NBR 6459);
- Solo-Determinação do Limite de Plasticidade- (NBR7180).

Os solos mais adequados são os que se encaixam nas seguintes características:

1. - % passando # 4,8 mm - 100%
2. - % passando # 0,075 mm - 10 a 50%
3. - Limite de Liquidez - 45%
4. - Limite de Plasticidade 18%

3.3. - CIMENTO

Os cimentos que poderão ser utilizados deverão atender as seguintes especificações: NBR 5732 - Cimento Portland Comum, NBR 5736 - Cimento Portland Pozolânico.

4. - DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO CONSTRUTIVO

4.1. - PAREDE MONOLÍTICA

4.1.1. - NIVELAMENTO DO TERRENO

Quando se fizer necessárias as operações referentes a nivelamento de terreno, devem ser executadas como numa construção convencional.

4.1.2. - PREPARO DA MISTURA DE SOLO-CI - MENTO

PENEIRAMENTO

Antes de efetuar a mistura, o solo deve ser peneirado numa malha de 5mm x 5mm, estando isento de matéria orgânica e umidade.

DOSAGEM

Deve-se usar o traço 1:15 (cimento,solo) em média, para paredes e contra-piso.

CONTROLE DA UMIDADE

Adiciona-se o cimento ao solo até que estejam completamente misturados (nota-se isso através de uma coloração uniforme), após isso vai se acrescentando água aos poucos, com o objetivo de atingir-se a umidade ótima e o controle é feito tomando-se um punhado da mistura na mão e apertando-se, ao abrir a mão, a marca dos dedos deve estar presente no bolo, se isto não ocorrer é porque a mistura ainda está muito seca e deve-se adicionar mais água. Em seguida deve-se deixar o bolo cair de uma altura de 1,0 cm aproximadamente, se ele ao cair não esfarelar é porque a mistura está muito úmida.

CONTROLE DA COMPACTAÇÃO

A mistura estará bem compactada quando o sequete produzir um som seco, ou então levantar a mistura ao redor. As camadas da mistura solta devem ter espessura de 20 cm no máximo.

4.1.3. - EXECUÇÃO DA FUNDAÇÃO

Deve-se usar o traço 1:12 (cimento,solo) para executar a fundação, é uma fundação corrida, que tem as dimensões calculadas como se fosse com materiais convencionais. Geralmente para uma casa popular, utiliza-se as dimensões de 30 (largura) x 50 (profundidade).

A locação e abertura das cavas também são feitas como construções convencionais.

A execução da fundação é feita lançando a mistura em camadas e no máximo 20 cm e compactando com o soque-

te apropriado.

4.1.4. - ASSENTAMENTO DAS GUIAS

- A cava da guia é feita com 30 cm de profundidade.

- O assentamento da guia é feito de modo que o tubo de PVC fique voltado para o lado que vai ser executado o painel.

- Para fixar a guia no chão, deve-se lançar solo solto ao redor e compactar com a mesma aprumada.

- Deve-se escorar as guias, para que as paredes não fiquem desalinhadas.

- Após a execução do painel e retirada das guias, preenche-se as cavas com a mistura no traço da fundação e compacta-se.

4.1.5. - NIVELAMENTO DO PISO E CAMADA IMPERMEABILIZANTE DA FUNDAÇÃO

Após compactação da fundação, deve-se aplicar uma camada impermeabilizante com 5 cm de espessura, no traço 1:2:8 (cimento, areia, impermeabilizante).

4.1.6. - EXECUÇÃO DAS PAREDES

- A execução das paredes pode processar-se imediatamente após o ítem acima, esta pode ser tanto monolítica quanto de tijolos de solo-cimento, neste último caso a execução das paredes é feita como se fosse tijolo convencional.

- Deve-se observar que em terrenos inclinados, quando é necessário cortar ou aterrar, no caso de aterro

é importante engrossar a parede na base até o nível do contra piso.

- A execução das paredes monolíticas é feita colocando-se a mistura em camadas de 20 cm no máximo e compactando uniformemente ao longo de toda a forma.

OBSERVAÇÕES: 1) Deve-se ter cuidados nos cantos e locais onde não há penetração do soquete, então usa-se o cabo do soquete para compactar os cantos.

2) Deve-se fazer ranhuras tanto nas superfícies de camada impermeabilizante, antes do início de execução da parede, quanto quando o levantamento da parede for paralisada, para obtenção de uma melhor aderência.

