

III SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
(SILUBESA)

TEMA 6

TECNOLOGIA DE BAIXO CUSTO PARA PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

FUNDOS FALSOS AMOVÍVEIS, PRÉ-FABRICADOS, DE CONCRETO ARMADO, PARA ETA'S
DE PEQUENA VAZÃO: PROPOSIÇÃO INICIAL E APLICAÇÃO POSTERIOR

MARCOS ROCHA VIANNA

R E S U M O

A partir da idéia de se construir fundos falsos de filtros utilizando vigas pré-fabricadas de concreto armado de seção triangular, o autor desenvolveu um modelo de fácil construção, montagem e desmontagem, que vem sendo intensamente utilizado em estações de tratamento de água de pequenas cidades no interior do estado de Minas Gerais, Brasil. Posteriormente, esse modelo foi utilizado na recuperação de um sistema de filtros de fluxo ascendente da ETA de uma aciaria, atestando a simplicidade e flexibilidade da idéia. As obras puderam ser realizadas escalonadamente, sem necessitar de mão de obra especializada e sem paralisar o funcionamento da aciaria.

Este trabalho descreve o desenvolvimento da idéia e a montagem de fundos falsos utilizando essa solução, atualmente adotada em mais de duas dezenas de estações de tratamento de água em todo o estado.

1. INTRODUÇÃO.

A experiência do Departamento de Engenharia Hidráulica e, em especial, do autor, na área do tratamento de água destinada a sistemas de pequeno porte, visando o atendimento de pequenas comunidades urbanas, teve início na primeira metade da década de 1970. Nessa época, o DEH participou intensamente, embora não diretamente, do denominado "Programa-Piloto de Pequenas Comunidades", sob responsabilidade da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA - MG. Tal participação ocorreu por vias diferentes. Naquela oportunidade, um dos professores deste Departamento ocupava o cargo de Diretor de Expansão da COPASA - MG; a essa diretoria encontrava-se subordinado o citado Programa Piloto. Outros professores assessoravam tecnicamente algumas empresas projetistas, contratadas para desenvolver os projetos do Programa. Já o autor trabalhava na Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB que, então, desempenhava a função de Órgão Técnico do extinto Banco Nacional da Habitação - BNH. Esse banco financiava, no Brasil, projetos e obras de saneamento básico. Tais funcionamentos eram então condicionados à aprovação prévia dos projetos pelo Órgão Técnico.

A reunião desses profissionais no Departamento de Engenharia Hidráulica permitiu que este Departamento ficasse dotado de invejável experiência multidisciplinar, no que se refere à problemática do suprimento de água de comunidades de pequeno porte, envolvendo desde o estudo da forma de ataque ao problema, estudos de viabilidade técnico-econômica, elaboração e detalhamento do projeto, implantação da obra e gerenciamento do sistema implantado.

Entre os trabalhos desenvolvidos, destaca-se o acompanhamento da permanente evolução dos projetos de estações de tratamento de água padrão COPASA - MG, cuja descrição constitui tema do trabalho apresentado por este Departamento no XIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental (VIANNA, 1984). Durante esse desenvolvimento, a COPASA - MG manifestou a vontade de contar com um tipo de fundo de filtro que fosse amovível e que, de preferência, pudesse ser fabricado no próprio canteiro de obras

A concepção, construção e testes dos protótipos, utilização nas ETA's padrão COPASA - MG e um caso de aplicação do modelo de fundo desenvolvido pelo DEH numa situação não imaginada originalmente como possível aplicação do modelo, é o que se apresenta nos itens a seguir.

2. A IDÉIA E SUA EVOLUÇÃO

Durante as discussões em que foram definidas as condicionantes básicas para a elaboração dos projetos de ETA's padrão COPASA - MG para comunidades de pequeno porte, um dos desejos manifestados por essa Companhia foi o de dotar suas estações de tratamento, construídas de concreto armado, de fundos de filtros amovíveis, capazes de possibilitarem a inspeção do fundo propriamente dito sem a necessidade de efetuar demolições e recomposições demoradas e operacionalmente incômodas.

Para que esse objetivo fosse alcançado, muitas idéias foram apresentadas e discutidas entre técnicos da COPASA - MG e LEME ENGENHARIA, e pelos professores do Departamento de Engenharia Hidráulica da EE.UFMG. Finalmente, chegou-se a um modelo capaz de atender às expectativas de todos os que participaram dessas discussões (figura 2), baseado no modelo apresentado por Arborel V. (1973) (figura 1), e providenciou-se a construção de três protótipos, bem como da câmara de testes de perdas de carga.

3. CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS

Os protótipos foram construídos utilizando-se formas de madeiras compensada plastificada. Dada a impossibilidade de utilização de vibradores, o concreto empregado, preparado com cimento, areia e brita zero no traço 1:2, 5:3,5 em volume, utilizou o menor fator água-cimento que possibilitasse seu preparo manual, de modo que as camadas de concreto eram socadas no interior da forma, à medida que eram lançadas em seu interior.

A armadura foi confeccionada de acordo com orientação fornecida pela LEME ENGENHARIA.

As vigas, construídas uma a uma, foram desformadas três dias após sua confecção.

4. EXECUÇÃO DOS ENSAIOS DE PERDA DE CARGA

Após construídos os três protótipos, construiu-se um pequeno tanque destinado aos ensaios de perdas de carga das vigas pré-fabricadas.

A câmara destinada ao assentamento das vigas foi construída de modo a ter formas e dimensões idênticas à dos filtros das ETAs padrão $\bar{Q} = 12$ l/s, possibilitando o assentamento de três vigas pré-fabricadas. Suas dimensões em planta eram 1,00 m x 1,00 m.

Os resultados dos ensaios efetuados são apresentados nos quadros 1, 2 e 3. Do ajuste de uma equação do segundo grau aos valores obtidos, através do método dos mínimos quadrados, obteve-se a expressão $h_f = 3,48 v^2$.

5. CONCLUSÕES

Ao fim dos trabalhos, os protótipos mostraram que o modelo adotado atenderia às premissas fixadas pela COPASA - MG e projetista, apresentando, entre outras, as seguintes vantagens:

- Construção relativamente simples, possibilitando a utilização da mão-de-obra local para esse fim;
- Montagem e desmontagem simples e rápidas, dispensando a utilização de argamassas e vedantes especiais, que exijam operações de demolição em sua desmontagem e secagem e/ou cura na montagem;
- Possibilidade de utilização imediata após a montagem;
- Baixo custo;
- Pequena perda de carga durante as operações de filtração e lavagem.

A figura 4 ilustra a sequência de montagem do fundo falso numa ETA padrão

COPASA - MG $Q = 12 \text{ l/s}$.

6. APLICAÇÃO PRÁTICA: ETAs PADRÃO COPASA-MG ATUALMENTE EM OPERAÇÃO QUE ADOTARAM A SOLUÇÃO PROPOSTA

Existem atualmente mais de 27 estações de tratamento de água nesta situação. O quadro 4 discrimina algumas delas, com suas capacidades de tratamento correspondentes.

