

Biblioteca
Universitária

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

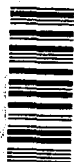
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

TELHA CERAMICA

Identificação do Sistema de Produção e
Estudo de Alternativa Industrializável por Extrusão.

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA A UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA

Mario S. Ferreira



0.206.335-5

UFSC-BU

Florianópolis, Setembro/1992

TELHA CERAMICA

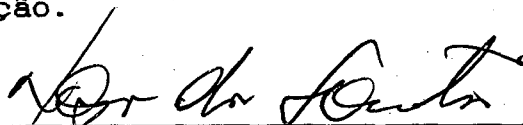
**Identificação do Sistema de Produção e
Estudo de Alternativa Industrializável por Extrusão.**

Mario S. Ferreira

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção
do título de

"MESTRE EM ENGENHARIA"

Especialidade Engenharia de Produção e aprovada em
sua forma final, pelo pelo Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção.



Prof. Neri dos Santos, Dr. Ing.
Coordenador Programa

Banca Examinadora:


Prof. Leila Amaral Gontijo, Dra. Eng.

Orientador


Prof. Luiz Fernando M. Heineck, Ph.D. Eng.
Prof. Roberto Lamberts, Ph.D. Eng.
Prof. Osmar Possamai, Dr. Ing.

RESUMO

O presente trabalho trata de cobertura de edificações com telhas cerâmicas, através da compreensão dos aspectos Históricos, Mercadológicos, Tecnológicos e Ambientais, na tentativa de diagnosticar e identificar causas da ausência de inovação neste segmento, especificamente no Rio Grande do Sul.

Com base nestes aspectos propõe-se uma solução de inovação, ao nível do anteprojeto, que viabilize a obtenção de novo produto mediante manutenção do processo produtivo atual, com redução de operações de fabricação.

A solução proposta visa reduzir de maneira considerável, o processo artesanal de montagem de telhas cerâmicas através da concepção de um sistema integrado produto-componentes, bem como a melhoria de qualidade do produto através da racionalização e padronização, fatores vitais para viabilidade de produção.

ABSTRACT

This work focuses on building roofs ceramic tiles, from the point of view of its historical, mercantile, technological and environmental aspects, as an attempt of diagnosing and identifying the reasons for the lack of innovation in this sector, specifically in the State of Rio Grande do Sul, Brasil.

With this kind of information, it proposes innovation solution, at the embodiment design stage, that could make viable the obtention of a new product through the same present production process, with the reduction of the operational steps, in the manufacturing process.

The proposed solution intend to reduce in a considerable way the handicraft process of ceramic tiles setting, by the creation of an integrated system product-components, as well as to improve the product quality through the rationalization and standardization, vital factor to the production viability.

AGRADECIMENTOS

A prof^a Dra. Leila Amaral Gontijo, pela orientação ao longo do trabalho;

A PUCRS e à CIENTEC, as quais me vinculou e que me apoiaram institucional e financeiramente;

Aos colegas do Dep. de Engenharia Mecânica (PUCRS) e do Dep. de Engenharia de Edificações (CIENTEC) pelo incentivo e pelas informações fornecidas para a realização do trabalho;

Ao SIOCERGS, Sindicato das Olarias e Cerâmicas do Rio Grande do Sul;

A Cerâmica Stella, em especial ao Eng^o Flávio Bastianelli;

Aos amigos do Laboratório Brasileiro de Desenho Industrial (LBDI-SC) pelo apoio e amizade;

Aos Profs. Neri dos Santos e Ingeborg Sell da EPS/UFSC;

Ao Prof. Nelson Back da Engenharia Mecânica/UFSC;

Ao Marcelo Resende

e ...

A Carlos Righi, meu amigo do peito.

Obrigado.

Agradecimentos Especiais

Ao Prof. Eng^o. José Tavares, da PROJETAK Eng., meu colega na PUCRS,

Ao Prof. Eng^o. Alfieri Felix Gobbetti, da UFRGS, meu colega na CIENTEC,

pela grande orientação na área de Engenharia de Estruturas/Resistência dos Materiais, na hora amarga.

Estou em débito.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 -	Abordagem do trabalho e o processo projetual	5
FIGURA 02 -	Tipos de telhas cerâmicas comumente utilizados	11
FIGURA 03 -	Mapeamento de municípios-sedes de fabricantes de produtos cerâmicos	14
FIGURA 04 -	Ocorrência de solos argilosos no RS X localização de empresas fabricantes de produtos cerâmicos estruturais	23
FIGURA 05 -	Esquema básico do processo produtivo de produtos cerâmicos estruturais	25
FIGURA 06 -	Fluxograma do processo de moldagem de telhas cerâmicas por prensagem	28
FIGURA 07 -	Fluxograma do processo de moldagem de telhas cerâmicas por extrusão	47
FIGURA 08 -	Desenho básico da telha "Termoplan" (obtida por extrusão) .	48
FIGURAS 09 e 10 -	Desenho de telha portuguesa	52
FIGURA 11 -	Previsão de alteração no processo de produção	55
FIGURAS 12 e 13 -	Estudo de alternativas/Perfis para extrusão	57
FIGURA 14 -	Pré-dimensionamento da alternativa escolhida	61
FIGURA 15 -	Desenho do molde para execução de modelos de volume em gesso	62
FIGURA 16 -	Nomenclatura do telhado	69
FIGURA 17 -	Sistema de cobertura/traçado básico	70
FIGURA 18 -	Vistas e montagem da cobertura	71
FIGURA 19 -	Sistema de fixação	72
FIGURA 20 -	Cumeeira/volume básico	73
FIGURA 21 -	Cumeeira/montagem	74
FIGURA 22 -	Cumeeira/detalhamento	75
FIGURA 23 -	Rufo/detalhamento	76
FIGURA 24 -	Geometria telha extrudada 7A	78

FIGURA 25 -	Geometria telha extrudada 7B	79
FIGURA 26 -	Geometria telha portuguesa	80
FIGURA 27 -	Isometria telha extrudada 7B	82
FIGURA 28 -	Isometria telha portuguesa	82
FIGURA 29 -	Distribuição de malha - telha 7B	83
FIGURA 30 -	Distribuição de malha - telha portuguesa	83
FIGURA 31 -	Momentos fletores eixo "x" - telha 7b	84
FIGURA 32 -	Momentos fletores eixo "x" - telha portuguesa	84
FIGURA 33 -	momentos fletores eixo "z" - telha 7b	85
FIGURA 34 -	Momentos fletores eixo "z" - telha portuguesa	85
FIGURA 35 -	Deslocamentos telha 7b	86
FIGURA 36 -	Deslocamentos telha portuguesa	86

LISTA DE TABELAS E QUADROS

TABELAS

TABELA 01 -	Normas brasileiras para telhas cerâmicas	17
TABELA 02 -	Relação entre umidade e pressão de moldagem	27

QUADROS

QUADRO 01 -	Síntese de requisitos e condicionantes para processo e produto	54
QUADRO 02 -	Comparativo alternativa x produtos existentes	89
QUADRO 03 -	Estudo de relação peso/volume para perfis de telhas extrudadas	91

LISTA DE FOTOGRAFIAS

FOTO 01 -	Coberturas em fibrocimento	7
FOTO 02 -	Sistema servivenda (Colômbia)	8
FOTO 03 -	Matéria prima estocada e dosada	29
FOTOS 04, 05, 06 -	Moldagem p/ prensagem Etapa: Transportes	31
FOTO 07 -	Moldagem p/ prensagem Etapa: Alimentação da maromba	31
FOTO 08 -	Moldagem p/ prensagem Equipamento de extrusão/maromba	32
FOTO 09 -	Moldagem p/ prensagem Detalhe da operação de extrusão/maromba	33
FOTO 10 -	Moldagem p/ prensagem Detalhe do produto obtido na primeira fase de conformação (extrusão)	33
FOTO 11 -	Moldagem p/ prensagem Sistemas de transporte do produto	34
FOTO 12 -	Moldagem p/ prensagem Prensa	35
FOTO 13 -	Moldagem p/ prensagem Detalhe do Molde p/ prensagem	36
FOTO 14 -	Moldagem p/ prensagem Produto conformado - telha portuguesa	36
FOTO 15 -	Moldagem p/ prensagem Acondicionamento de Produto - tratamento térmico	37
FOTO 16 -	Moldagem p/ prensagem Layout sistema produtivo	37
FOTO 17 e 18 -	Moldagem p/ prensagem Tratamento térmico - secagem	38
FOTO 19 e 20 -	Moldagem p/ prensagem Tratamento térmico - queima	40
FOTO 21 -	Moldagem p/ prensagem Produto acabado	42

FOTOS 22, 23, 24 - Alimentação e controle do equipamento p/ tratamento térmico (fornos)	43
FOTO 25 e 26 - Utilização do produto em coberturas	46
FOTO 27 a 32 - Moldagem dos modelos de volume	63
FOTO 33 - Estrutura para estudo do sistema de cobertura	67
FOTO 34 - Modelo de volume final (analógico)	68

SUMARIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS E QUADROS

LISTA DE FOTOGRAFIAS

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. METODOLOGIA DE ABORDAGEM DO TRABALHO	4
3.1. COMPREENSAO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE TELHAS CERAMICAS	4
3.1.1. Em Relação ao Produto	4
3.1.2. Em Relação ao Processo de Fabricação	4
3.2. GERAÇÃO DE PRODUTO COM ALTERAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO	4
3.3. COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO DE REFERENCIA (TELHA PORTUGUESA) E O PRODUTO DESENVOLVIDO (TELHA EXTRUDADA)	5
3.4. CONCLUSÕES	5
4. SOBRE O MÉTODO PROJÉTUAL	6
5. JUSTIFICATIVAS	8
5.1. COBERTURA VERSUS EDIFICAÇÃO	8
5.2. FATORES INFLUENTES NA GERAÇÃO DE INOVAÇÕES EM PRODUTOS CERAMICOS E SEU MODO DE PRODUÇÃO	10
5.2.1. Aspectos Históricos	10
5.2.2. Aspectos Mercadológicos	13
5.2.3. Qualidade e Normalização	17

6. MEIOS E MODO DE PRODUÇÃO DE TELHAS CERAMICAS	20
→ 6.1. MATERIA-PRIMA	20
→ 6.2. A CERAMICA VERMELHA	21
6.3. PROCESSOS DE FABRICAÇÃO	23
6.3.1. Moldagem por Prensagem	27
6.3.2. Extrusão de Telhas	47
7. ANALISE E FORMULAÇÃO DE PARAMETROS PARA GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE INOVAÇÃO	50
7.1. ANALISE DA SITUAÇÃO ATUAL DO PRODUTO TELHA CERAMICA .	50
7.2. SITUAÇÃO DE REFERENCIA - TELHA PORTUGUESA	51
7.3. DEFINIÇÃO DE REQUISITOS E CONDICIONANTES	53
7.4. GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS	55
8. DESENVOLVIMENTO DA ALTERNATIVA SELECIONADA	59
8.1. INTRODUÇÃO	59
8.2. MODELOS	59
8.3. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE COBERTURA	67
8.4. RESISTENCIA DOS MATERIAIS - ESTUDO COMPARATIVO TELHA EXTRUDADA VERSUS TELHA PORTUGUESA	76
8.4.1. Introdução	76
8.4.2. Características Geométricas e Módulos Resistentes	77
8.4.3. Análise da Distribuição de Tensões, Segundo a Teoria da Elasticidade	81
8.4.4. Considerações	87
9. CONCLUSÕES FINAIS	88
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	93
11. BIBLIOGRAFIA	94

1. INTRODUÇÃO

A partir dos reflexos da terceira revolução industrial¹, segundo os quais a produtividade orienta o novo modo de produção, a edificação passa a ser vista como um produto e os materiais de construção como componentes. Para a materialização desta afirmativa, ocorre a necessidade de incorporação de novos sistemas de produção no segmento Construção Civil.

A questão da Política Ambiental, à nível mundial e nacional orienta os segmentos produtivos para a utilização de componentes recicláveis e não agressivos ao meio e ao homem. Em vista disso, produtos fabricados a partir de materiais cerâmicos, adquirem importância estratégica, em função da interação da matéria-prima/meio-ambiente, e se habilitam ao mercado como produtos adequados à política ambiental definida para a década em curso.

Já não é o caso dos produtos de fibrocimento, especificamente aqueles compostos com amianto, cuja característica do produto, cancerígeno e não degradável, começa a ter restrições de uso em alguns países.

O trabalho apresentado, a seguir, estabelece uma alternativa de sistema de cobertura em telhas cerâmicas extrudadas, dentro de um enfoque eminentemente tecnológico, no campo da Cerâmica, especificamente no segmento cerâmica estrutural.

Apresenta dois momentos definidos: análise e síntese. O primeiro, desenvolvido até o capítulo 7, onde são levantados dados e informações necessárias à compreensão da situação do

¹ Termo adotado para definir alterações tecnológicas profundas verificadas em função de substituição dos meios de produção, até então eletromecânicos, hoje eletroeletrônicos.

setor cerâmico e dos produtos fabricados, disponíveis no mercado. O segundo momento, estuda as possibilidades de produção de telhas cerâmicas, através de definição de alternativas que sintetizem a informação levantada em inovação.

Para tanto fez-se necessário a compreensão global do segmento produtivo e dos produtos atuais através dos aspectos históricos, tecnológicos, mercadológicos ambientais e econômicos, fundamentados na produção científica existente.

Com a intenção do confronto de dados e idéias, estabeleceu-se na conclusão de cada assunto, uma analogia entre documentos existentes acerca do assunto e o que realmente vem sendo produzido nas indústrias cerâmicas, especificamente no Rio Grande do Sul.

A partir da compreensão da fase anterior e através da identificação de um sistema de produção específico, utilizado por empresa de médio porte, o segundo momento do trabalho estuda alternativas para inovação de produto dentro do processo produtivo atual dessa empresa.

O trabalho procurou identificar vantagens e desvantagens nos produtos de mesma utilidade, sejam similares ou produzidos em outros materiais.

Fundamentou-se na premissa de que o **SETOR CERAMICO NAO TEM INOVADO**, do ponto de vista do produto. Segue dentro de uma linha sem tratamento estatístico, na medida em que são abordados aspectos essencialmente não quantificáveis, porém fundamentais para a geração de inovações.

Os capítulos foram direcionados para a orientação de alternativas de inovação, com vistas a uma possível transferência do resultado ao setor produtivo, com potencial de industrialização imediata.

2. OBJETIVOS

O trabalho desenvolvido tem como objetivo geral identificar o estado da técnica no que tange ao processo de fabricação de telhas cerâmicas e contribuir para a evolução dessa situação através do estudo de alternativa industrializável.

Como objetivos específicos, o trabalho busca:

- compreender o sistema de produção de telhas cerâmicas;
- gerar um produto que altere este modo de produção existente, com redução de operações na sua produção;
- estabelecer um comparativo entre a situação de referência (telha obtida por processo de prensagem) e um novo produto desenvolvido (telha obtida pelo processo de extrusão).