- A retirada da forma pode ocorrer imediatamente após completada sua compactação.

- Em seguida, monta-se a forma para a camada seguinte (isso se o solo não for muito arenoso, se for, só faça a desmoldagem após a compactação da forma superada.)

- Quando completar o painel alise as juntas, uniformizando o acabamento.

Os detalhes referentes a execução das paredes como: encontro das paredes, colocação de esquadrias, execução da verga e execução da empena serão omitidos neste item.

4.1.7. - DIMENSIONAMENTO DAS PAREDES

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 para esbeltez (λ) da peça.

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

$$\lambda = \frac{L}{r} \text{ onde } L = \text{altura (cm)}$$
$$r = \text{raio de giro}$$
$$L_f = \text{comprimento de flambagem}$$

p/ $\lambda = 80$ $r = \frac{d}{12}$ $d = \text{espessura da parede em cm.}$

logo $d = \underline{0,043 L}$

Com o pé direito de 2,80 cm teremos: $d = 0,043 \times 2,8 = 12,04$

$$d = 12 \text{ cm}$$

Este dimensionamento é válido para construções de um pavimento on
de as cargas não ultrapassam 1 kgf/cm^2 .

4.1.8. - CURA DAS PAREDES

A cura deve ser iniciada doze horas a-
pós a execução das paredes, molhando-se bem, três vezes ao dia ,
durante oito dias para que se obtenha a resistência desejada.

4.1.9. - INSTALAÇÕES E COBERTURA

As instalações hidráulicas, elétricas e
sanitárias e cobertura (qualquer tipo) são executadas como numa
construção convencional, tornando-se , ou tomando-se o cuidado -
de, no caso de instalações embutidas efetuar os sulcos nas pare-
des até 24 horas após a compactação das mesmas.

4.1.10. - PISO

Pode-se usar qualquer tipo de piso, po

rêm torna-se mais econômico e não acarreta problemas na execução, um piso cimentado, este pode ser executado da seguinte forma:

- Compactar uma camada de solo-cimento para servir de base e regularizar o piso, com espessura de 5 cm.

- Aplicar um cimentado de 1,5 cm no traço 1:6 (argamassa de cimento, areia).

4.1.11. - PINTURA

Para obtenção de aderência e de impermeabilização numa construção de solo-cimento deve-se pintá-la - (principalmente por fora) com tinta à base de pó mineral (Super-cimentol, conservado "p" etc), antes porém deve-se molhar a parede.

4.1.12. - PASSEIO

Deve-se construir um passeio ao redor da casa, para proteção da fundação.

4.2. - TIJOLO DE SOLO-CIMENTO

O desenvolvimento do processo construtivo visando a aplicação do tijolo de solo-cimento é quase idêntico ao da parede monolítica, mantendo-se inalterados os itens: 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.5, 4.1.9, 4.1.10, 4.1.11 e 4.1.12 e incluindo-se o que se segue.

4.2.1. - FABRICAÇÃO DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM A UTILIZAÇÃO DE PRENSAS MANUAIS

- No processo de fabricação, o solo deve ter umidade baixa e ser preparado, desagregando-se os torrões e

eliminando-se o material retido na peneira 4,8 mm da ABNT.

- A quantidade de solo e cimento a ser misturada deverá ser um volume para fabricar tijolos durante 1h de funcionamento da prensa.

- A mistura é colocada na prensa e após a prensagem os tijolos são levados para a área de cura (após 6 horas da moldagem e durante 7 dias).

4.2.2. - EXIGÊNCIAS DA ABNT

- A quantidade de cimento mínima é a que proporcionar a resistência a compressão média igual a 2,0 MPa e mínima igual a 1,7 MPa (7 dias).

- A absorção média de água não deve ser superior a 20%.