7. APLICAÇÃO PRÁTICA NÃO PREVISTA ORIGINALMENTE: RECUPERAÇÃO DE ETA INDUSTRIAL

O autor foi convocado para estudar e solucionar o fenômeno que vinha ocorrendo periodicamente com os clarificadores de contato de uma instalação industrial. Os fundos falsos dessas unidades, do tipo de blocos cerâmicos, rompiam-se, algumas vezes imediatamente após o re-assentamento dos novos blocos, instalados em substituição aos que se haviam danificado, especialmente por ocasião das chuvas.

Após formular as possíveis hipóteses para a ocorrência do fenômeno, e testar algumas possíveis soluções, optou-se pela total substituição do fundo de blocos cerâmicos. Em seu lugar, foram adotadas as vigas amovíveis descritas neste trabalho. A íntegra do estudo efetuado nessa estação de tratamento de água industrial foi apresentada durante o 13º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (VIANNA E RIBEIRO, 1985), realizado em Maceió, em agosto de 1985.

8. AGRADECIMENTOS

O autor agradece à COPASA MG o apoio financeiro para a execução deste trabalho, e à confiança que vem sendo depositada na EE.UFMG, através de seus Departamentos de Engenharia Hidráulica e Sanitária, para a realização dos diversos estudos experimentais já realizados e ora em andamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARBOLEDA V., Jorge (1973) - Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua - Lima, CEPIS, 1973
2. VIANNA, M.R. e Ribeiro, R.V. (1985) - Recuperação de clarificadores de contato utilizando fundos falsos pré-fabricados, articulados e removíveis, de concreto armado - trabalho apresentado no 13º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - Maceió, 1985.
3. VIANNA, M.R. (1986) - Estações padrão de tratamento de água: a evolução dos projetos da COPASA-MG - Revista Mineira de Saneamento Básico - Belo Horizonte, Ano 3, nº 21, pp. 21 - 32, jul. 1986.

QUADRO 1: RESULTADO DOS ENSAIOS - DESNÍVEIS NO PIEZÔMETRO X VELOCIDADES ASCENCIONAIS

Série de ensaios	Desnível no piezômetro (cm)	Desnível no tanque de taragem (mm)	Valor adotado para o desnível (mm)	Tempo de enchimento (s)	Volume no tanque de taragem (l)	Vazão (l/s)	Velocidade ascensionnal (m/min)	Velocidade ascensionnal (cm/s)
1a.	6,5	209,5	210,0	60	814,80	13,58	0,81	1,36
		210,0						
		215,0						
		210,0						
2a.	5,5	195,0	195,0	60	756,60	12,61	0,76	1,26
		195,0						
		195,0						
		196,0						
3a.	4,0	168,0	168,0	60	651,84	10,86	0,65	1,09
		168,0						
		167,0						
		168,0						
4a.	3,5	156,0	156,0	60	605,28	10,09	0,61	1,01
		156,0						
		158,0						
		156,0						
5a.	2,0	115,0	115,0	60	446,20	7,44	0,45	0,74
		117,0						
		115,0						
		115,0						
6a.	1,5	100,0	100,0	60	388,00	6,47	0,39	0,65
		100,0						
		100,0						
		100,0						

QUADRO 2: PERDA DE CARGA OBSERVADA X
PERDA DE CARGA ESTIMADA

Série de ensaios	Velocidade ascensional (cm/s)	Perda de carga observada (cm)	Perda de carga estimada (1) (cm)
1a.	1,36	6,5	6,44
2a.	1,26	5,5	5,52
3a.	1,09	4,0	4,13
4a.	1,01	3,5	3,55
5a.	0,74	2,0	1,91
6a.	0,65	1,5	1,47

(1) determinada pela fórmula $h_f = 3,48 v^2$, onde:

h_f = perda de carga, em cm;

v = velocidade ascensional, em cm/s.

QUADRO 3: VARIAÇÃO PERCENTUAL ENTRE OS VALORES OBSERVADOS E ESTIMADOS DAS PERDAS DE CARGA

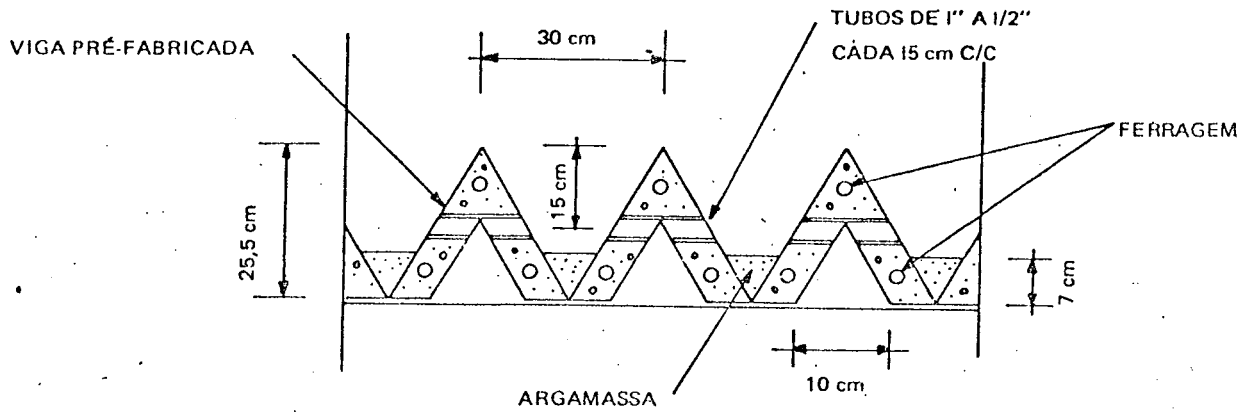
1	2	3	4	5
Série de ensaios	Velocidade ascensional (cm/s)	Perda de carga observada (cm)	Perda de carga estimada (cm)	Diferença Percentual: $\frac{4-3}{4} \times 100$ (%)
1	1,36	6,5	6,44	- 0,93
2	1,26	5,5	5,52	+ 0,36
3	1,09	4,0	4,13	+ 3,15
4	1,01	3,5	3,55	+ 1,41
5	0,74	2,0	1,91	- 4,71
6	0,65	1,5	1,47	- 2,04