3. METODOLOGIA DE ABORDAGEM DO TRABALHO

O experimento desenvolvido ao longo do trabalho fundamentou-se em quatro etapas básicas, quais sejam:

3.1. COMPREENSAO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE TELHAS CERAMICAS

3.1.1. Em Relação ao Produto

Buscou-se a identificação de um produto (telha portuguesa) como situação de referência, que fosse mais representativo em termos fabris e de uso. Estudou-se a matéria-prima (argila) do ponto de vista da capacidade de processamento. Identificou-se, através de literatura, as características físicas do produto. Procedeu-se a estudos com vistas a uma avaliação do desempenho estrutural do produto.

3.1.2. Em Relação ao Processo de Fabricação

Análise do modo de produção constou do levantamento de campo junto a empresa específica (Cerâmica Stella), em termos de matérias-primas utilizáveis, processos de moldagem e pontos, na produção, passíveis de eliminação.

3.2. GERAÇÃO DE PRODUTO COM ALTERAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO

Esta etapa constou de passos que configuram a abordagem característica de técnica usuais de Desenvolvimento de Produtos:

- Listagem de requisitos e condicionantes do produto a partir do diagnóstico obtido na etapa de compreensão da situação;

- Geração de alternativas físicas para o atendimento da situação diagnosticada;
- Seleção, com critérios técnicos correntes na atividade de Design, da alternativa mais promissora;
- Desenvolvimento da alternativa selecionada através de técnicas projetuais, estudos tridimensionais e estudo das características estruturais do perfil proposto;
- Construção do modelo analógico, em escala natural, e documentação técnica do projeto.

3.3. COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA (TELHA PORTUGUESA) E O PRODUTO DESENVOLVIDO (TELHA EXTRUDADA)

Nesta etapa os critérios adotados para o estabelecimento da comparação concentraram-se no processo de fabricação e em aspectos de resistência estrutural.

3.4. CONCLUSÕES

Estabeleceu-se, na fase final, determinados pontos que, mediante alteração do modo de produção cerâmico, com redução de operações, permitiriam alteração do conceito e do arquétipo dos produtos hoje fabricados.

4. SOBRE O METODO PROJETUAL

O Experimento desenvolvido ao longo do trabalho utilizou-se de procedimentos e do ferramental metodológico usual da área de desenvolvimento do Produto.

Sendo a meta proposta a definição de um produto a ser fabricado, seguiu-se passos de um roteiro elaborado a partir do estudo de fundamentos teóricos sobre Design, elaborados por Bonsiepe^(1,2), Pahl & Beitz⁽³⁾, Redig⁽⁴⁾ e Coryell⁽⁵⁾.

O Roteiro elaborado para o desenvolvimento do trabalho que apresenta os passos fundamentais para encaminhamento de alternativas de inovação consta de 6 etapas, quais sejam:

- a. Identificação e Compreensão da situação;
- b. Análise e Estabelecimento de Especificações e Condicionantes para a Proposta;
- c. Geração de Alternativas;
- d. Seleção de Conceito Viável;
- e. Desenvolvimento;
- f. Conclusões Finais

Cumprе salientar que o roteiro utilizado é uma síntese do pensamento expressado pelos teóricos citados. Sendo assim, as teorias formuladas a respeito do processo de Design permanecem atuais, independentemente do fator tempo, na medida em que se ocupam com a prática projetual, ou seja, o processo de pensamento humano.

E, neste particular, os avanços científicos e tecnológicos pouco interferem. Interferem, sim, no ferramental disponível para a representação do resultado do processo de pensamento, na representação física do "projetado".

Ao concluir, faz-se mister comentar que a abordagem do trabalho, observando o roteiro descrito anteriormente, foi orientada pelo processo de fabricação e pelo processo de utilização. A figura 01, representa graficamente a abordagem adotada para atingir os objetivos formulados na introdução.

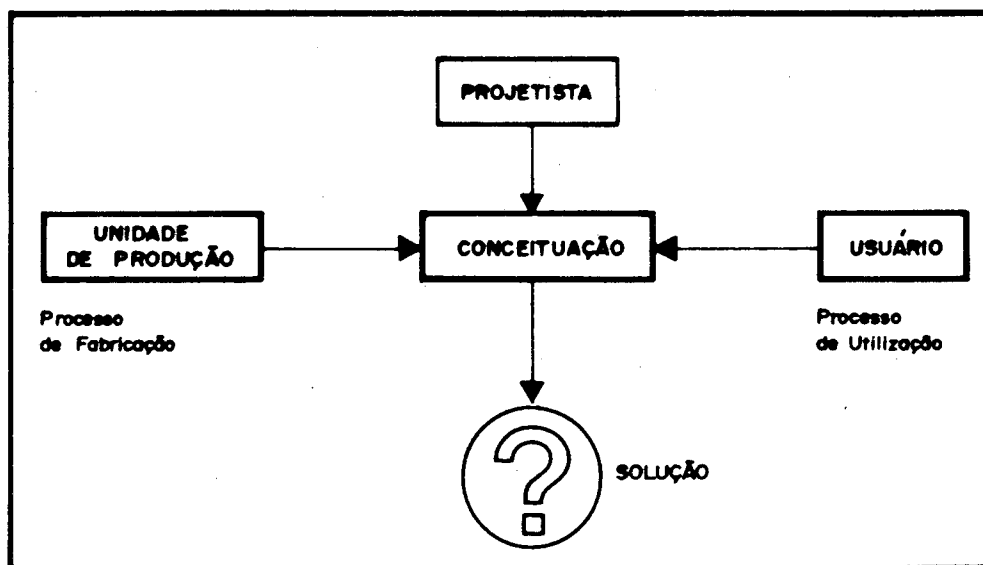


FIGURA 01 - Abordagem do Trabalho e o Processo Projetual

A partir de uma situação real de referência, buscou-se uma alternativa que caracterizasse um ponto de equilíbrio entre produção e uso.

5. JUSTIFICATIVAS

5.1. COBERTURA VERSUS EDIFICAÇÃO

Toda tentativa de modulação do Ambiente Construído, com vistas a industrialização efetiva, calcada em processos atualizados de produção do ambiente construído, a nível de massa (classes média e baixa), esbarra nas soluções existentes para sistemas convencionais e artesanais de montagem de coberturas.

As soluções existentes como zinco, alumínio, fibrocimento, fibra de vidro, fundamentam-se formalmente em arquétipos desenvolvidos, milenarmente em material cerâmico, utilizando os mesmos princípios estruturais exigidos pelos produtos fabricados em cerâmica.

Algumas delas são, até mesmo, nocivas ao ambiente, em particular ao homem. Como exemplo, pode-se citar as telhas fabricadas em fibrocimento, composição de cimento com agregados de fibras de amianto, material este considerado cancerígeno quando aspirado. Apesar de ser um produto padronizado e com nível estável de qualidade, tem seu ciclo de vida definido, em função de questões ambientais e legais, em países de primeiro mundo, já tendo sido retirado do mercado em alguns deles.

Na América Latina este produto é hoje, ainda, largamente utilizado, sendo o principal concorrente das telhas cerâmicas, seja na montagem de novas coberturas, seja na substituição de coberturas de outros materiais.

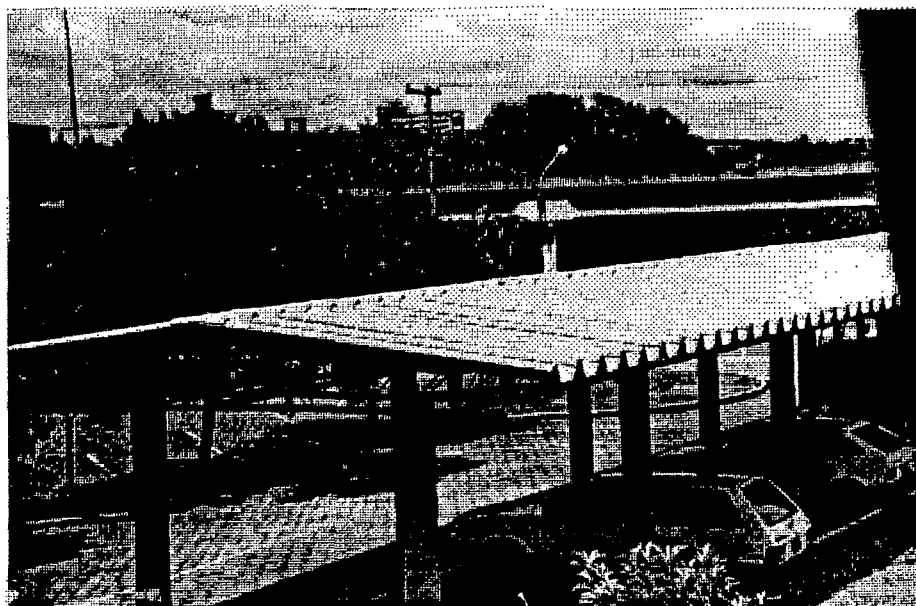


FOTO 1 - Utilização de fibrocimento em coberturas

Por sua vez, as telhas metálicas, em zinco ou alumínio, tem sua utilização assegurada nas construções industriais onde ocorre o predomínio de componentes metálicos e, por conseguinte esses materiais são largamente utilizados.

A opção pelas coberturas nos dois tipos de telhas anteriormente comentados - fibrocimento e metálica - se dá na maioria dos casos em função do alto nível de industrialização, se comparado com telhas cerâmicas, uma vez que para estes materiais foram desenvolvidas soluções específicas de montagem com componentes produzidos para este fim, como arruelas e parafusos de fixação, por exemplo.

Por outro lado, no segmento fabricante de telhas cerâmicas não ocorreu, até hoje, uma evolução significativa a ponto de permitir uma utilização menos artesanal, do ponto de vista da montagem, dos sistemas de união e componentes em geral. Apesar do quadro, o aspecto conforto, especificamente a característica térmica atendida pelo material cerâmico, faz com que as telhas fabricadas a partir deste material ocupem espaço significativo em termos de mercado.

O aspecto cognitivo, de inconsciente interação com o meio, leva muitas vezes o homem recorrer à cerâmica na busca da solução ideal para coberturas. Como exemplo, pode-se citar o sistema construtivo Servivienda para habitações de baixo custo, desenvolvido na Colômbia, conforme mostra a foto 2, abaixo, onde telhas cerâmicas são sobrepostas às telhas de fibrocimento como solução formal de acabamento, além de alternativa de solução térmica.



FOTO 2 - Sistema Servivienda⁽⁶⁾/(Colômbia): Cobertura composta por telhas cerâmicas e "subtelhas" de fibrocimento.

5.2. FATORES INFLUENTES NA GERAÇÃO DE INOVAÇÕES EM PRODUTOS CERAMICOS E SEU MODO DE PRODUÇÃO

5.2.1. Aspectos Históricos

introdução [A cerâmica é hoje um campo especial da Ciência dos Materiais. Materiais Cerâmicos compreendem todos os produtos químicos inorgânicos, à exceção dos metais e ligas, produzidos mediante tratamento de calor.

Pelo baixo custo e em função da abundância da matéria-prima, a argila, os produtos cerâmicos tornaram-se usuais e, até mesmo, essenciais ao longo da história humana.

Cerâmica ou barro cozido é uma técnica milenar surgida antes mesmo das antigas civilizações dos vales dos rios Nilo e Eufrates (Egito e Mesopotâmia).

A palavra cerâmica, do grego "kerameikos", designando os "feitos de terra" ou "terrosos", é usada como substantivo e em alguns casos como adjetivo, qualificando algo como inorgânico e não-metálico. Os produtos cerâmicos foram inicialmente obtidos por cozimento de argilas ao sol e, após, queima em fornos. Tem-se que o emprego dos materiais cerâmicos iniciou-se em lugares onde ocorria escassez de pedra e abundância de matéria argilosa.

As propriedades refratárias de certas argilas, isto é, sua capacidade de suportar, sem amolecer, de formar fragmentos ou fundir, a exposição contínua a temperaturas elevadas e corrosivas, tem sido exploradas desde os mais antigos tempos em fogões, fornalhas e fornos por ceramistas e metalurgistas.

Os trabalhos sistemáticos de investigação em cerâmica iniciaram-se há aproximadamente duzentos anos na Inglaterra. Os resultados obtidos com esse trabalho, serviram de base à grande indústria cerâmica inglesa no século XX, precisamente na década de setenta. A partir da segunda metade do século XIX, o mundo sofre transformações profundas, com a mudança dos meios e dos modos de produção, através dos quais o homem aumenta sua capacidade de domínio e controle do meio em que vive.

No início do século XVIII, cento e cinquenta anos antes, a indústria cerâmica já se tornaria uma das pioneiras no processo de organização dos modos de produção, com a superação da fase artesanal e incorporação de novas bases tecnológicas.

O ramo da Cerâmica Vermelha, tão ou mais antigo do que Cerâmica Branca, desenvolveu-se voltado para materiais de construção civil. Este tipo de indústria, o também chamado no Brasil de Cerâmica Vermelha, é um dos segmentos mais amplamente

difundidos, sendo um dos poucos ramos cerâmicos que utiliza uma única matéria-prima, a argila, na moldagem da forma final do produto, sem adição de outro mineral ou minério.]

Os produtos cerâmicos são empregados como material de cobertura sob forma de telhas que podem ser planas (ou de escamas), curvas (romanas, coloniais, portuguesas ou árabes) e de encaixe (francesa ou de Marselha).

Tem-se como provável, que a utilização das telhas cerâmicas na execução de coberturas, tenha iniciado com telhas planas, forma esta adequada para telhados com forte ângulo de inclinação.

Conforme o avanço das possibilidades produtivas (artesaniais e/ou industriais), "novos designs" foram surgindo, fruto de variações a partir das três formas iniciais. Atualmente encontramos variantes da telha canal ou colonial, telha romana, telha francesa, telha chinesa ou japonesa. Na Arquitetura brasileira do período colonial encontra-se telhas do tipo canal com dimensões, variando entre 60 e 80 centímetros de comprimento.

Na figura 02, é apresentado o traçado básico dos três tipos de telhas citados.