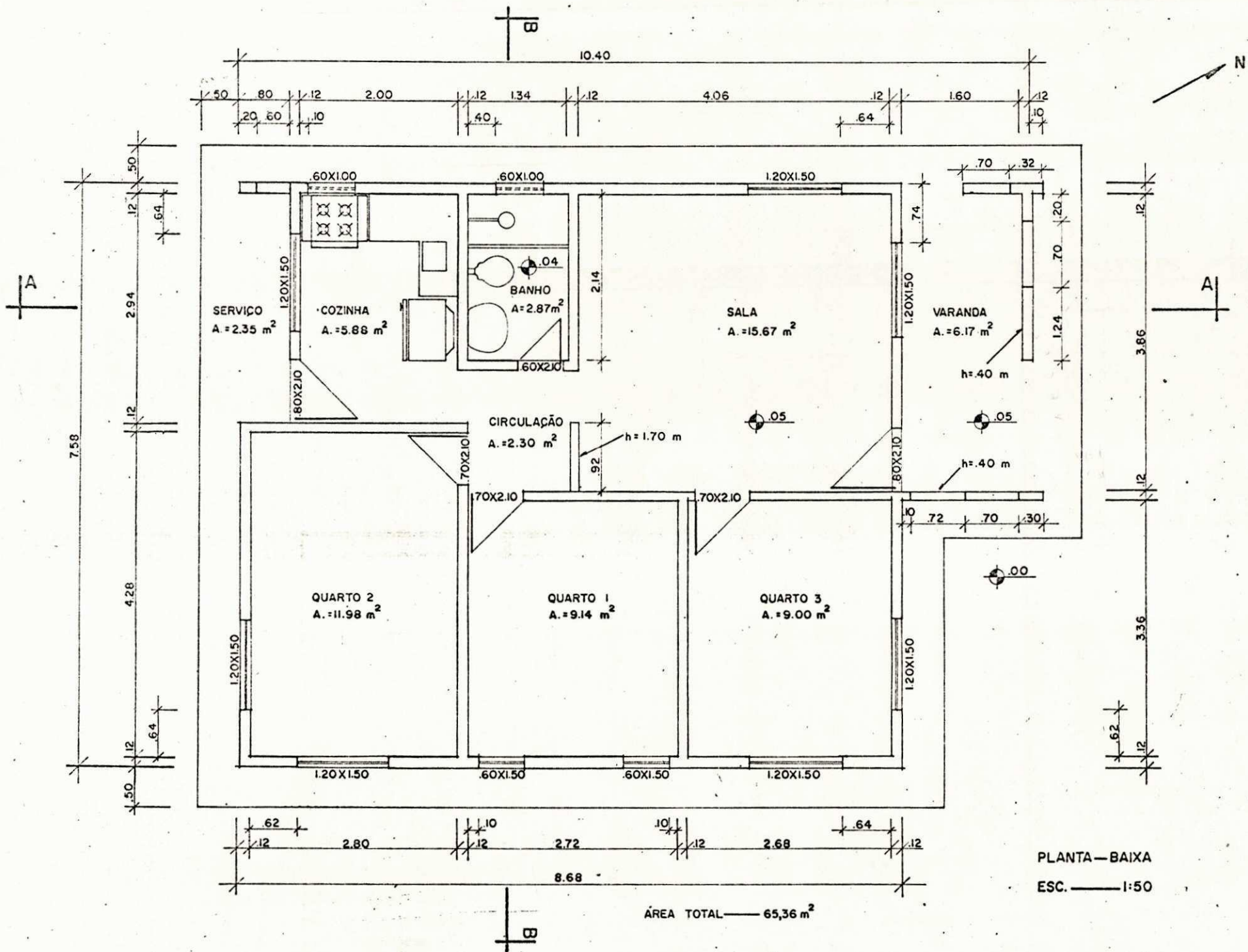
- Os ensaios realizados devem ser de acordo com a NBR 8492.

- Tipos e dimensões nominais serão as constantes na tabela abaixo:

DESIGNAÇÃO	COMPRIMENTO (CM)	LARGURA (CM)	ALTURA (CM)
Tipo I	20	9,5	5
Tipo II	23	11	5

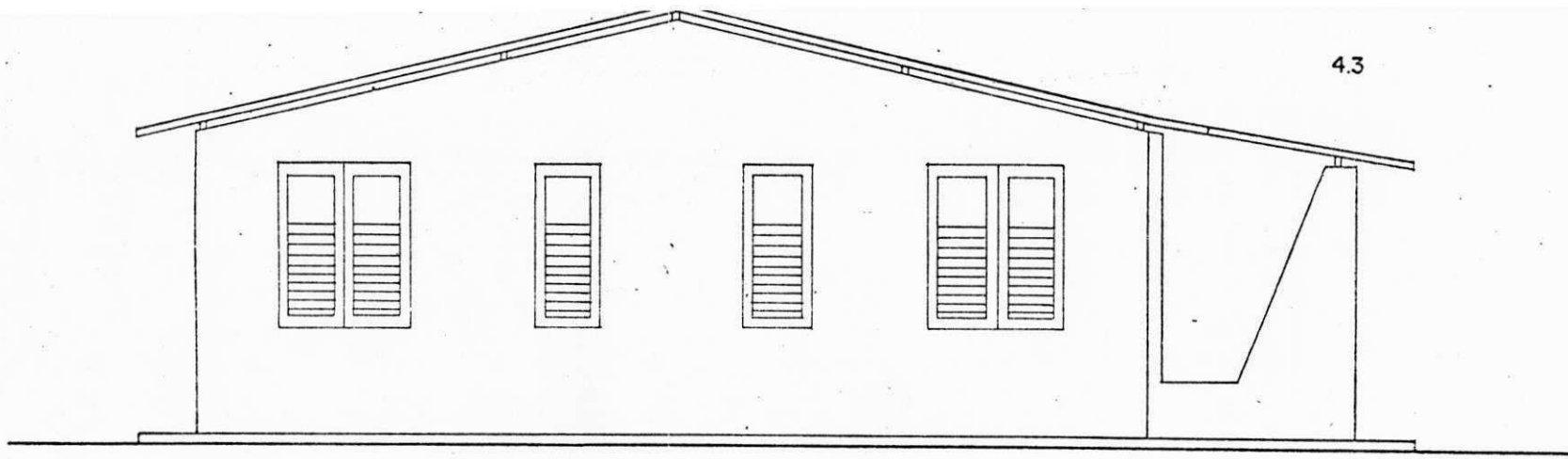
5. - PROJETO DE SOLO-CIMENTO

A seguir.