QUADRO 4: CIDADES MINEIRAS JÁ DOTADAS DE ETAs PADRÃO COPASA-MG

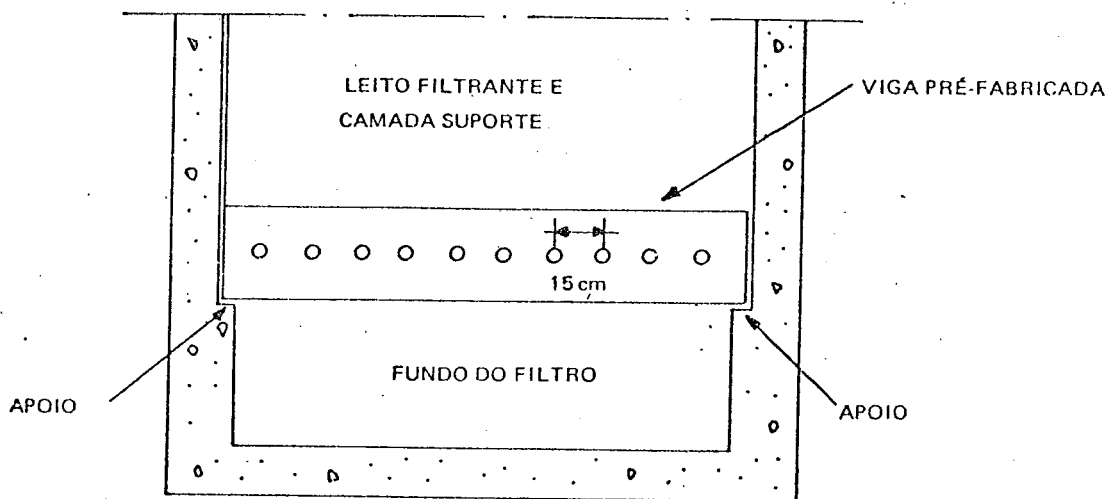
CIDADE	VAZÃO NOMINAL (l/s)
Conquista	17
Frei Inocêncio	17
Guarani	17
Itanhumi	17
Joaíma	17
Mata Verde	17
Matipó	17
Monsenhor Paulo	17
Areado	24
Igarapé/São J.Bicas	24
São João do Oriente	24

CIDADE	VAZÃO NOMINAL (l/s)
Antônio Dias	12
Bueno Brandão	12
Carbonita	12
Munduri	12
Otinolândia/Jaíba	24
Itapagipe	33
Luz	33
Serro	33
Rio Pomba	45
Naque	12
Periquito	12
São Domingos da Prata	12
São Tiago	12
Astolfo Dutra	17
Candeias	17
Capetinga	17

Continua ...

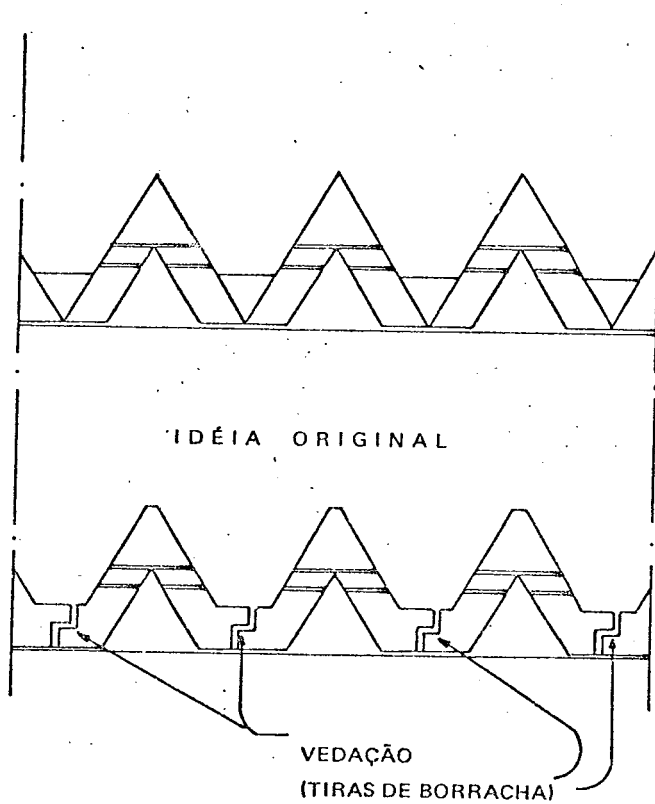


VISTA DE TOPO

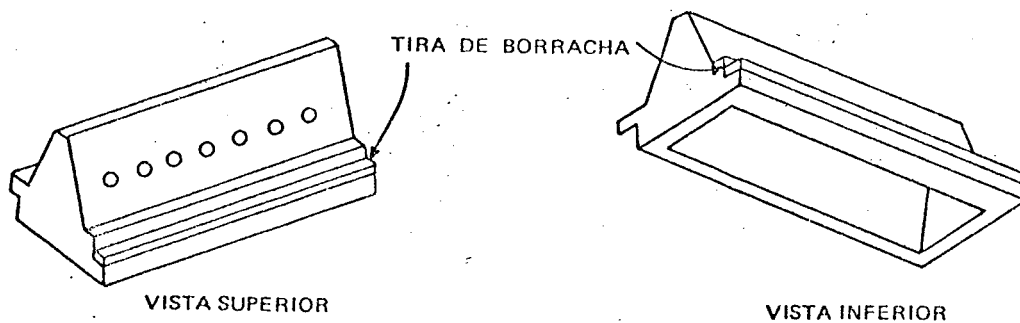


VISTA LATERAL

FIGURA 1 - FUNDO FALSO PARA FILTROS, CONSTITUÍDO POR VIGAS PRÉ-MOLDADAS, SEGUNDO ARBOLEDA V. (1970).