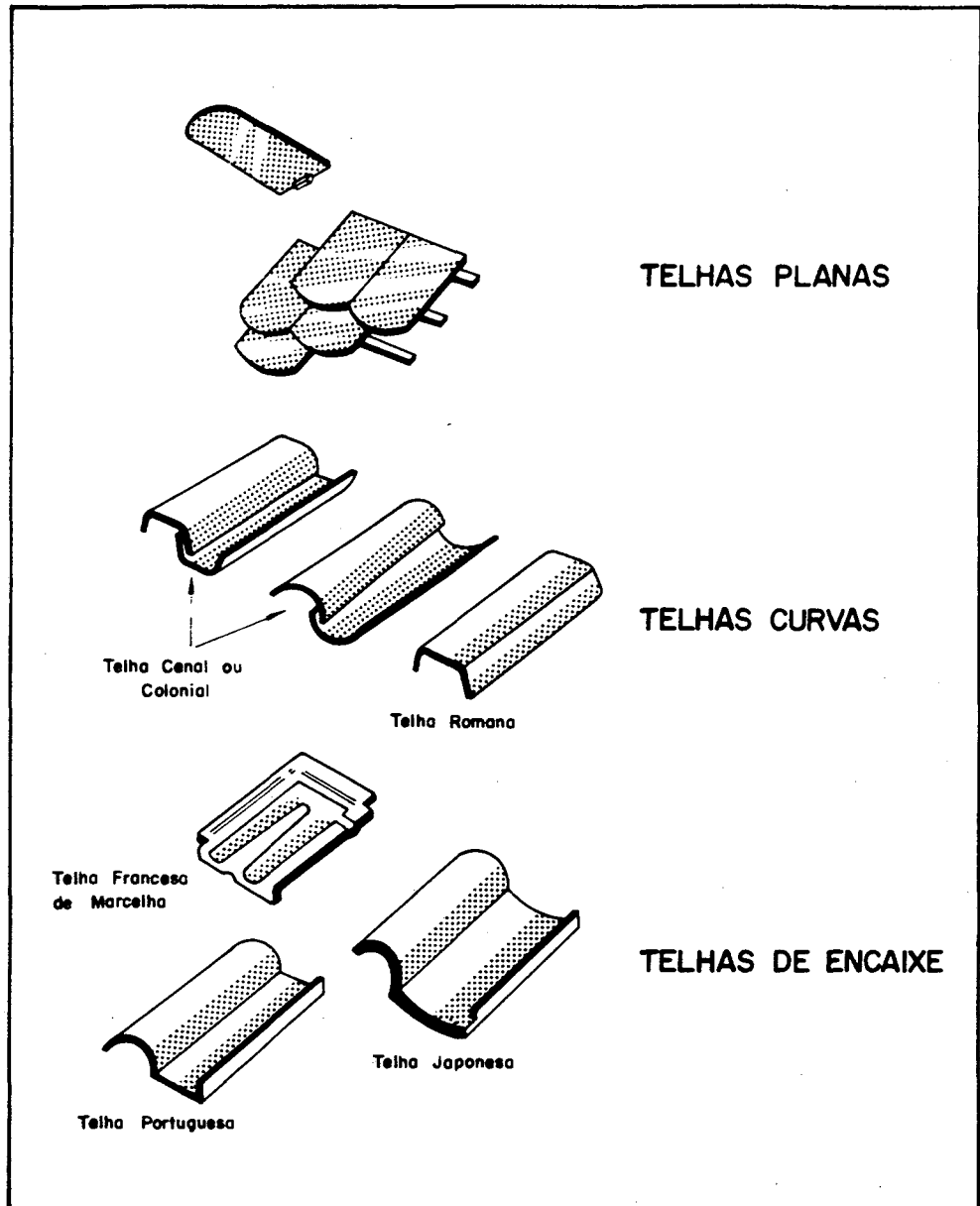


FIGURA 02 - Tipos de Telhas Comumente Utilizados

5.2.2. Aspectos Mercadológicos

Os materiais cerâmicos se caracterizam pela amplitude de utilização na construção civil, em função de sua durabilidade comprovada.

O setor de cerâmica vermelha, tido como um segmento industrial tradicional, é constituído basicamente de pequenas e médias empresas, com pequena escala de produção e baixa

rentabilidade, não permitindo, dessa forma, ações em termos de adequação da tecnologia de processo à curto prazo.

Este quadro contribui sensivelmente para a perda de mercado para produtos com mesma função e material diferente, porém com processos produtivos racionalizados e atuais como, por exemplo, telhas de fibrocimento.

Esta característica tradicional do segmento telha cerâmica no Brasil ocorre em razão do desempenho e da flexibilidade do uso do produto. O fator de uso principal vem a ser o conforto térmico. Os aspectos negativos, sob o prisma mercadológico, se encontram na produção, seja em termos de métodos de fabricação, formatos ou dimensões do produto. Estes aspectos refletem diretamente na qualidade final da telha as quais não atendem especificações mínimas para o uso como por exemplo, teor de umidade e diferenças dimensionais entre fornecimentos do mesmo fabricante. No universo da produção de telhas cerâmicas encontra-se dicotomias que respondem a estes aspectos: na microolaria, verifica-se ainda, um processo de fabricação manual, rústico e intermitente, enquanto na média empresa já é observado a utilização de processos parcialmente mecanizados.

Verifica-se, porém, a carência de normalização em ambos os casos. Os produtos, neste segmento, sofrem variações em termos de detalhes e dimensões.

Outro fator mercadológico significativo (e negativo) é a questão da nomenclatura. Ocorre uma falta de consenso quanto à denominação dos tipos de telhas produzidos. Há confusões quanto ao que seria telha colonial ou paulista. Alguns entendem tratar-se do mesmo produto.

Os transtornos decorrentes da inexistência de um padrão para telha francesa (de Marselha), por exemplo, faz com que o usuário, ao invés de simplesmente substituir algumas telhas, refaça o telhado com outro produto devidamente seriado e normalizado.

Na década de setenta, em estudo a respeito do perfil industrial e fundamentos tecnológicos do setor cerâmico, desenvolvido na CIENTEC - Fundação de Ciência e Tecnologia, foram identificadas algumas características deste segmento no Rio Grande do Sul, mantendo-se atuais até hoje.

O princípio produtivo, por exemplo, em que se fundamenta a produção industrial, hoje, mantém-se praticamente inalterado desde a Antiguidade. Apesar disso os produtos cerâmicos participam significativamente no custo global da construção civil, em função da abundância e do baixo custo da matéria prima, aliadas a facilidade de operação e alta resistência mecânica final. A diferenciação começa a ocorrer em função das tentativas de melhoria dos sistemas de produção, através de controle da qualidade, semi automação e redimensionamento de escalas de produção, por parte de empresas de porte.

A exceção de seis empresas consideradas médias e grandes, o setor ainda é composto, basicamente, de micro e pequenas empresas, muitas delas não vinculadas à entidades sindicais, patronais e, até mesmo, sem registro oficial. Neste ramo, como em outros do segmento construção civil, ocorre o fenômeno do aparecimento e desaparecimento contínuo de empresas, tendo reflexos mercadológicos profundos, em termos de demanda. No mapa apresentado na figura 03, uma aproximação do universo de fabricantes de telhas no RS, sendo obtido a partir de dados fornecidos pelo sindicato da categoria e confrontados com o anuário publicado pela FIERGS - Federação das Industrias do Estado do Rio Grande do Sul⁽⁷⁾.

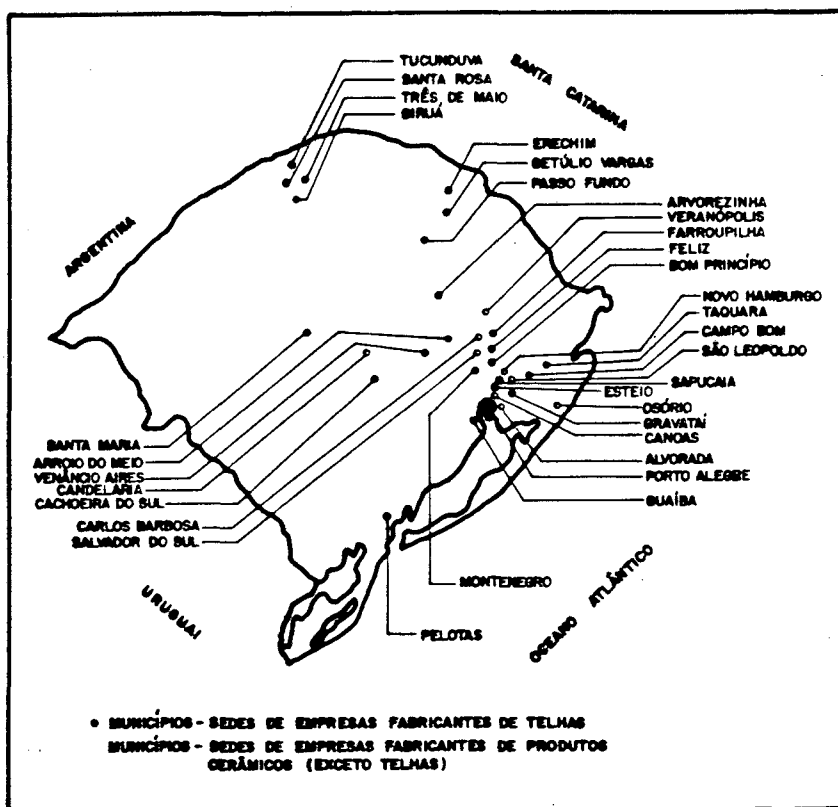


FIGURA 03 - Mapeamento de Municípios - Sede de Industriais Cerâmicas

Os dados fornecidos pelo SIOCERGS^(B) - Sindicato das Indústrias de Olaria e de Cerâmica para a Construção no Estado do Rio Grande do Sul, indicam a existência de 1906 empresas voltadas para a atividade de Cerâmica Estrutural, sendo de 176 empresas o número considerado oficial de fabricantes de telhas.

Este grupo contribui com uma produção de 10,6 milhões de telhas/ano, o que equivale a um aproximado valor de 27.379 toneladas.

Atualmente o setor de Cerâmica Estrutural, incluindo fabricantes de tijolos, lajotas e manilhas absorve um contingente de 33.900 empregados como mão-de-obra direta. Com relação a energia de transformação pode-se acrescentar que 1133 empresas consomem 4.766.000 Kwh/mês e que o consumo de lenha, do setor em geral, é de 441.825 m³, enquanto são consumidos cerca de 453.200 litros/mês de óleo combustível.

5.2.3. Qualidade e Normalização

Segundo Langhanz⁽⁹⁾, as empresas da indústria da cerâmica vermelha apresentam-se de uma maneira geral sem equipamentos para controle de qualidade de seus produtos. As perdas registradas na produção de tijolos giram em torno de 10%, enquanto na produção de telhas o percentual de perdas de produção chega a 32%. A mão-de-obra envolvida representa 12% dos custos totais de fabricação, valor este considerado alto se comparado a outros segmentos da indústria de transformação. Este dado reflete a inexistência de treinamento da mão-de-obra, uma das causas da baixa qualidade dos produtos cerâmicos. Os custos com energia chegam a 40% dos totais gastos com fabricação, fator comprometedor nos custos finais do produto, seja do ponto de vista econômico, seja ambiental.

Aspectos como os citados por Langhanz⁽⁹⁾ leva a que se obtenha controles apenas incipientes sobre o produto acabado, em termos de qualidade. Esta situação é resultante do nível de inovação tecnológica no setor se comparado a outros segmentos. Os resultados obtidos advém de métodos do tipo **tentativa-erro**, em função da pouca difusão dos métodos científicos entre os recursos humanos envolvidos no setor.

Já a normalização de telhas cerâmicas tem por objetivo convencionar as formas e dimensões das peças, eliminando confusões de nomenclatura existente e facilitando, para o mercado consumidor a compra e substituição de componentes fabricados em épocas distintas ou mesmo por indústrias diferentes.

Os problemas referentes à reposição, substituição de peças, ampliação e reformas dessa natureza, principalmente em telhados com telha francesa (Marselha) residem na falta de padronização.

Encaixes, erros de dimensionamento de quantidades necessárias, são alguns dos fatores que levam a substituição do produto cerâmico por similares em outro material, porém, padronizados.

A normalização também busca, através da especificação, estabelecer condições mínimas a serem atendidas pelas telhas, para sua aceitação em obras, bem como estabelecer critérios para inspeção e aceitação/rejeição de lotes.

Até 1983, as únicas normas brasileiras referentes à telhas cerâmicas diziam respeito à telhas francesas (ou de Marselha), publicadas em 1943. A partir daí, desenvolveram-se esforços no sentido de atualizar as normas existentes e elaborar textos para os tipos de telhas mais utilizados e disponíveis no mercado.

Hoje, vigora no país um conjunto de onze normas (NBRs) publicadas, pela ABNT⁽¹⁰⁾, entre 1983 e 1987, que dispõem sobre padronização, especificação, métodos de ensaio, procedimentos para projeto e execução de coberturas em telhas cerâmicas. A Tabela 01, a seguir, apresenta o conjunto de normas atualmente em vigência no país.

TABELA 01 - Normas Brasileiras para telhas cerâmicas

Referência	Documento	Assunto
NBR 8038	Telha Cerâmica Tipo Francesa. Dimensões	Padronização
NBR 7172	Telha Cerâmica Tipo Francesa.	Especificação
NBR 6462	Telha Cerâmica Tipo Francesa. Determinação da Carga de Ruptura à Flexão	Método de Ensaio
NBR 8039	Projeto e Execução de Telhados com Telhas Cerâmicas Tipo Francesa	Procedimento
NBR 8947	Telha Cerâmica. Determinação da Massa e da Absorção de Água	Método de Ensaio
NBR 8948	Telha Cerâmica. Verificação da Impermeabilidade	Método de Ensaio
NBR 9598	Telha Cerâmica de Capa e Canal Tipo Paulista. Dimensões	Padronização
NBR 9599	Telha Cerâmica de Capa e Canal Tipo Flam. Dimensões	Padronização
NBR 9600	Telha Cerâmica de Capa e Canal Tipo Colonial. Dimensões	Padronização
NBR 9601	Telha Cerâmica de Capa e Canal	Especificação
NBR 9602	Telha Cerâmica de Capa e Canal. Determinação de Carga de Ruptura à Flexão	Método de Ensaio

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT
Coletânea de Normas, Janeiro 1988

6. MEIOS E MODO DE PRODUÇÃO DE TELHAS CERAMICAS

6.1. MATERIA-PRIMA

Segundo Singer & Singer⁽¹¹⁾ "Denominam-se materiais cerâmicos os produtos fabricados a partir de materiais inorgânicos que primeiramente são moldados e posteriormente endurecidos pelo calor."

A definição se adapta ao uso atual da palavra Cerâmica, compreendendo os materiais feito de argila, permitindo porém, ao mesmo tempo, a inclusão de componentes não-argilosos. Neste século temos encontrado maneiras para utilização dos métodos de produção de cerâmica com um certo número de substâncias físicas e quimicamente diferentes, ainda que a indústria cerâmica se baseia todavia em um conhecimento profundo da argila.

Denomina-se argila ao conjunto de minerais, composto principalmente de silicatos de alumínio hidratados, que possuem a propriedade de formarem com a água uma pasta plástica suscetível de conservar a forma moldada, secar e endurecer sob ação de calor.

As diferentes espécies de argila são na realidade, misturas de hidrossilicatos de alumínio, denominados "materiais argilosos". Os materiais argilosos se diferenciam uns dos outros pela diferença de sílica e alumina, bem como pela quantidade de água de constituição, fator este determinante da plasticidade do material.

Argila seca possui plasticidade nula. Molhando-a a plasticidade ocorre até o máximo, Com mais água, as lâminas se

separam, a argila perde plasticidade e se torna um líquido viscoso.