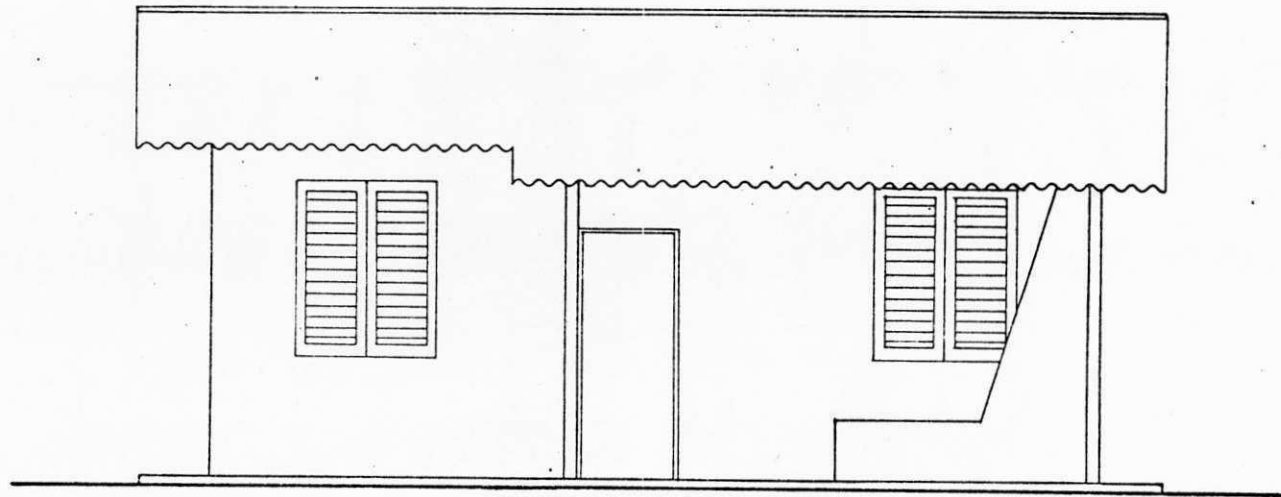


ÁREA TOTAL — 65,36 m²

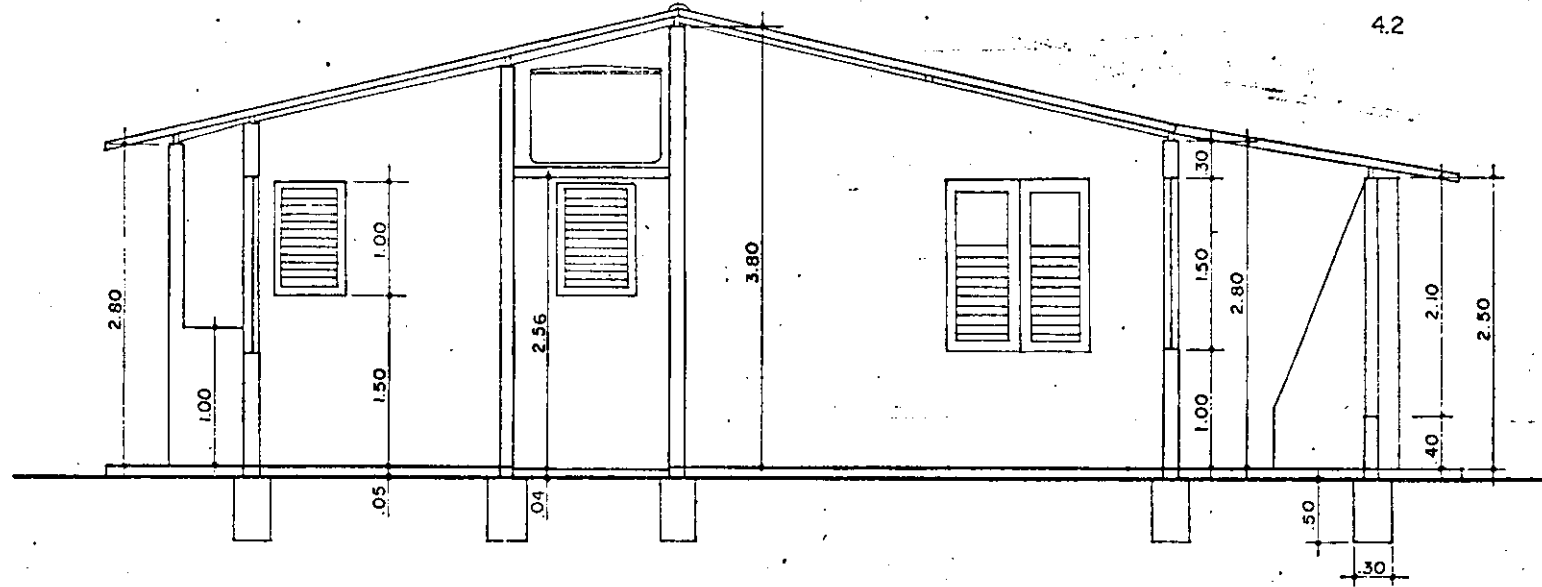
PLANTA—BAIXA
ESC. — 1:50



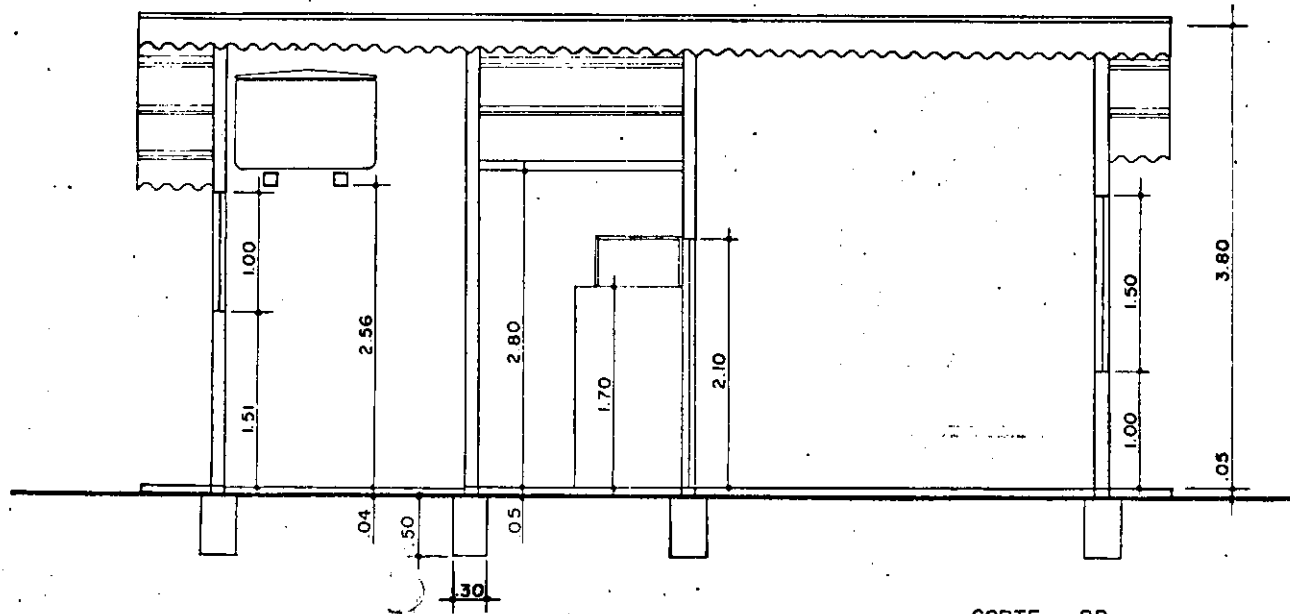
FACHADA LATERAL
ESC. ——— 1:50



FACHADA PRINCIPAL
ESC. ——— 1:50



CORTE — AA
ESC. — 1:50



CORTE — BB
ESC. — 1:50

5.1. - LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS

5.1.1. - FUNDAÇÃO

Volume Fundação = Seção escavação x perímetro

DISCRIMINAÇÃO	UND	QUANTIDADE
Fundação (1:12)	m ³	8,28
Cimento	sc	30
Solo	m ³	17

5.1.2. - CAMADA IMPERMEABILIZANTE

Volume Camada Impermeabilizante = Espessura Camada x Largura Parede x Perímetro

DISCRIMINAÇÃO	UND	QUANTIDADE
Camada Impermeabilizante (1:2:8)	m ³	0,33
Cimento	sc	2
Areia	m ³	0,07
Brita Zero	m ³	0,27

5.1.3. - CONTRAPISO

Volume Contrapiso = Espessura Camada x Área Piso

DISCRIMINAÇÃO	UND	QUANTIDADE
Contrapiso (1:15)	m ³	4,21
Cimento	sc	13
Solo	m ³	7

5.1.4. - PISO

Volume Piso x Área Piso x Espessura Piso

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANTIDADE
Piso (1:4)	m ²	84,23
Cimento	sc	8
Areia	m ³	2

5.1.5. - PAREDES

Volume Paredes = Área Perede x Espessura Parede

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANTIDADE
Paredes (1:5)	m ³	18,5
Cimento	sc	56
Solo	m ³	37

5.1.6. - PINTURA

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANTIDADE
Pintura	m ²	308,32
Tinta	latas (20 kg)	5

5.1.7. - TABELA RESUMO DE MATERIAIS