VISTA DE TOPO



VISTAS EM PERSPECTIVA

VIGAS MODIFICADAS

FIGURA 2 - VIGAS PRÉ-MOLDADAS, ANOVÍVEIS

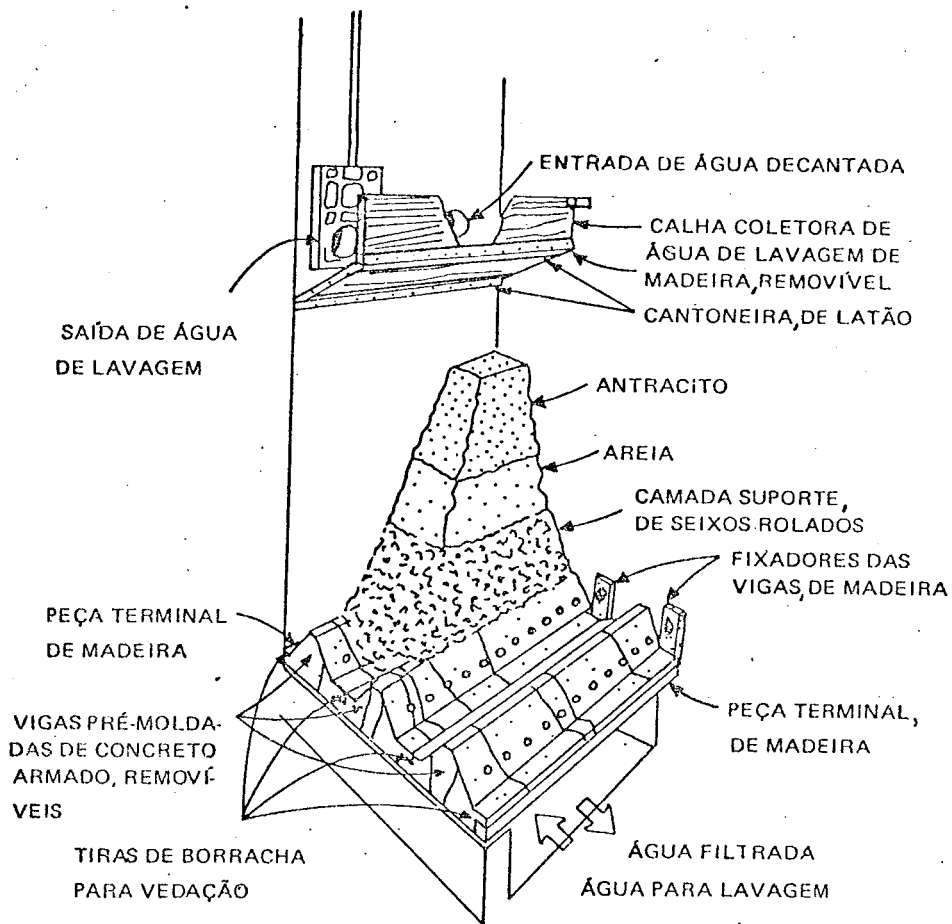
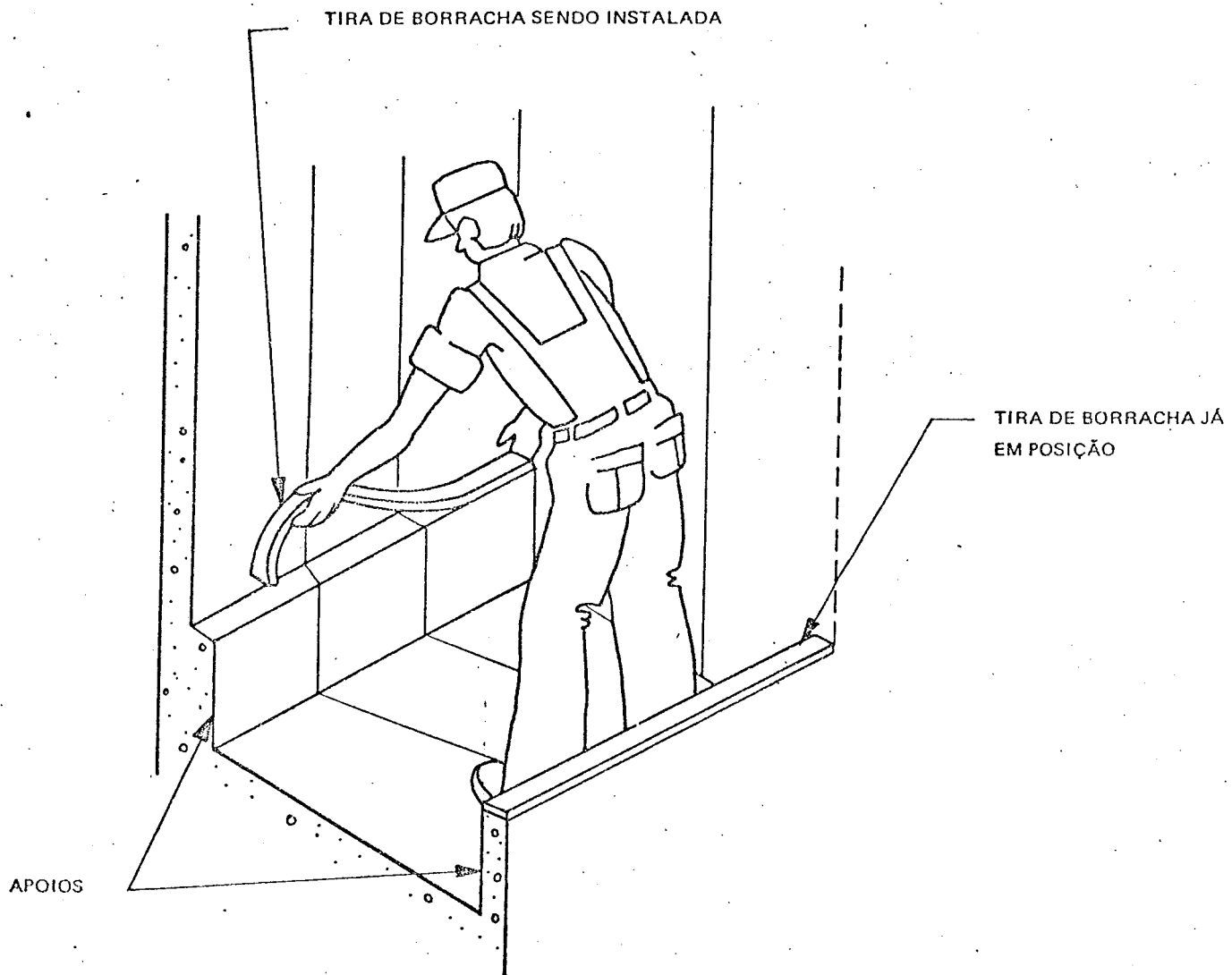
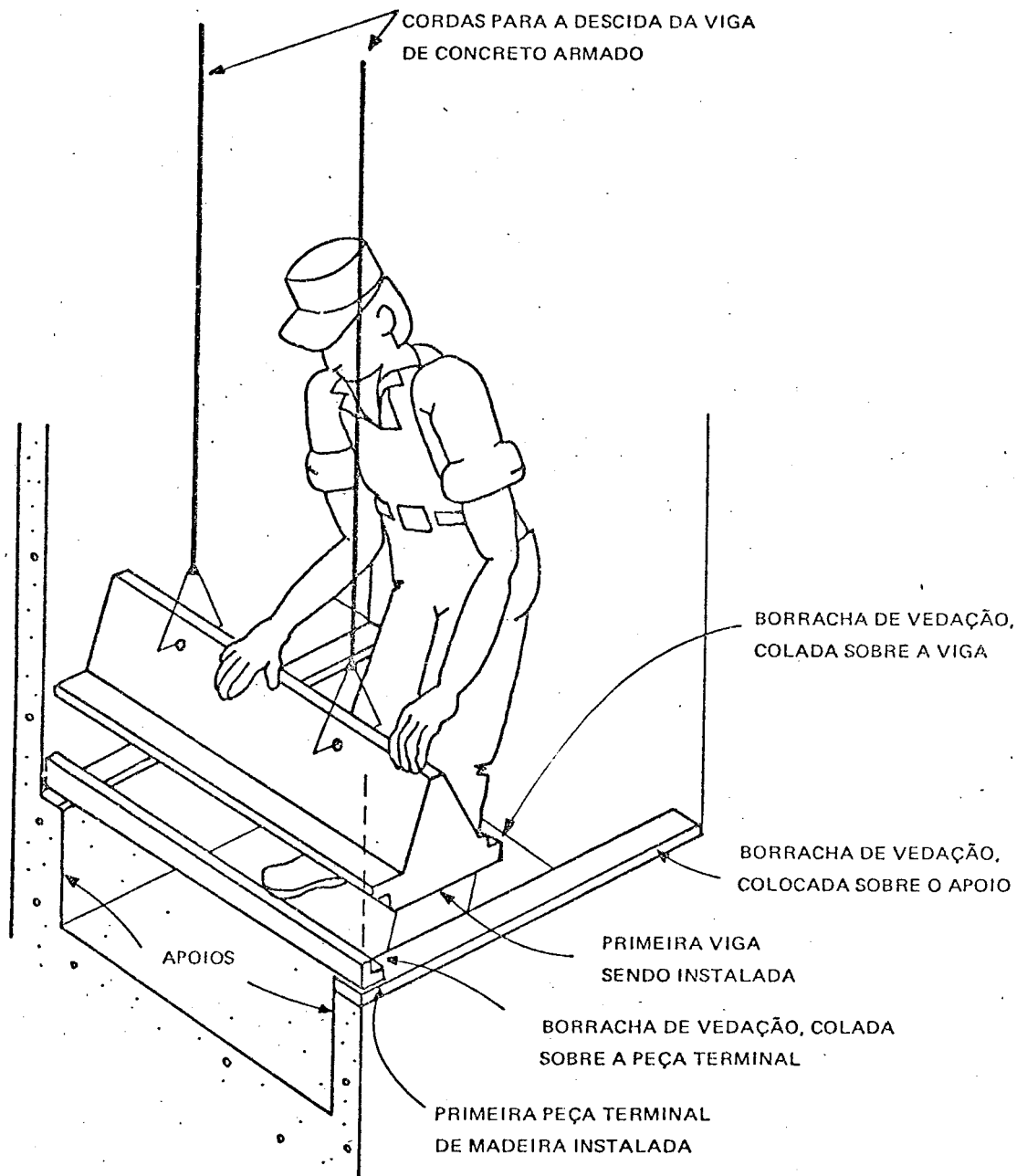