6.2. A CERÂMICA VERMELHA

Define-se como produtos de Cerâmica Estrutural ou Cerâmica Vermelha, aqueles utilizados na construção civil, como elementos e componentes de paredes, pisos, revestimentos, coberturas de formação de dutos. Os mais importantes são o tijolo (maciço ou vazado), as lajotas, as telhas, os blocos de parede e os tubos e condutos diversos.

Estes produtos recebem nomes, na bibliografia internacional, como "structural clay products", "heavy-clay products", "produits de terre-cuite" ou "terracota". As argilas usadas para a produção de cerâmica estrutural são as do tipo mais comum, com baixo teor de matéria orgânica e outras impurezas, principalmente fundentes minerais de ferro que lhe conferem tendências de sinterizar, adquirir resistência mecânica à baixas temperaturas (entre 900 e 1100°C).

No entanto, mesmo com argilas pobres em ferro, que resultam em produtos finais com tons claros, é possível a obtenção de produtos finais com características cerâmicas satisfatórias.

As argilas utilizadas para telhas são, geralmente, argilas recentes e algumas vezes terciárias, obtidas na margem dos rios, lagos e várzeas. São argilas ricas em ferro e álcalis, de granulometria fina e contendo teor apreciável de matéria orgânica, fatores estes responsáveis pela elevada plasticidade da argila.

A partir do conhecimento das características do material torna-se possível obter parâmetros básicos em termos de produtos e processos.

As argilas para serem usadas na fabricação de telhas devem possuir plasticidade adequada para a moldagem, tensão ou módulo de ruptura à flexão elevado quando secas, de modo a

permitir o manuseio durante a fabricação e após a secagem, porosidade aparente e absorção de água baixos, de modo a não permitir a permeação à água.

Costumam apresentar cor vermelha após a queima, larga faixa de vitrificação e retração uniforme com vistas ao controle das dimensões finais do produto. A cor vermelha pós-queima é fator principal em termos mercadológicos. A ocorrência de cores laranja e vermelho indica, por outro lado, a abundância de ferro na mistura.

A situação no Rio Grande do Sul, no que se refere à existência de matérias-primas, em geral, pode ser considerada satisfatória, conforme mostra o mapa apresentado na figura 04.

As argilas para a produção de telhas e tijolos são, bastante abundantes e caracterizam-se por um grau de plasticidade considerado adequado para conformação, sem deformações expressivas, à temperaturas relativamente baixas de cozimento (960°C). Quando muito plástica, podem ser facilmente corrigidas pela adição de materiais inertes.

Por meio de processos adequados às propriedades destes materiais, ocorrem alterações sensíveis do ponto de vista químico. Esta seqüência de etapas consiste em provocar reações físico-químicas sob temperaturas elevadas, com o objetivo de obtenção de certas propriedades úteis desejadas.

A maior característica dos produtos cerâmicos é a fragilidade e a conseqüente possibilidade de fratura com pequena ou sem nenhuma deformação. Como resultado desta característica, o material cerâmico não pode ser conformado por processos normais de deformação utilizado para os metais.

Dois processos foram desenvolvidos para conformação cerâmica. Um utilizado em partículas finas cerâmicas associadas a líquidos ou aglomerantes viscosos, uma combinação com propriedades reológicas (plasticidade de uma mistura água-argila, por exemplo), as quais permitem a ocorrência da conformação.

Então, por tratamento de calor, as partículas finas são aglomeradas e transformadas num produto coeso. O essencial deste procedimento é primeiro encontrar e preparar as partículas finas, conformando-as e, então, submetê-las ao calor.

O segundo processo básico consiste em fundir o material até atingir o estado líquido e então conformá-lo durante o resfriamento e solidificação.

A obtenção de produtos de cerâmica estrutural ocorre por meio de quatro fases seqüenciais bem definidas: preparação da matéria-prima, conformação, tratamento térmico e acabamento.

A figura 05, representa esquematicamente o processo.

c) Tratamento Térmico

Esta fase subdivide-se em das etapas, secagem e queima. Na secagem ocorre a eliminação da água de moldagem e água absorvidas. Na etapa de queima, à temperatura entre 900 e 1100°C, o material adquire resistência mecânica e características de continuidade, por efeito químico que provoca a sintetização das partículas finas dos colóides.

d) Acabamento

Operação de furação e de fixação de componentes podem ocorrer nesta fase.

Em termos dimensionais a telha fabricada na Região Sul mantém proporções nominalmente inalteradas em função do processo de fabricação mais utilizado, qual seja, por prensagem.

As telhas cerâmicas são obtidas por processos que dependem das propriedades plásticas e de fluxo da pasta tradicional. A operação de fabricação de produtos cerâmicos relaciona-se intimamente com o teor de água da pasta de argila. Quanto maior a quantidade de água, mais plástica e mais moldável será a pasta, acrescida de economia de energia.

Por outro lado a contração na secagem pós-molde torna-se inevitável, com conseqüentes deformações no cozimento e maior consumo de combustível.

O desenvolvimento tecnológico vem permitindo a utilização de pastas cada vez mais secas, sem prejuízo da plasticidade. Os métodos de moldagem se dividem de acordo com o estado da pasta de argila que podem ser: líquida, viscosa, plástica, semi-seca e seca.

Do ponto de vista da plasticidade e do teor de água pode-se classificar as pastas em brandas (25% de umidade), duras(15% de umidade) e secas(5% de umidade).

Nas condições líquida e viscosa a fluência da pasta se dá por gravidade e a baixa pressão.

Nas condições plástica e semi-seca só é possível a obtenção de fluxo contínuo de material com pressões consideráveis. Por outro lado, a forma final da pasta permanece inalterada após a retirada da pressão. Na condição seca torna-se geralmente impossível a indução do fluxo.

Na tabela 02, abaixo, uma relação entre os percentuais de umidade e a pressão necessária par a moldagem.

TABELA 02 - Umidade versus Moldagem

UMIDADE (%)	PRESSÃO (Pa ou N/m ²)
25	1 x 10 ⁵
20	4 x 10 ⁵
17	10 x 10 ⁵
15	20 x 10 ⁵

Analisando a tabela cinco conclui-se que a pressão necessária de moldagem caracteriza-se como inversamente proporcional aos percentuais de umidade da pasta.

Os métodos antigos exigiam argilas em condições plásticas (35%). Hoje essa condição, na maioria dos métodos utilizados nos processos de moldagem, varia entre 20% e 30%.

6.3.1. Moldagem por Prensagem

A possibilidade de moldagem de certas pastas de argila está relacionada com o emprego de moldes metálicos acoplados à prensas mecânicas ou hidráulicas. Para a produção de telhas, pelo processo de prensagem, é extrudado um bastão de forma paralelepipedica, de massa cerâmica crua e posteriormente prensado. A figura 06, apresenta o fluxograma de fabricação de telhas, utilizando o processo de prensagem.

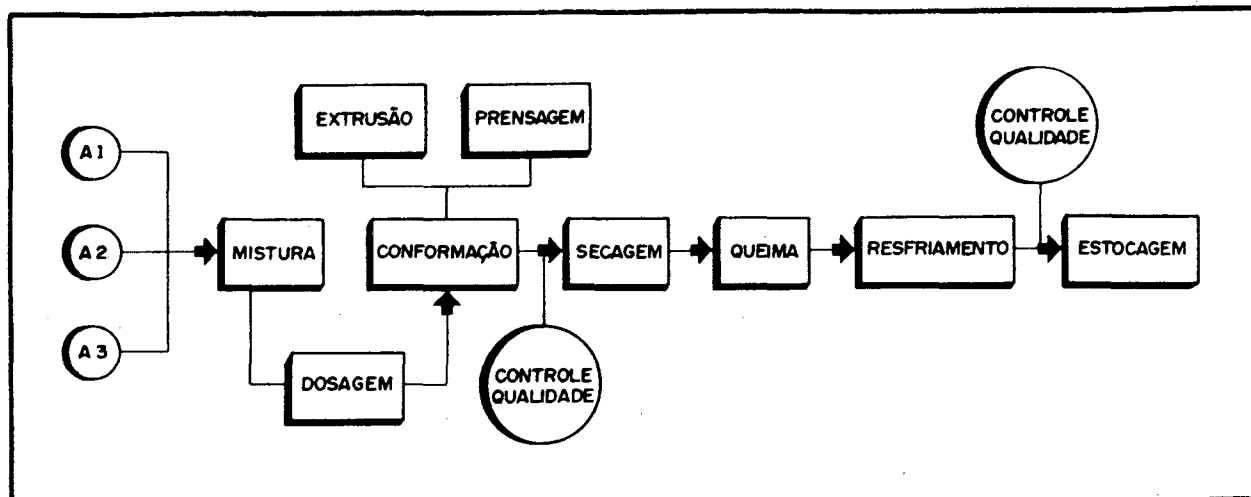


FIGURA 06 - Fluxograma do processo de moldagem de telhas cerâmicas por prensagem.

A mecanização com sistemas de controle automáticos do processo de prensagem para a produção em larga escala é um método recente, implantado no Brasil nas décadas de 50 e 60. Consiste basicamente na prensagem de pasta de argila em estado plástico (22%) entre moldes, sobre os quais é aplicado ar comprimido, com o qual se abre a prensa, deixando a peça conformada sobre o molde inferior.

Durante o processo é possível a redução de umidade com variações da ordem de 1 a 3%. As tensões na peça conformada, originárias do processo, são muito baixas as quais resultam, por sua vez em deformações pequenas. No caso de peças e componentes de pequenas dimensões, obtém-se, com esse processo, uma produção em torno de 10.000 unidades/dia.

Nas fotos e ilustrações, mostradas a seguir, é apresentada a seqüência da operação de produção de telhas, utilizando o processo de prensagem, documentado na unidade de produção de telhas da Cerâmica Stella, Distrito Industrial de Gravataí.

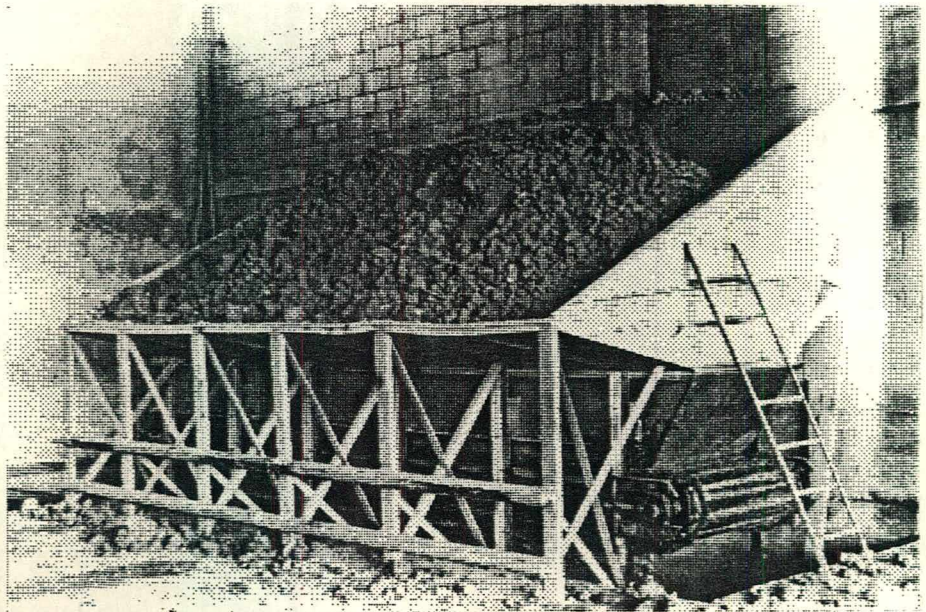
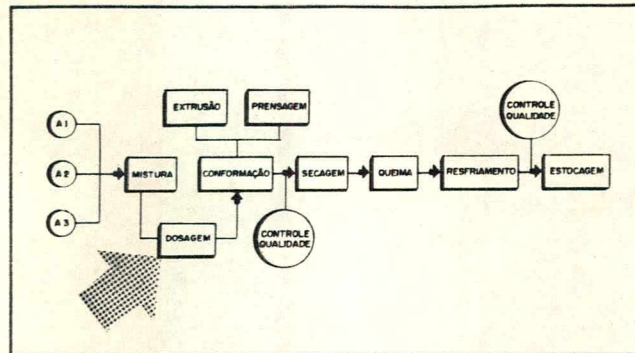


FOTO 3 -

Documenta a matéria-prima (argila 1 + argila 2 + argila 3), previamente misturada, depositada no equipamento dosador.

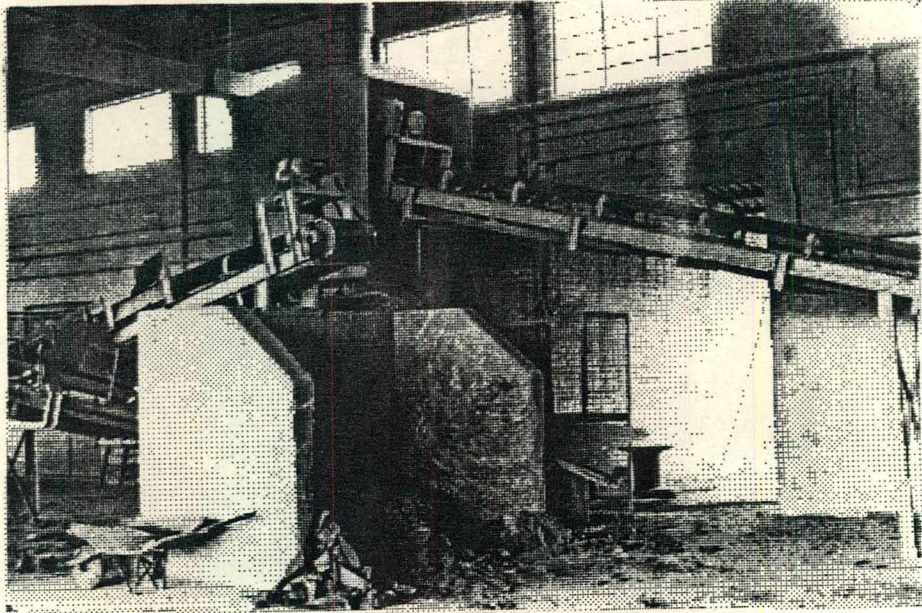


FOTO 4

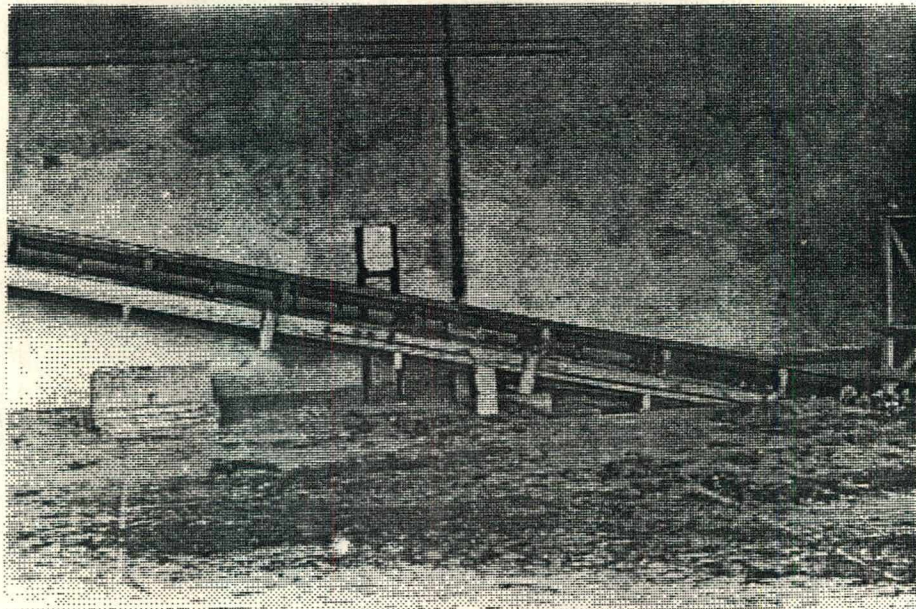


FOTO 5 -

A matéria-prima é transportada por esteira até a maromba (equipamento utilizado para operação de extrusão).