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANTIDADE	PREÇO UNIT.	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	340,00
Areia	m ³	2,07	1.600,00	3.312,00
Tinta	kg	100	8,50	850,00
TOTAL				43.851,00

OBS: Quadro auxiliar para comparação de custos, página 19a.

Então, a referida unidade habitacional executada em solo-cimento, utilizando mão-de-obra gratuita (sistema mutirão), com relação aos itens discriminados, custa Cz\$ 43.851,00 - (Quarenta e tres mil, oitocentos e cinquenta e hum cruzados).

6. - PROJETO CONVENCIONAL

6.1. - FUNDAÇÃO

UNID	QUANT.	PU	PREÇO TOTAL
m ³	6,38	2303,85	14.705,88

6.2. - CAMADA IMPERMEABILIZANTE

UNID	QUANT.	PU	PREÇO TOTAL
m ³	0,33	3185,4	1051,18

6.3. - CONTRAPISO

UNID	QUANT.	PU	PREÇO TOTAL
m ³	2,61	4606,90	12.025,05

6.4. - PISO

UNID	QUANT.	PU	PREÇO TOTAL
m ²	84,23	95,49	8043,13

6.5. - PAREDES

UNID	QUANT.	PU	PREÇO TOTAL
m ²	147,89	202,00	29.874,46

6.6. - PINTURA

UNID	QUANT.	PU	PREÇO TOTAL
m ²	308.32	0,0032	0,99

6.7. - QUADRO RESUMO MATERIAIS

DISCRIMINAÇÃO	UNID.	PREÇO TOTAL Cz\$
Fundação	m ³	14.705,88
Camada Impermeab.	m ³	1.051,18
Contrapiso	m ³	12.025,05
Pintura	m ²	0,99
Piso	m ²	3.043,13
Paredes	m ²	9.874,46
TOTAL		65.700,69

Então , a referida unidade habitacional executada convencionalmente, sem considerar a mão-de-obra, utilizando os mesmos itens do projeto de solo cimento, custa Cz\$ 65.700,69 (oitenta-e-sete mil, oitocentos-e-dez-cruzados e-quarenta-e-seis-centavos).