FIGURA 3 - FUNDO FALSO AMOVÍVEL INSTALADO EM ETA
PADRÃO COPASA-MG (VIANNA, 1986)

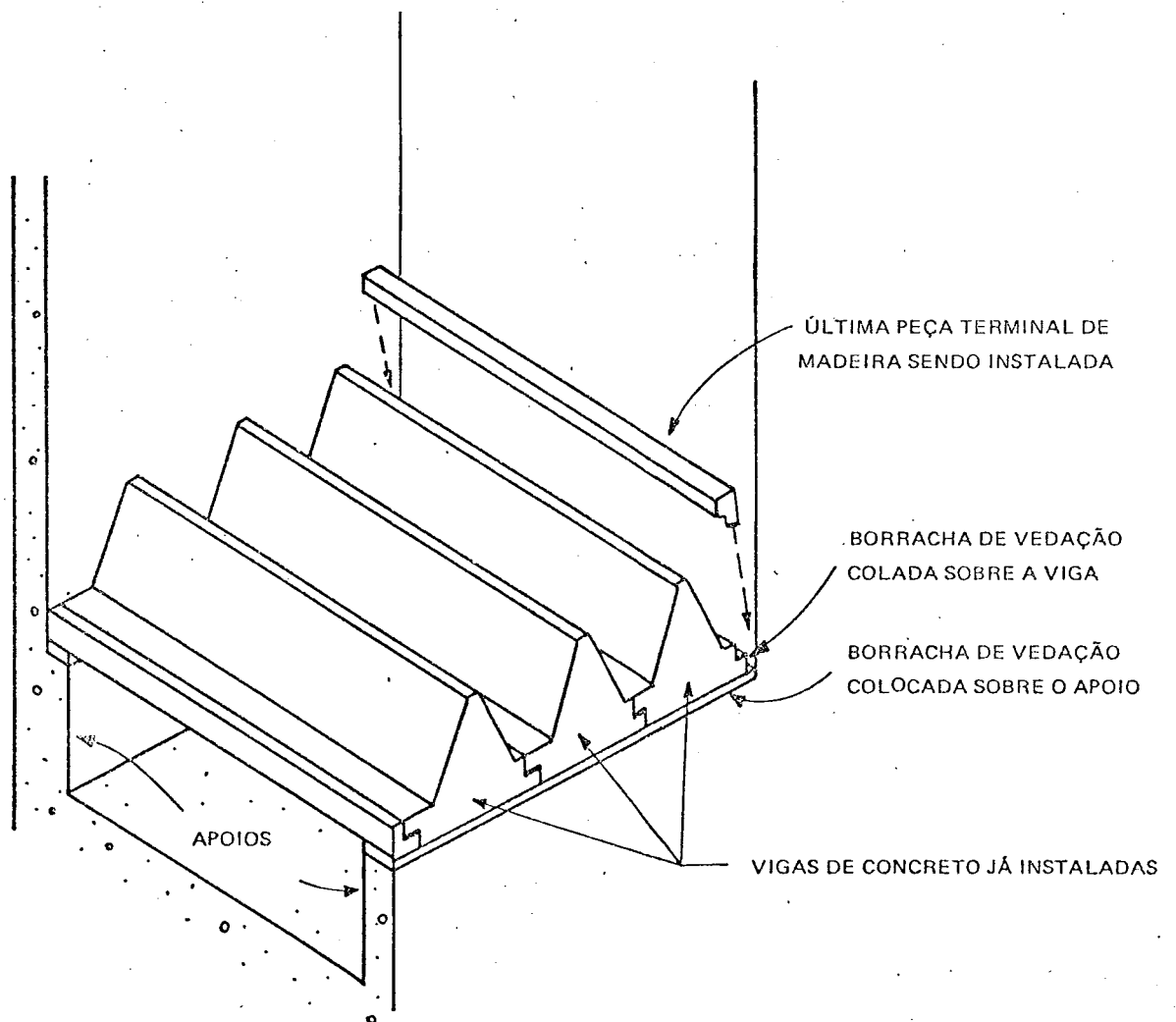


(a) INSTALAÇÃO DAS TIRAS DE BORRACHA VEDANTE SOBRE OS APOIOS DE CONCRETO AO FUNDO.