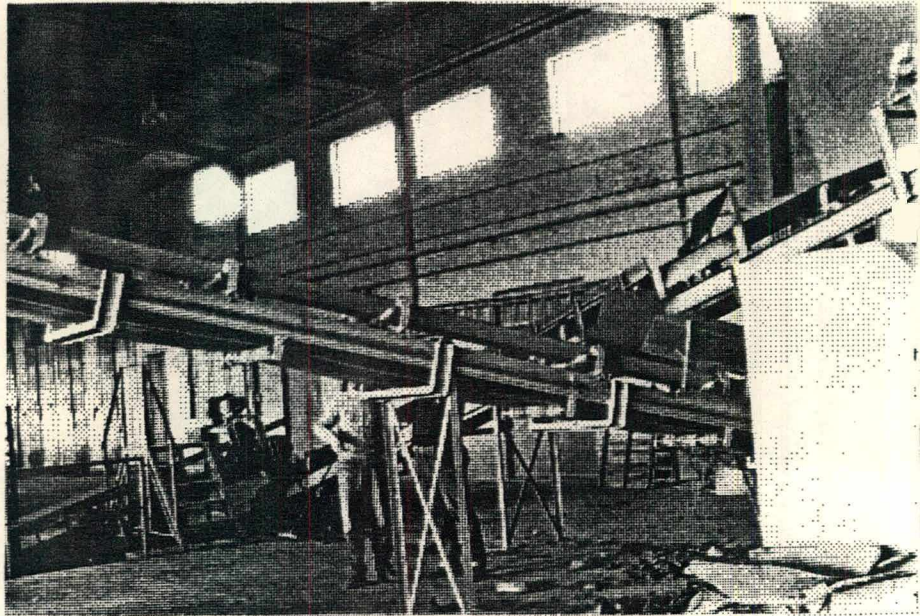


FOTO 6 - Detalhe do sistema de transporte da matéria-prima. Uma esteira transporta a argila até a extrusora (maromba), outra transporta, de volta ao dosador, a "sobra" da operação de conformação.

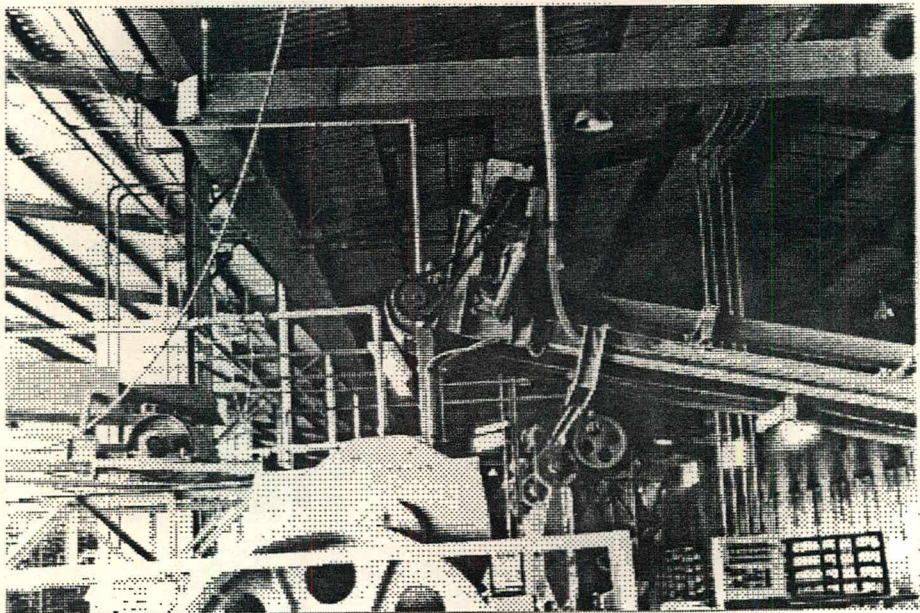


FOTO 7 - Mostra a chegada da matéria-prima na extrusora para alimentação do equipamento na operação de conformação.

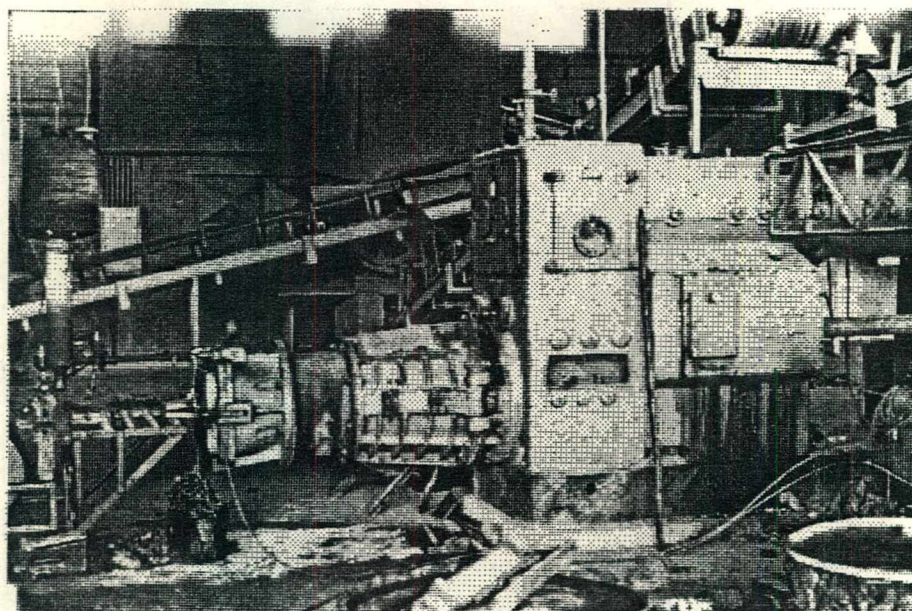
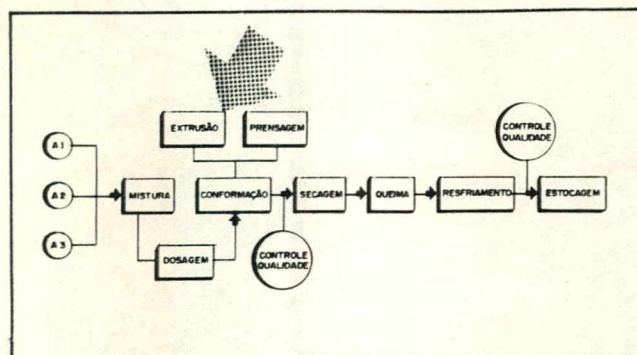


FOTO 8 -

Mostra a maromba (extrusora), equipamento utilizado na operação de extrusão.

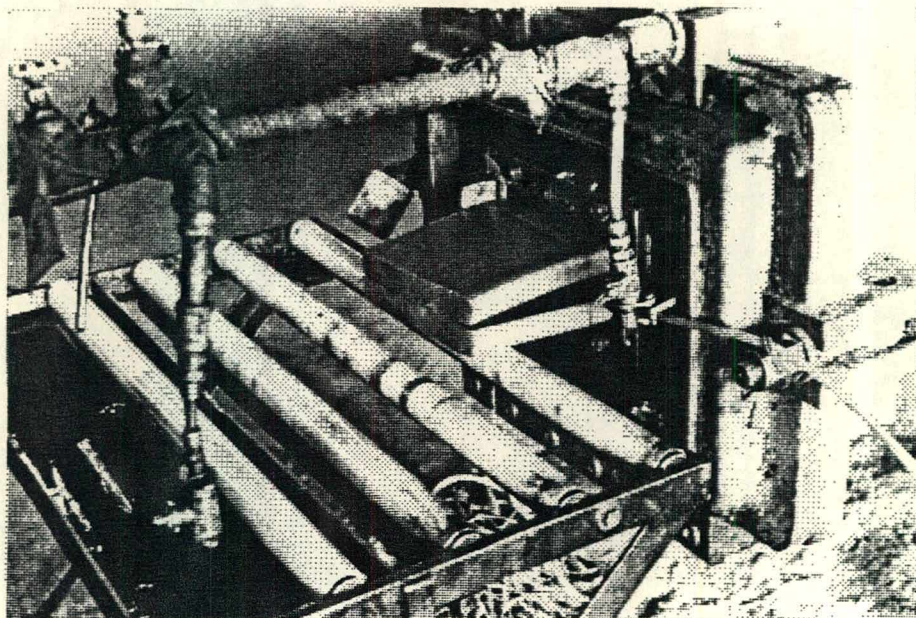


FOTO 9 -

Observa-se a boquilha da qual se obtém as placas extrudadas, com vistas a operação de prensagem.

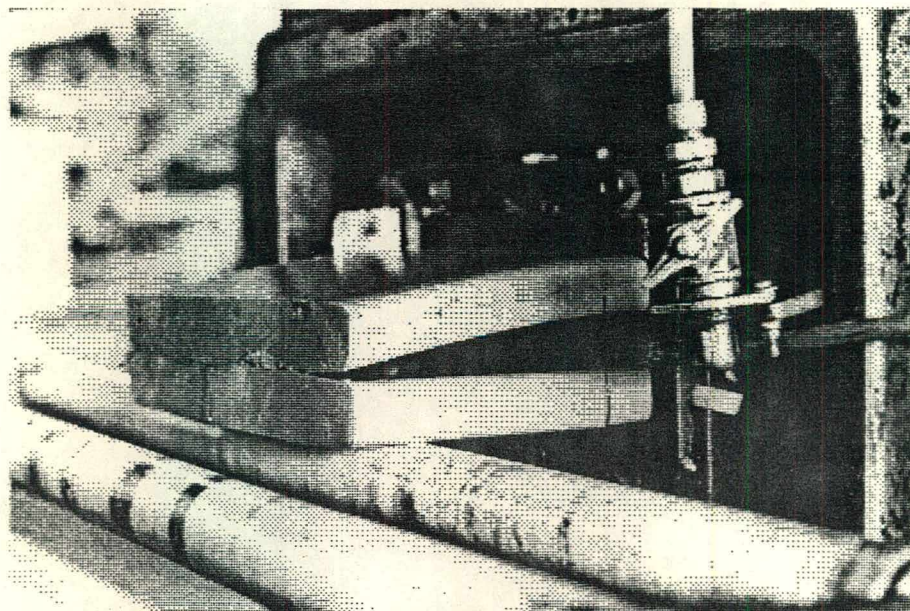


FOTO 10 -

Observa-se, em detalhe, o conjunto de placas obtidas da operação de extrusão.

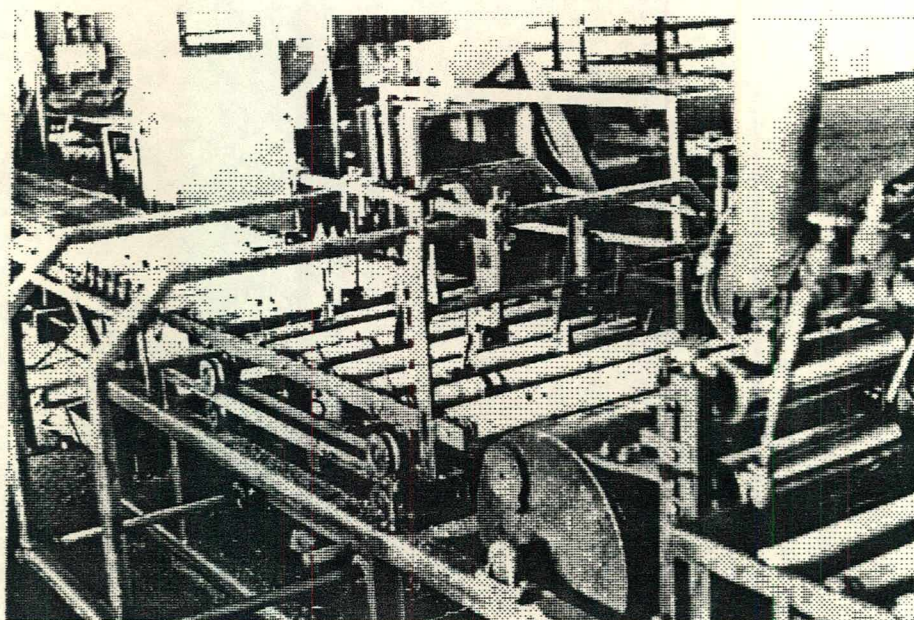


FOTO 11 -

Registra o sistema de transporte, por roletes, das placas extrudadas até a esteira, para as operações subseqüentes.

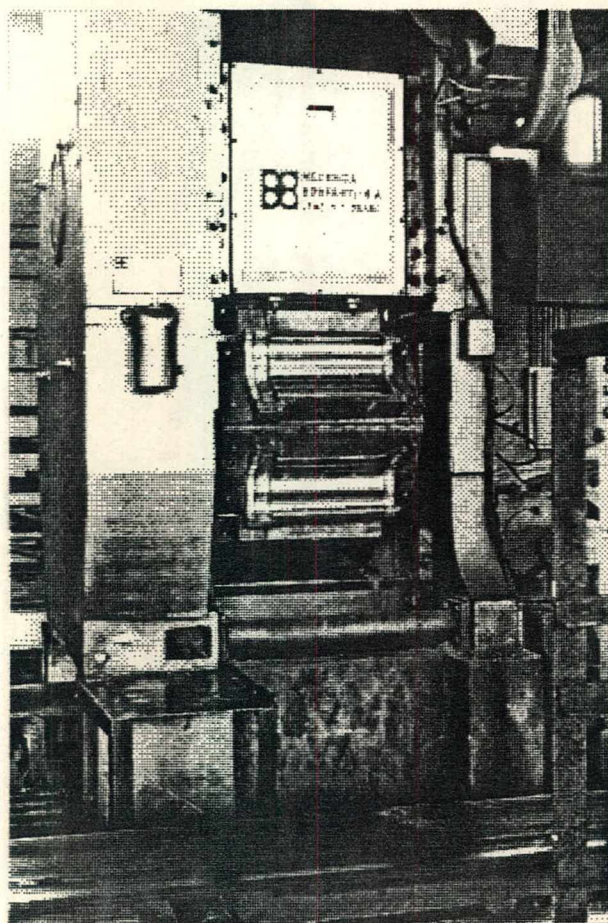
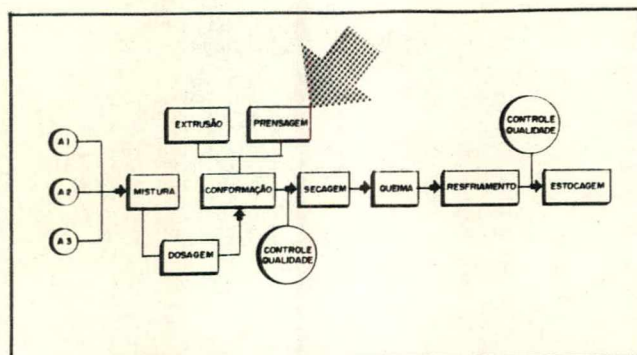


FOTO 12 - Mostra o equipamento utilizado na operação de conformação final (prensagem).