OBSERVAÇÃO: - Para cálculo dos preços unitários, do projeto convencional usaram-se tabelas do PINI, porém, não foram considerados os Ítens da tab. PU.: Leis Sociais, Mão-de-Obra e BDI.

Observa-se que o preço total da unidade executada em solo-cimento foi 49,9% mais econômico do que a unidade executada em alvenaria convencional.

- percentual este obtido da seguinte forma:

$$X = \frac{65.700,69^*}{43.851,00^{**}} \Rightarrow X = 1,499 \quad \text{fração esta que indi}$$

ca haver uma vantagem de 49,9% do projeto solo-cimento sobre o projeto convencional.

* relativo ao projeto convencional

** relativo ao projeto em solo-cimento

5.1.8. - QUADRO AUXILIAR PARA COMPARAÇÃO DE CUSTOS

DISCRIMINAÇÃO	UNID	PREÇO TOTAL
Fundação	m ³	10.830,00
Cam. Impermeabilizante	m ³	1.293,00
Contra piso	m ³	4.693,00
Pintura	m ³	850,00
Piso	m ³	3.088,00
Paredes	m ³	20.216,00
TOTAL		43.851,00

7. - C O N C L U S Ã O

Concluindo podemos afirmar que a tecnologia alternativa de solo cimento apresenta mais vantagens que desvantagens, vantagens estas que se exprimem nos vários í- tens citados na introdução e mais significativamente nos custos, pois como podemos observar através dos orçamentos dos projetos executados convencionalmente e em solo-cimento, o custo deste último foi 49,9% mais econômico do que o do primeiro.

8. - BIBLIOGRAFIA

- 01 - SILVA, Moema Ribas. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO. São Paulo: Pini, 1985.
- 02 - CENTRO de Pesquisas e Desenvolvimento. Thaba, Camaçari. Manual de Construção com solo-cimento. Convênio CE - PED/BNH/URBIS/CONDERN/PMC/OEA/CEBRACE. 3a. ed. Atual São Paulo, ABCP, 1984.
- 03 - CENTRO de Pesquisas e Desenvolvimento - BA. Cartilha para construção de paredes monolíticas em solo-cimento 4a ed. Rio de Janeiro BNH/DEPEA, 1985.
- 04 - VARGA, Milton. CURSO DE SOLO-CIMENTO: IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS. 3a. ed, REv. Atual , São Paulo, ABCP, 1981.
- 05 - ABCP, Construção de paredes monolíticas com Solo-Cimento Compactado por ABCP e outros, São Paulo, 1985.
- 06 - ABCP, Fabricação de Tijolos de Solo-Cimento com a utilização de prensas manuais, por ABCP e outros, São Paulo, 1985.
- 07 - TCP08. Sistema PINI Todos os Direitos Reservados, São Paulo, PINI, 1984.

9. - RECOMENDAÇÕES

1. - Não deve-se usar solos muito argilosos na confecção de paredes monolíticas e tijolos de solo-cimento, pois isso acarreta uma elevação tão substancial do custo que pode eliminar a vantagem do uso do solo-cimento, já que o referido solo necessita de quantidades de areia e cimento para sua estabilização e levadas.
2. - Deve-se fazer o estudo comparativo de custos (edificação convencional x edificação solo-cimento) incluindo-se, além destes itens citados no relatório, os itens: telhas, são de ótima qualidade e fácil confecção.
3. - Na confecção de tijolos com solos muito arenosos, deve-se, após a retirada dos mesmos da prensa para a bandeja, deixar esperar um dia até que haja a condução para a área de cura, devido a facilidade com que os mesmos se quebram, devido a movimentação intensa.
4. - A construção de habitações com utilização de solo-cimento, embora não apresente dificuldades, deve ser, de preferência, orientada por profissionais conhecedores da tecnologia do material e da técnica de execução, pelo menos na fase inicial.