FIGURA 4 - FASES CONSTRUTIVAS

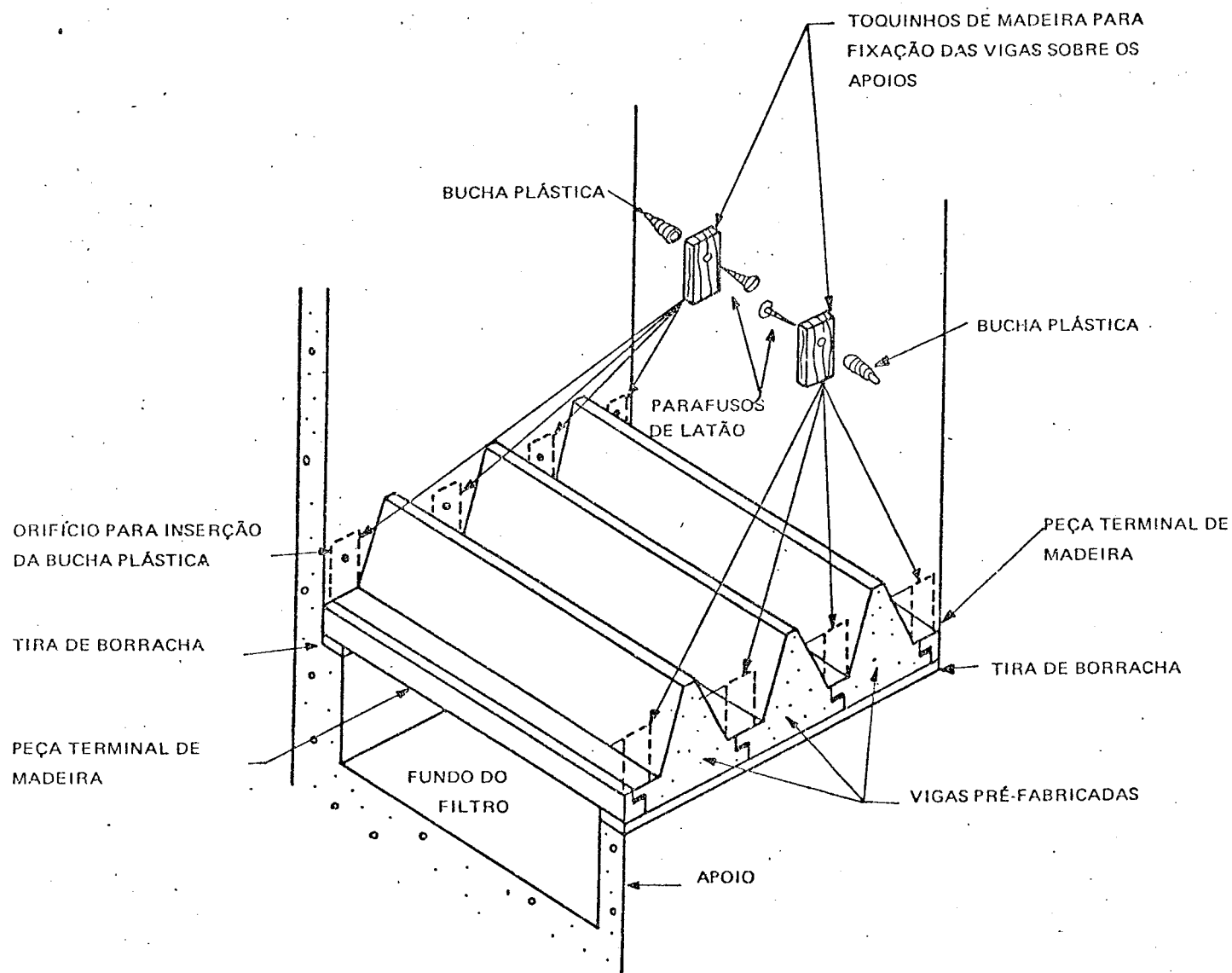


(b) INSTALAÇÃO DA PRIMEIRA PEÇA TERMINAL DE MADEIRA E DA PRIMEIRA VIGA.



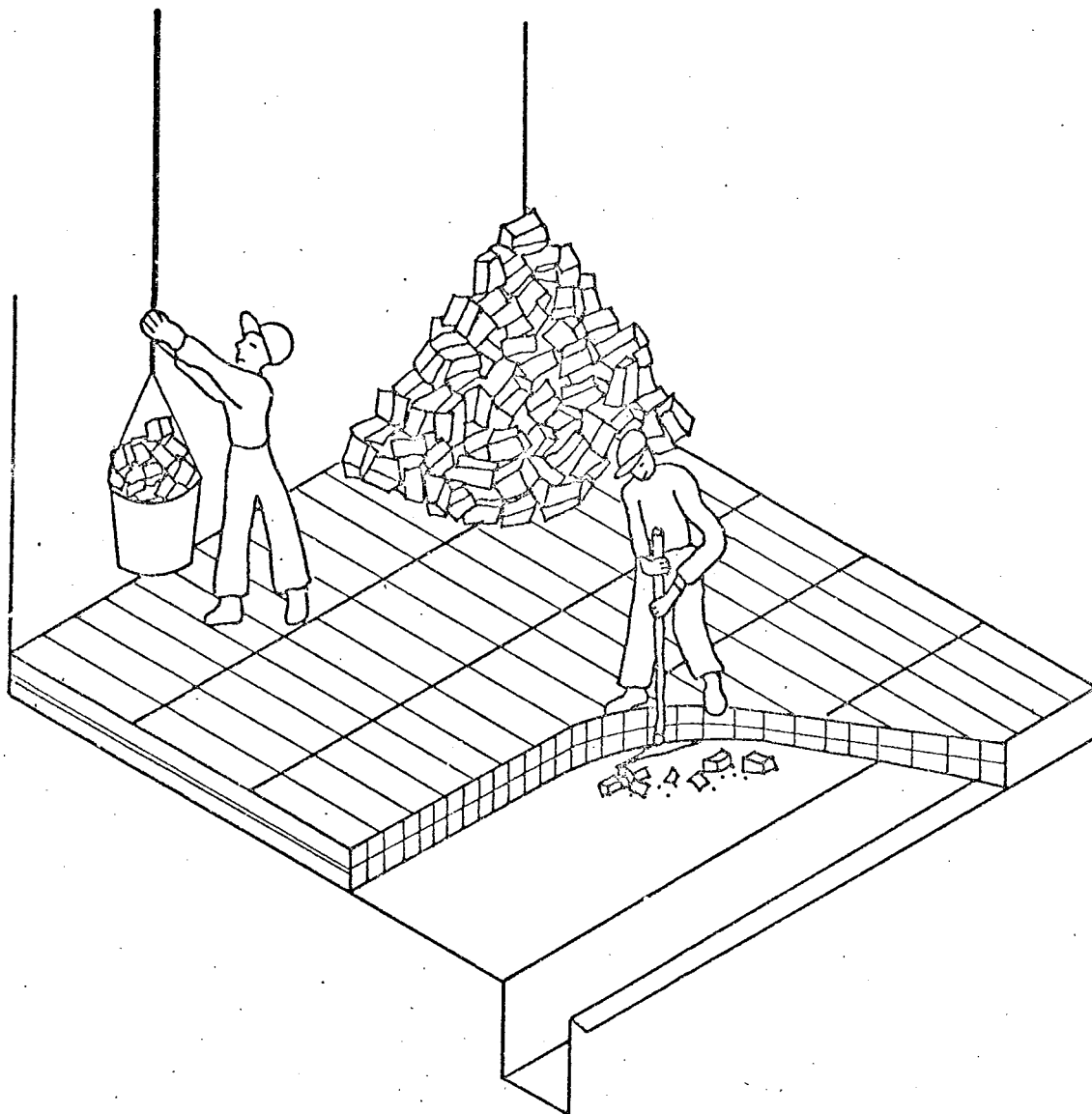
(c) INSTALAÇÃO DO RESTANTE DAS VIGAS E DA ÚLTIMA PEÇA TERMINAL DE MADEIRA.