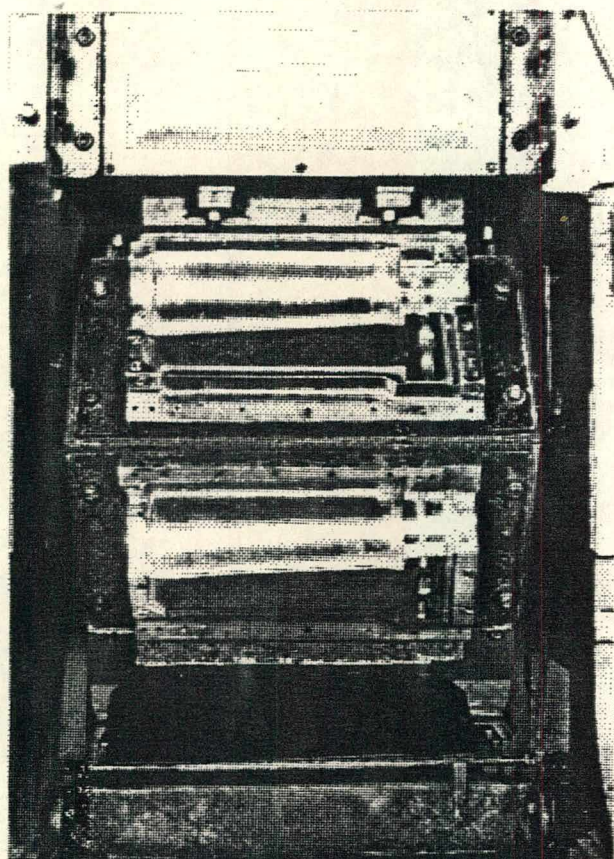


FOTO 13 - Registra detalhe do molde de prensagem que dá a forma final ao produto.

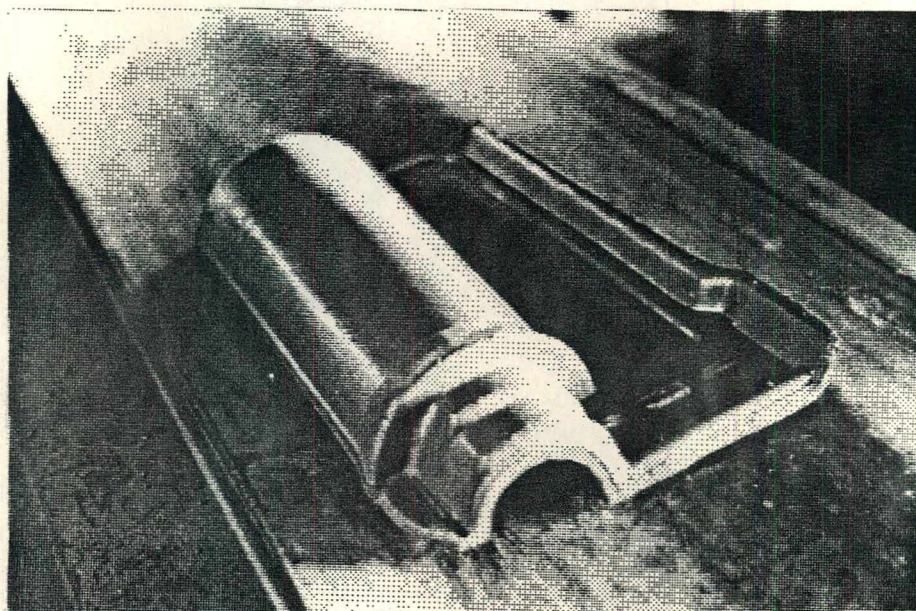


FOTO 14 - Mostra o produto telha há conformado por prensagem.

FOTO 15 - Registra o produto acondicionado em módulos de prateleiras metálicas para a fase de tratamento térmico.

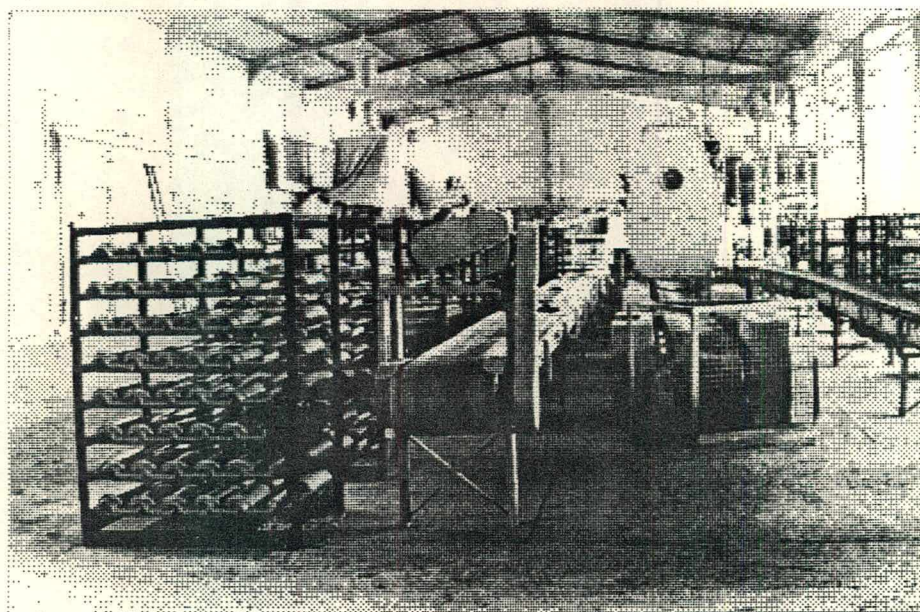
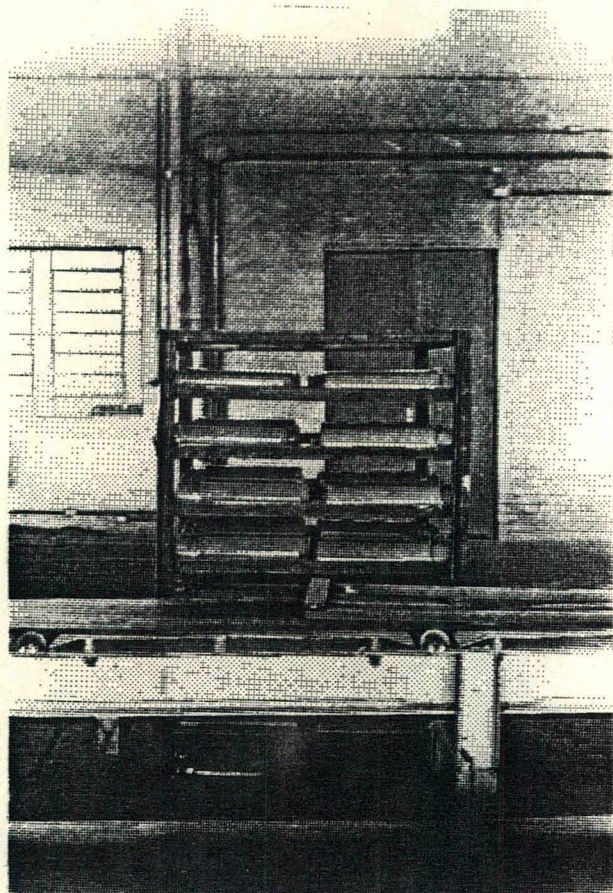


FOTO 16 - Registra vista parcial do sistema de produção e, no detalhe, área de estoque do produto já conformado.

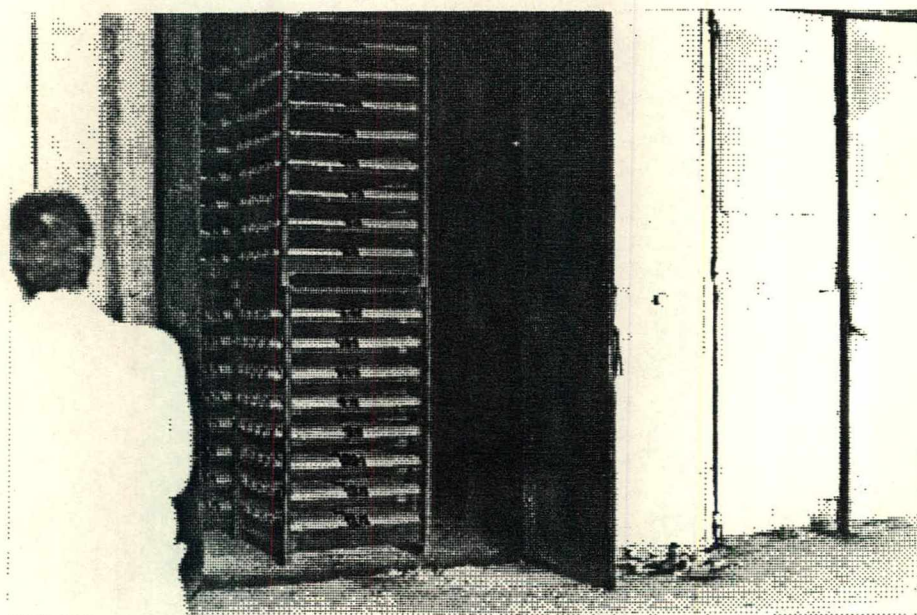
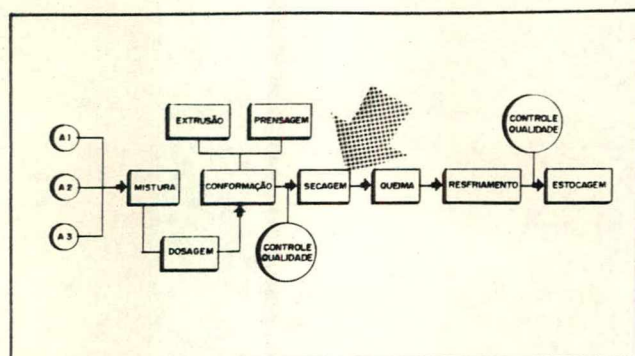


FOTO 17 -

Mostra o produto telha acondicionado e posicionado na estufa de secagem, operação esta que dá início a etapa de tratamento térmico do produto.

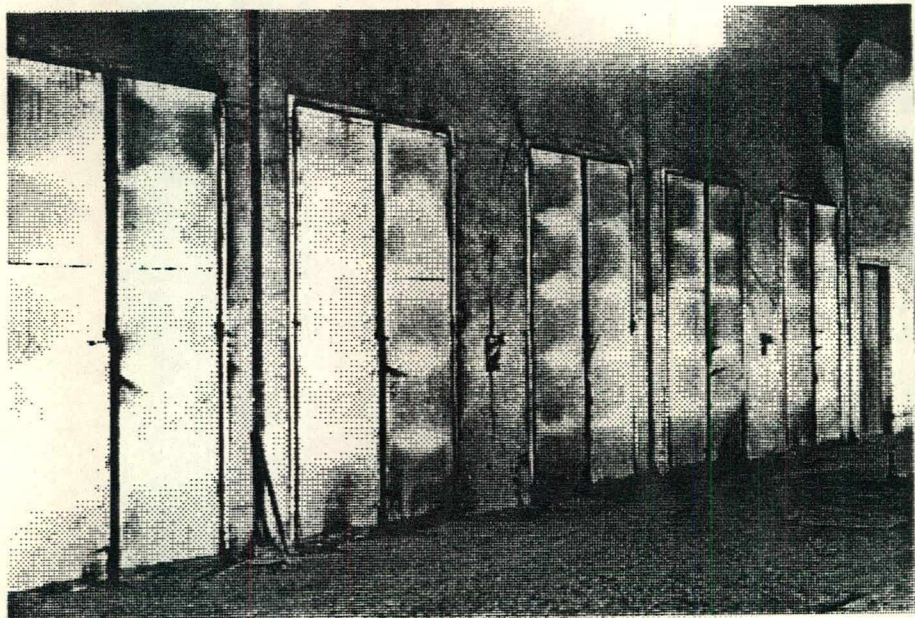


FOTO 18 -

Registra as células de secagem das telhas. Operação tem duração aproximada de 50 horas, numa temperatura de 60 °C.

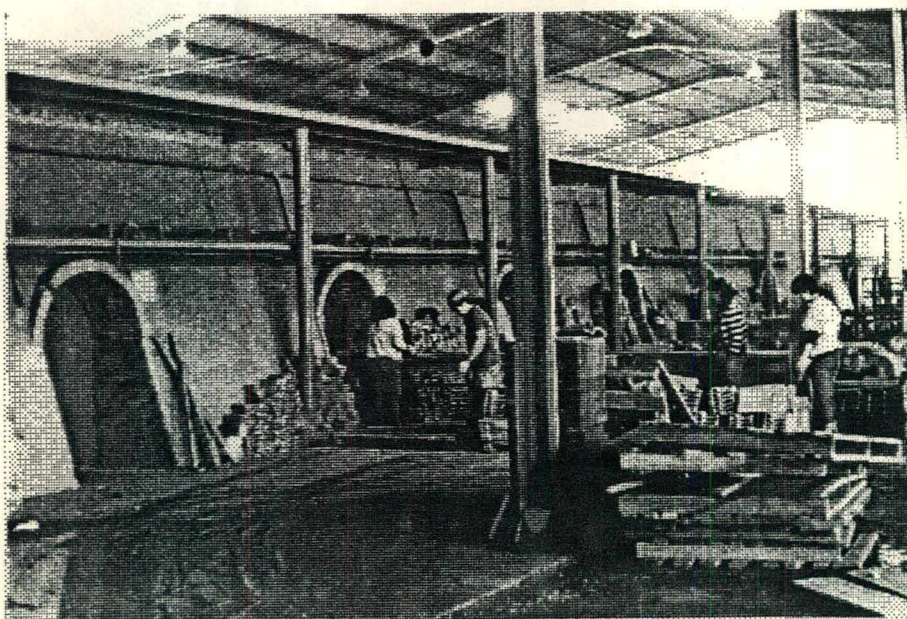
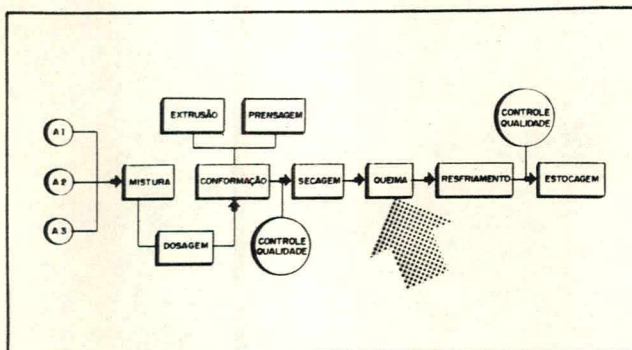


FOTO 19 -

Após a secagem o produto é submetido a segunda fase do tratamento térmico, qual seja, a operação de queima em forno cerâmico.