FIGURA 4 (CONTINUAÇÃO) - FASES CONSTRUTIVAS



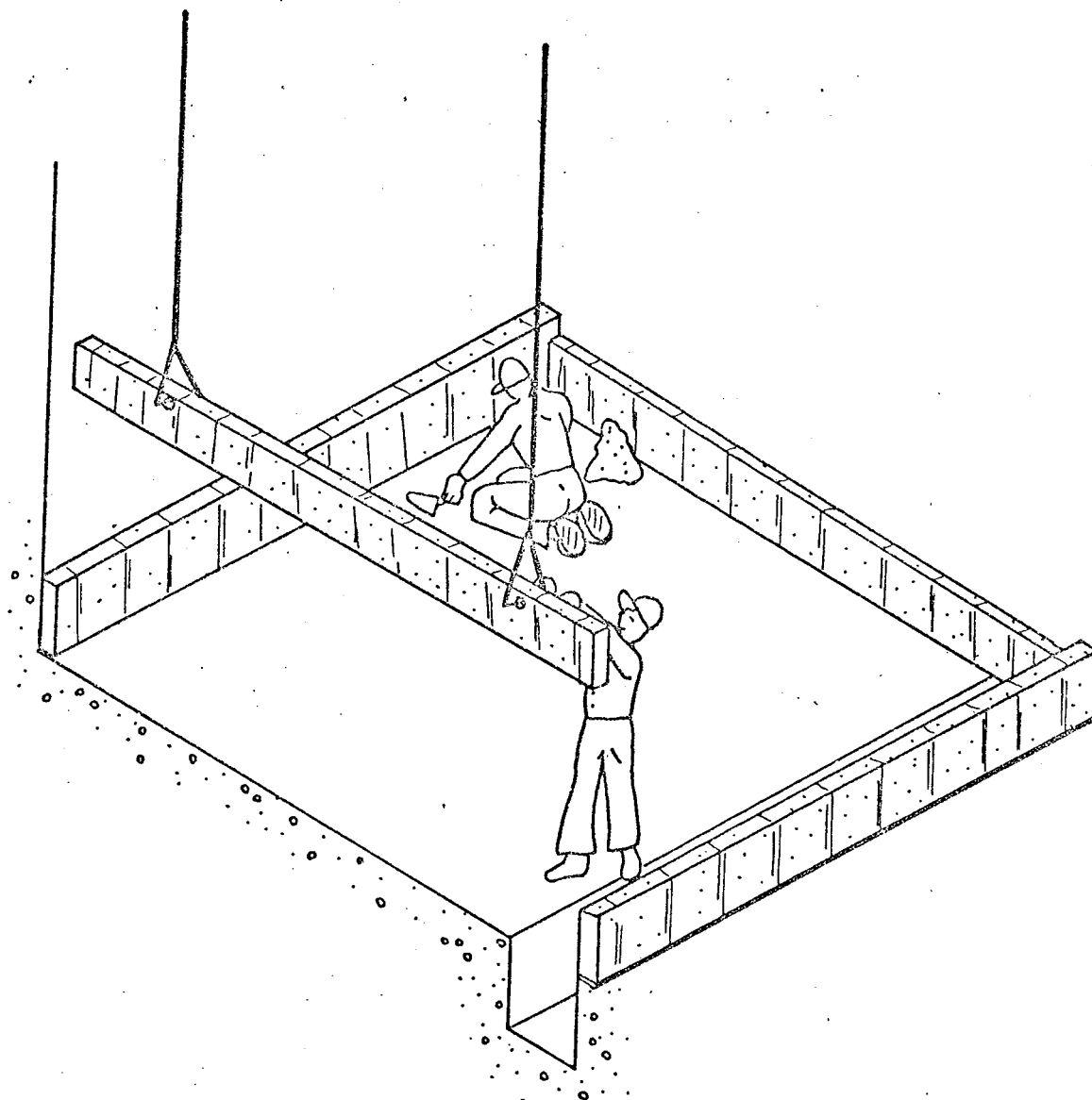
(d) FIXAÇÃO DAS VIGAS SOBRE OS APOIOS ATRAVÉS DE TOQUINHOS DE MADEIRA APARAFUSADOS.