FOTO 20 -

Registra a saída do forno em esteira de transporte horizontal, na qual o produto tem concluída a fase de tratamento térmico, encerrando aí o ciclo de produção.

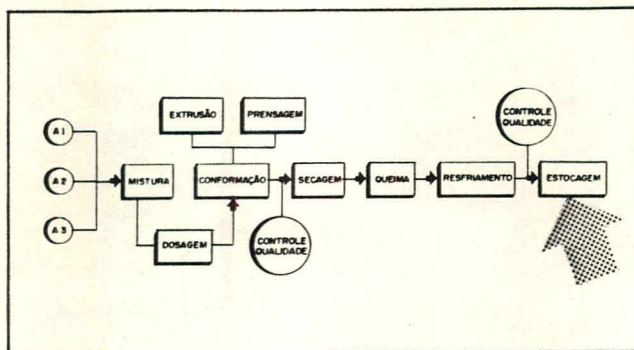


FOTO 21 -

Mostra o estoque intermediário do produto acabado, momento em que o controle de qualidade também se faz presente, para a rejeição e descarte nos lotes produzidos.

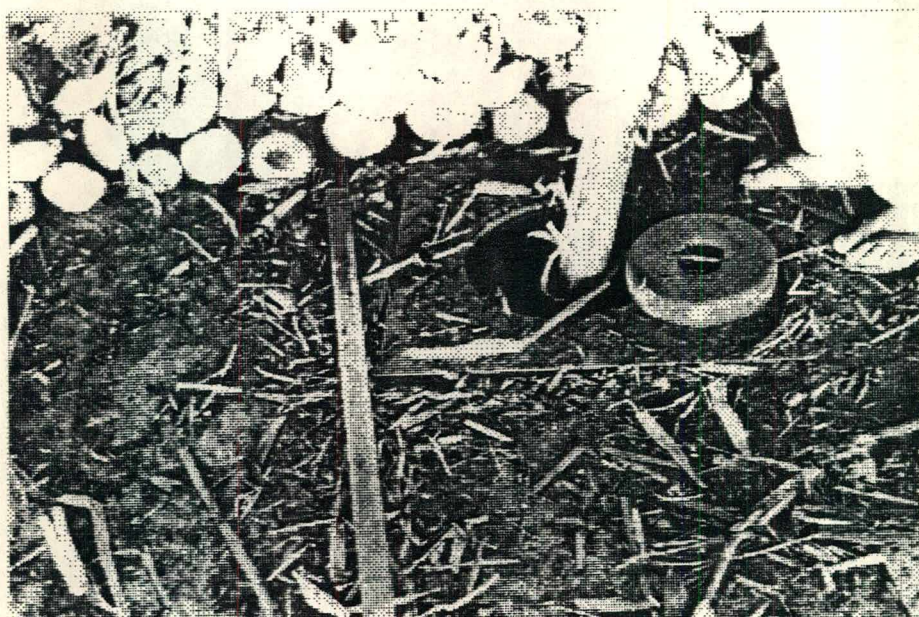


FOTO 22 - Registra em detalhes a zona de carregamento individual , por forno, com combustível (lenha). As bocas de alimentação são posicionadas na face superior externa dos fornos.

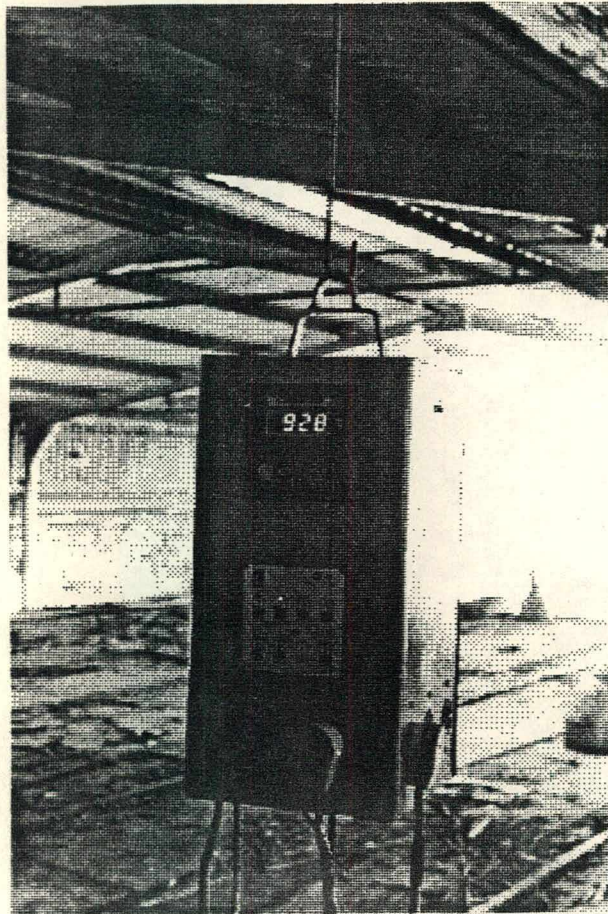
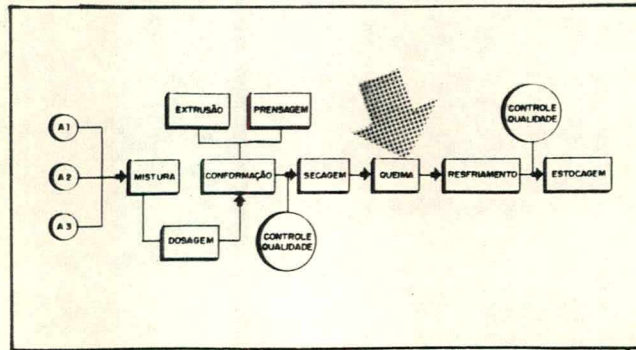


FOTO 23 -

Mostra equipamento utilizado para o controle de temperatura dos fornos, o qual efetua a verificação por sensores térmicos.



FOTO 24 -

O controle da temperatura dos fornos se faz através de sensores térmicos conectados entre os pontos de carregamento de combustível e o equipamento medidor.

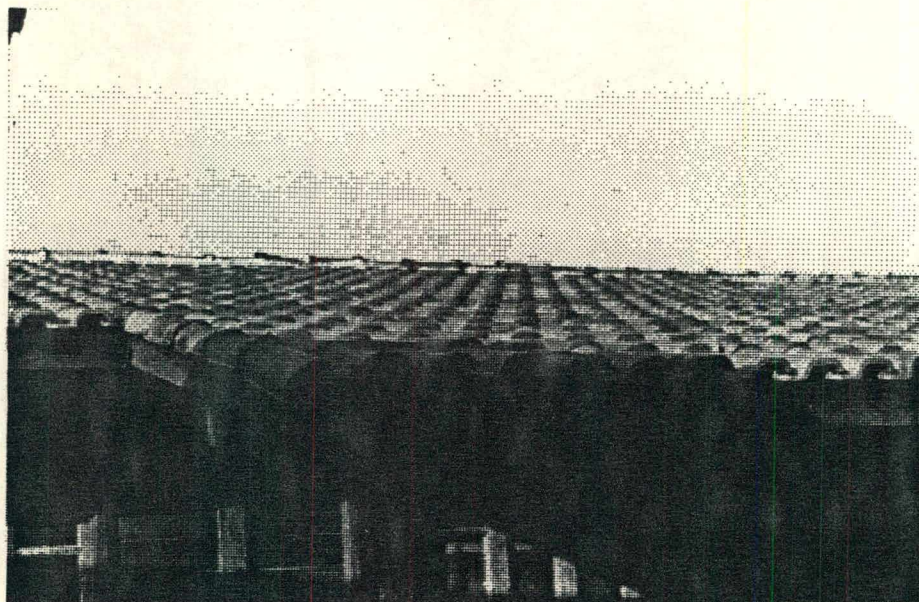


FOTO 25

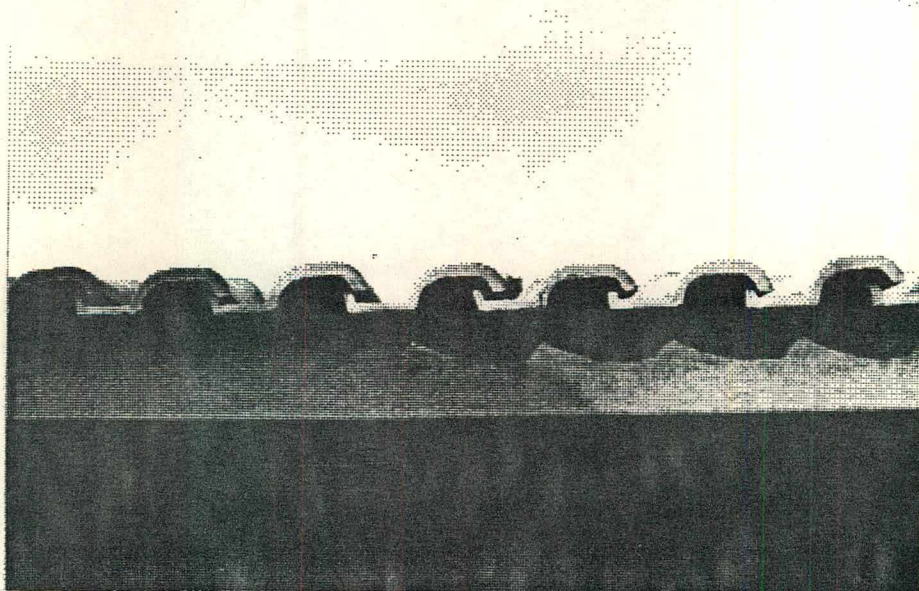


FOTO 26

FOTOS 25 e 26 - Mostra o produto já utilizado na montagem de coberturas residenciais.

6.3.2. Extrusão de Telhas

O processo de extrusão é utilizado para obtenção de peças de secções transversais regulares.

Esse processo permite a conformação da argila plástica num teor de 30 a 35% de umidade, de modo a obter-se uma coluna uniforme, qual seja um perfil. No processo de extrusão a pasta de argila é geralmente mais espessa, tendo menos água de constituição do que uma pasta par uso em torno, por exemplo.

A moldagem por extrusão é utilizada na produção de ladrilhos vazados, telhas, tijolos, tubulações, manilhas e outros produtos similares.

Em alguns destes produtos o resultado da extrusão são peças em bruto, com necessidade de operações posteriores de usinagem após a secagem.

Na Figura 07, o fluxograma do processo de moldagem de telhas por extrusão.

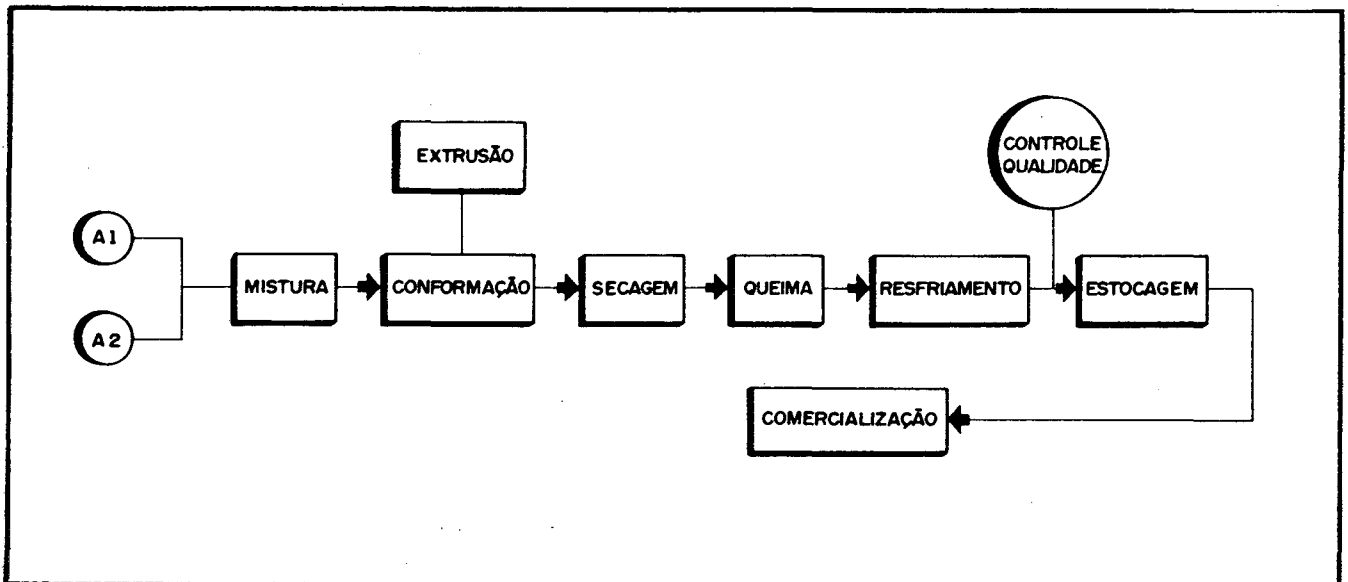


FIGURA 07 - Fluxograma do Processo de Moldagem de Telhas Cerâmicas por Extrusão.

Basicamente o processo de extrusão consiste em fazer passar uma massa de argila através de uma matriz (boquilha). Dentre as formas desenvolvidas para forçar a passagem da

argila, destaca-se o uso do pistão, no qual um êmbolo empurra a argila através do orifício da matriz.

Já é comprovado que a moldagem por extrusão simplifica operações unitárias de conformação, aumenta a produtividade e reduz custos de produção. Este processo se justifica economicamente na medida em que substitui o método de extrusão tradicional com prensagem posterior por uma operação de extrusão única.

As dificuldades, porém, residem nas questões de estanqueidade da cobertura e de sobreposições transversais e longitudinais. Algumas tentativas de obtenção de telhas por extrusão já foram levadas a cabo. Um exemplo disso é a telha "termoplan", utilizada em coberturas com declividades entre 25 e 30°, com um consumo de 15 peças por m², mostrada no desenho apresentado na figura 08.