FIGURA 4 (CONTINUAÇÃO) - FASES CONSTRUTIVAS



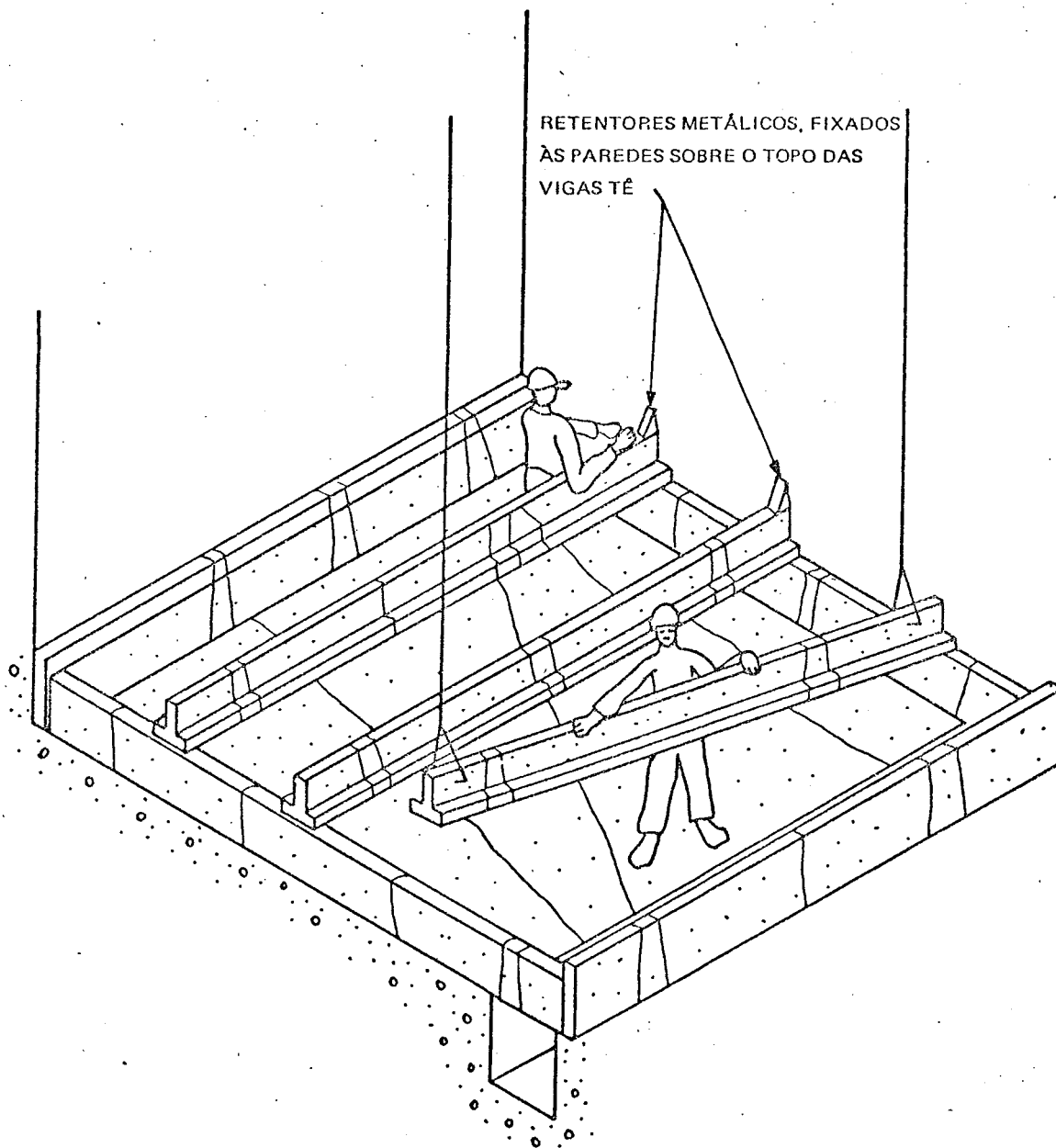
(a) REMOÇÃO DO FUNDO FALSO ORIGINAL

FIGURA 5 - RECUPERAÇÃO DE CLARIFICADOR DE CONTATO
(VIANNA E. RIBEIRO, 1985).



(b) ASSENTAMENTO DAS VIGAS PRÉ-FABRICADAS DE APOIO

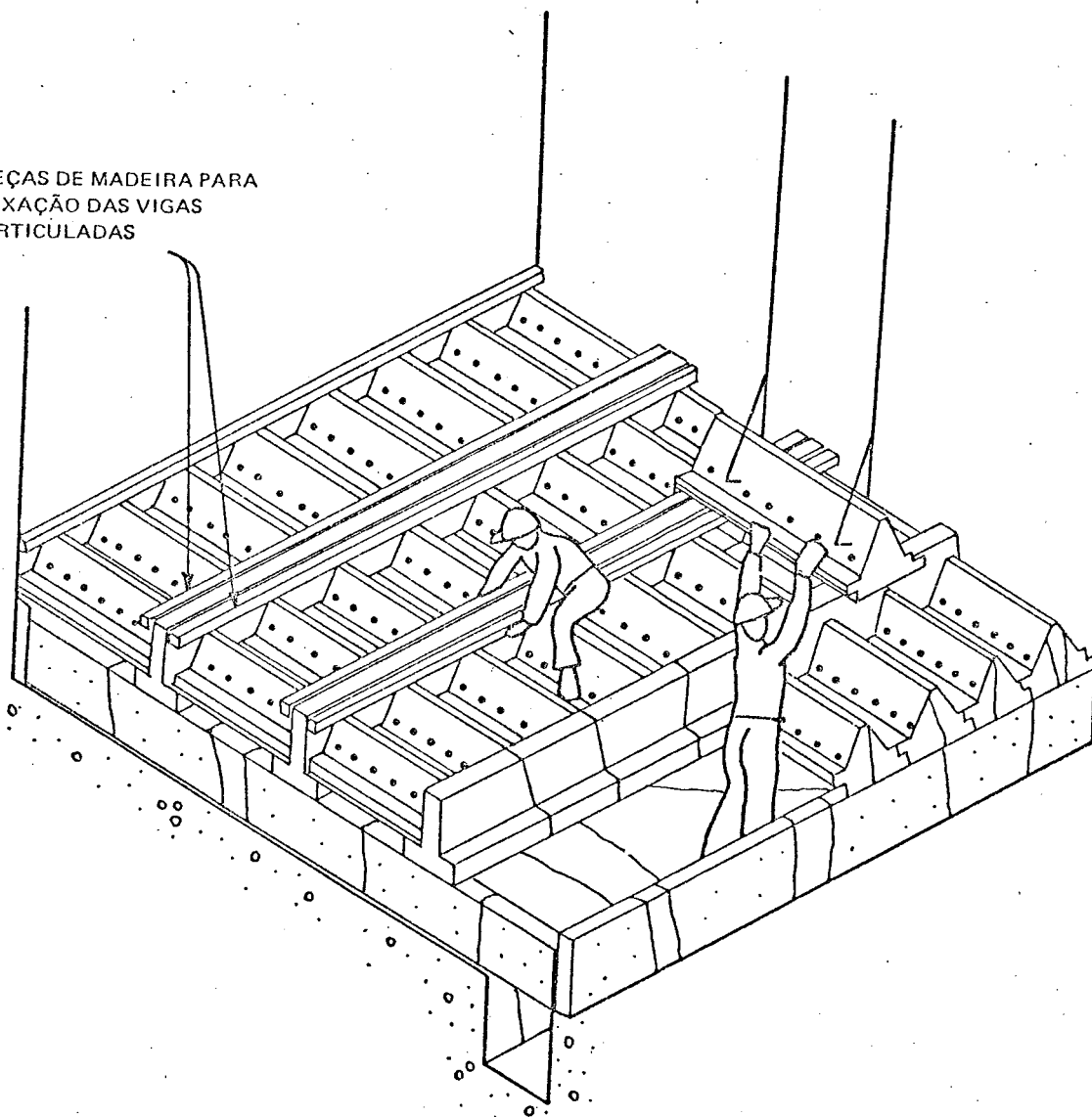
FIGURA 5 (CONTINUAÇÃO) - RECUPERAÇÃO DE CLARIFICADOR DE CONTATO
(VIANNA E. RIBEIRO, 1985).



(c) ASSENTAMENTO E FIXAÇÃO DAS VIGAS TÊ

FIGURA 5 (CONTINUAÇÃO) - RECUPERAÇÃO DE CLARIFICADOR DE CONTATO
(VIANNA E. RIBEIRO, 1985).

PEÇAS DE MADEIRA PARA
FIXAÇÃO DAS VIGAS
ARTICULADAS



(d) ASSENTAMENTO E FIXAÇÃO DAS VIGAS ARTICULADAS

FIGURA 5 (CONTINUAÇÃO) - RECUPERAÇÃO DE CLARIFICADOR DE CONTATO
(VIANNA E. RIBEIRO, 1985).