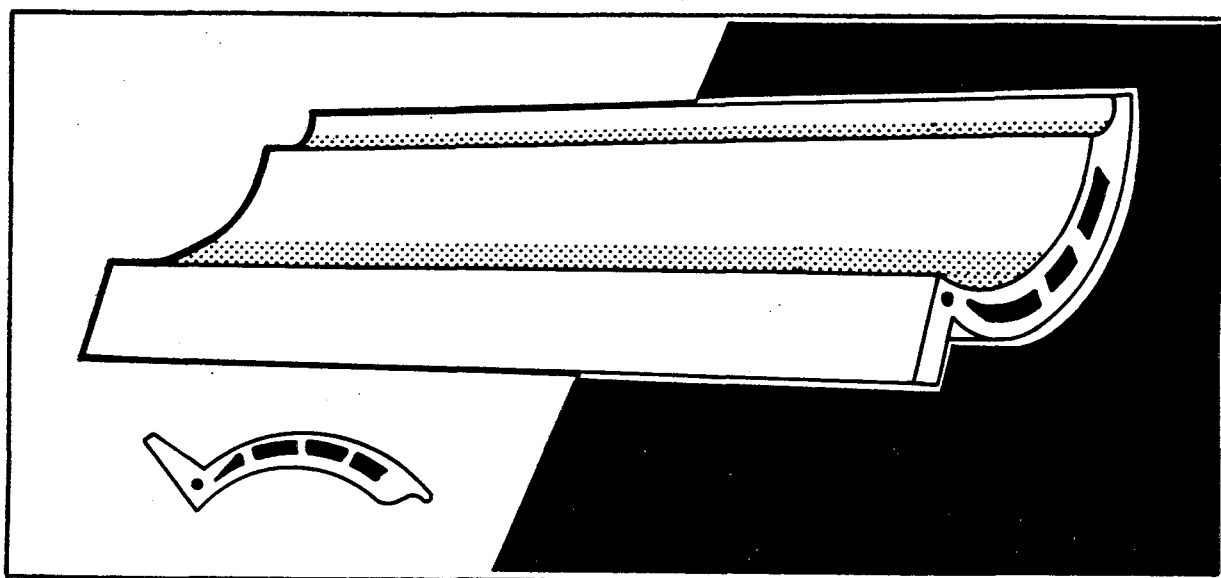


FIGURA 08 - Telha termoplan

A telha extrudada Termoplan apresenta algumas vantagens em relação as telhas obtidas pelo processo de prensagem.

Com a eliminação da operação de prensagem obtém-se vantagens como:

- . redução de operações no processo de fabricação;
- . redução do número de moldes par conformação;
- . redução consumo energético (não utilização de prensas);
- . redução de tempos de fabricação.

Por outro lado, em função de suas dimensões, necessita, assim como as telhas prensadas, de uma estrutura de cobertura extremamente complexa, onde faz-se necessário a utilização intensa de terçamento.

Outro aspecto que, em função de suas dimensões, não acrescenta vantagem sobre a telha prensada é o consumo por m².

Cumprе ressaltar também que apesar da preocupação com o processo de fabricação, o produto telha extrudada Termoplan ainda não é abordado como um sistema, uma vez que não são previstos componentes de fixação, ficando ao encargo do usuário a escolha do modo de fixação com argamassa ou arame, como nas telhas prensadas.

7. ANALISE E FORMULAÇÃO DE PARAMETROS PARA GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE INOVAÇÃO

7.1. ANALISE DA SITUAÇÃO ATUAL DO PRODUTO TELHA CERAMICA

O presente capítulo pode ser considerado como a etapa mais importante do trabalho, uma vez que sintetiza as informações captadas ao longo das fases anteriores e estabelece parâmetros para a concepção de alternativas para o produto telha cerâmica.

Após o aprofundamento no que tange à problemática cerâmica na Construção Civil (capítulo 5), pode-se enunciar aspectos a serem levados em conta na definição de requisitos e condicionantes, para geração de propostas de inovação de telhas cerâmicas.

- a. As telhas cerâmicas não evoluíram significativamente, sob o prisma tecnológico, se comparados a produtos de mesmo uso, produzidos em outros materiais (ex.: telhas em fibrocimento).
- b. Em comparação à concorrência (produtos produzidos em outros materiais) as telhas cerâmicas necessitam de excessiva quantidade de elementos na composição da estrutura de telhado.
- c. O consumo de telhas cerâmicas por unidade de área é excessivo se comparado a concorrência (ex.: fibrocimento).
- d. O processo de prensagem é fator limitante na produção de telhas com dimensões superiores às atuais.

- e. O processo de extrusão permite a obtenção de produtos cerâmicos com dimensões superiores aos atuais, possibilitando a redução do consumo do produto por unidade de área.
- f. O desenho atual das telhas dificulta o controle dimensional, padronização e acabamento final do produto.
- g. O desenho atual dificulta operações e arranjos em termos de estoque, empilhamento, embalagem, transporte e montagem de telhados.
- h. Do ponto de vista mercadológico ocorre a necessidade de preenchimento de nicho existente entre os produtos cerâmicos e os similares disponíveis em outros materiais.
- i. Os produtos para coberturas em fibrocimento constituem um sistema ao contrário dos produtos cerâmicos.

7.2. SITUAÇÃO DE REFERENCIA - TELHA PORTUGUESA

A opção pelo estudo de caso, a partir de um produto e sistema de produção específico, no caso da Cerâmica Stella, é um detalhe que merece importância face à vinculação do experimento com uma situação real.

Na ausência de um produto cerâmico no mercado, obtido por extrusão, que atenda as características enumeradas no item 5.1. as alternativas disponíveis recaem, para fins de referência, sobre as telhas prensadas.

Entretanto, para efeito comparativo, foi selecionada a telha tipo Portuguesa, fabricada pela empresa citada, produto este considerado como de ótimo padrão de qualidade.

O produto, conforme mostram as figuras 09 e 10, é obtido mediante processo de prensagem e apresenta as seguintes características:

Consumo por m ²	:	16 unidades
Peso unitário	:	03kg
Densidade	:	1,8g/cm ³
Nº telhas em transporte manual:	:	6 unidades/vez (18kg)
Angulo de montagem	:	25 ° a 30 °
Temperatura secagem	:	60 °C
Temperatura de queima	:	960 °C

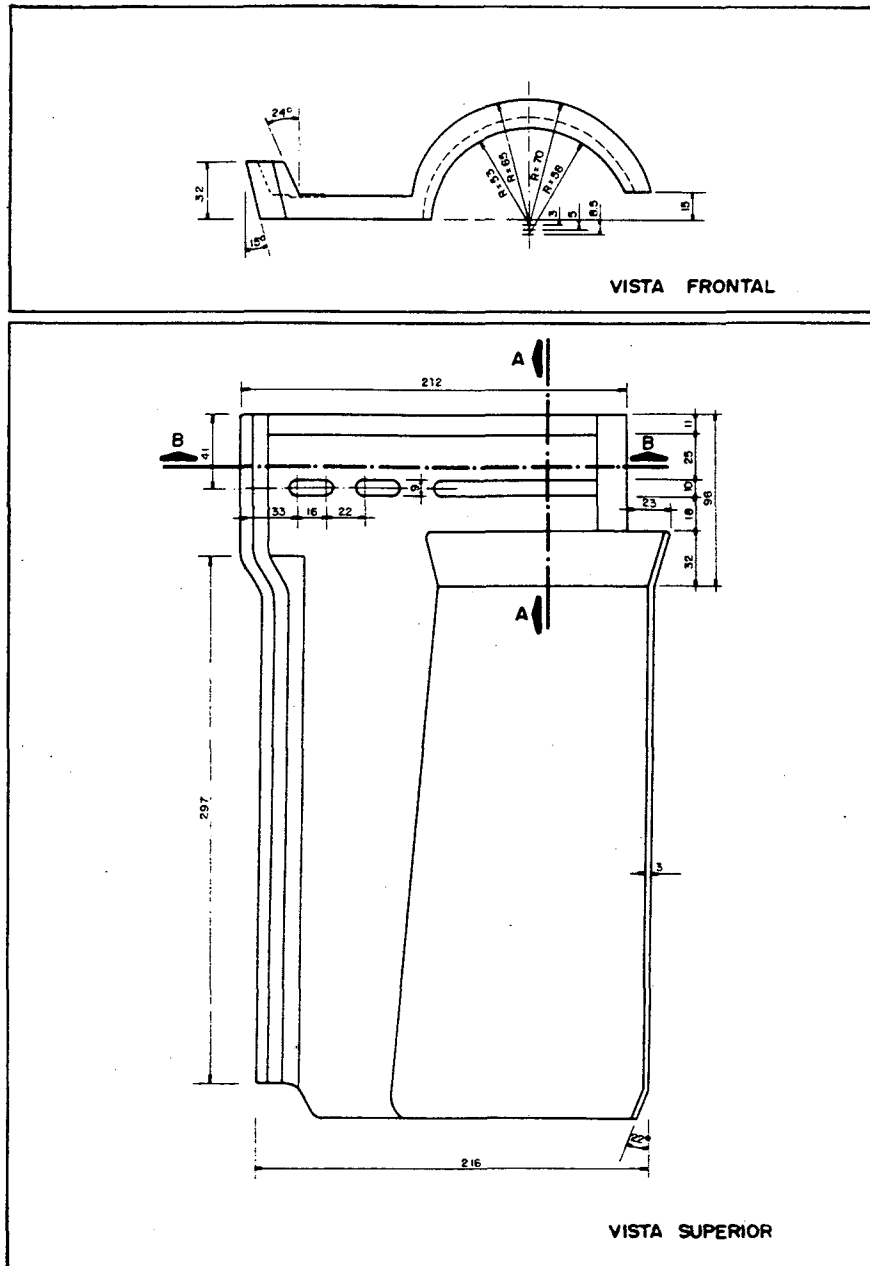


FIGURA 09 - Telha Cerâmica tipo Portuguesa Fabricado por Cerâmica Stella S. A.

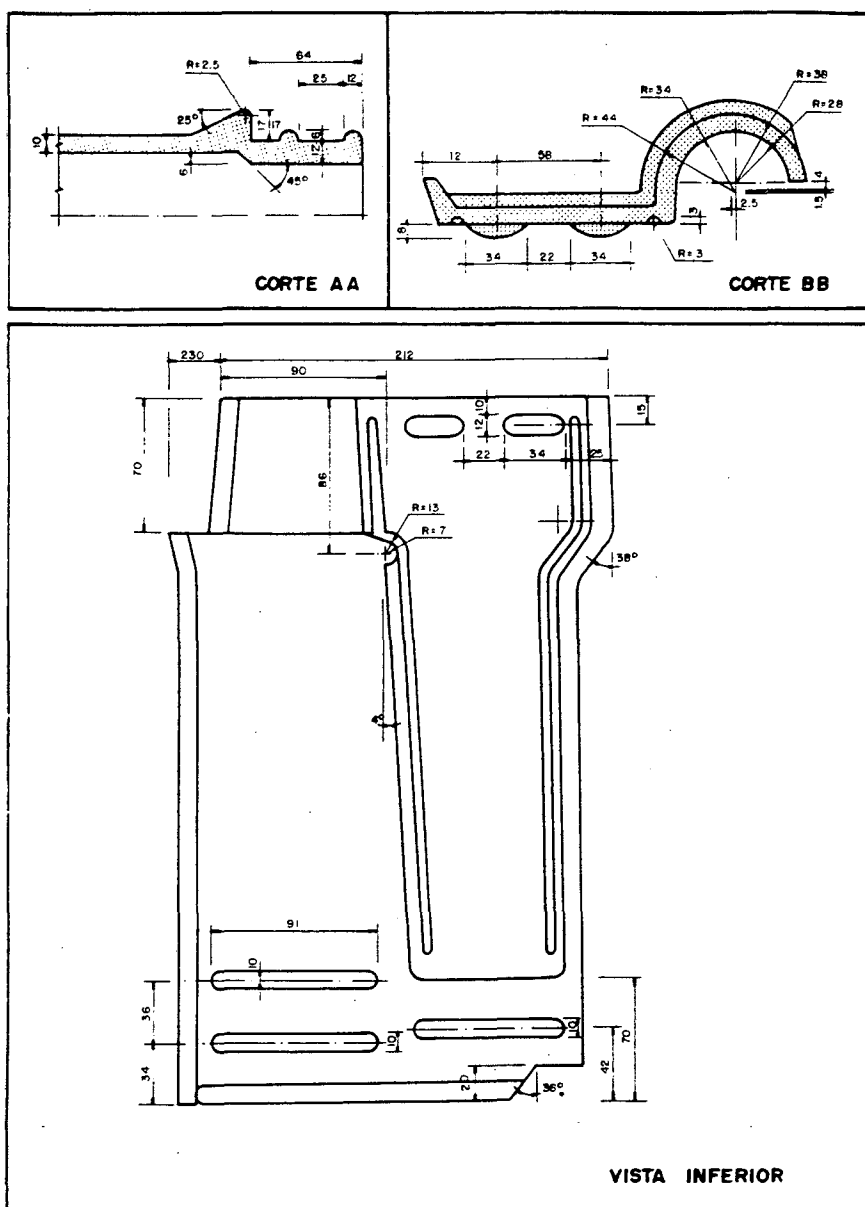


FIGURA 10 - Telha Cerâmica tipo Portuguesa Fabricado por Cerâmica Stella S. A.

7.3. DEFINIÇÃO DE REQUISITOS E CONDICIONANTES

A partir dos aspectos enunciados, levando-se em conta o modo de produção disponível, bem como a situação de referência apresentada, torna-se possível estabelecer

diretrizes e requisitos mínimos que orientem o desenvolvimento de alternativas para a inovação do produto cerâmico.

Faz-se necessário salientar a opção pela manutenção do modo de produção atual, observados os condicionantes técnicos e tecnológicos da empresa tomada com referencial.

No quadro 01, é apresentado uma síntese de requisitos e condicionantes por produto e processo para a definição das ênfases a serem abordadas na fase de desenvolvimento das alternativas de concepção para as telhas cerâmicas.

QUADRO 01 - Requisitos e Condicionantes para o Processo e Produto.

Item ênfase	Produto	Processo
Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> ‡ Menor consumo por m² ‡ Competitividade com fibrocimento ‡ Autoportante ‡ Inovação 	<ul style="list-style-type: none"> ‡ Redução de Operações ‡ Utilização de infraestrutura existente (situação referência) ‡ Alternativa viável
Condicionantes	<ul style="list-style-type: none"> ‡ Comportamento Estrutural ‡ Montagem ‡ Transporte ‡ Resistência a Impacto ‡ Peso 	<ul style="list-style-type: none"> ‡ Transporte ‡ Estoque ‡ Moldes/Matrizes/Ferramentas ‡ Acondicionamento para secagem

A ênfase principal, do ponto de vista do processo de fabricação, será a redução de operações de conformação, sendo

eliminada a fase de prensagem. Vale lembrar, que mesmo nos processos de prensagem de telhas, há a operação de extrusão, para obtenção de "bolachas".

Desta forma torna-se possível a supressão de operações dentro do processo atualmente adotado pela empresa, na fabricação de seus produtos atuais, conforme mostra o desenho da figura 11 (fluxograma processo de prensagem).

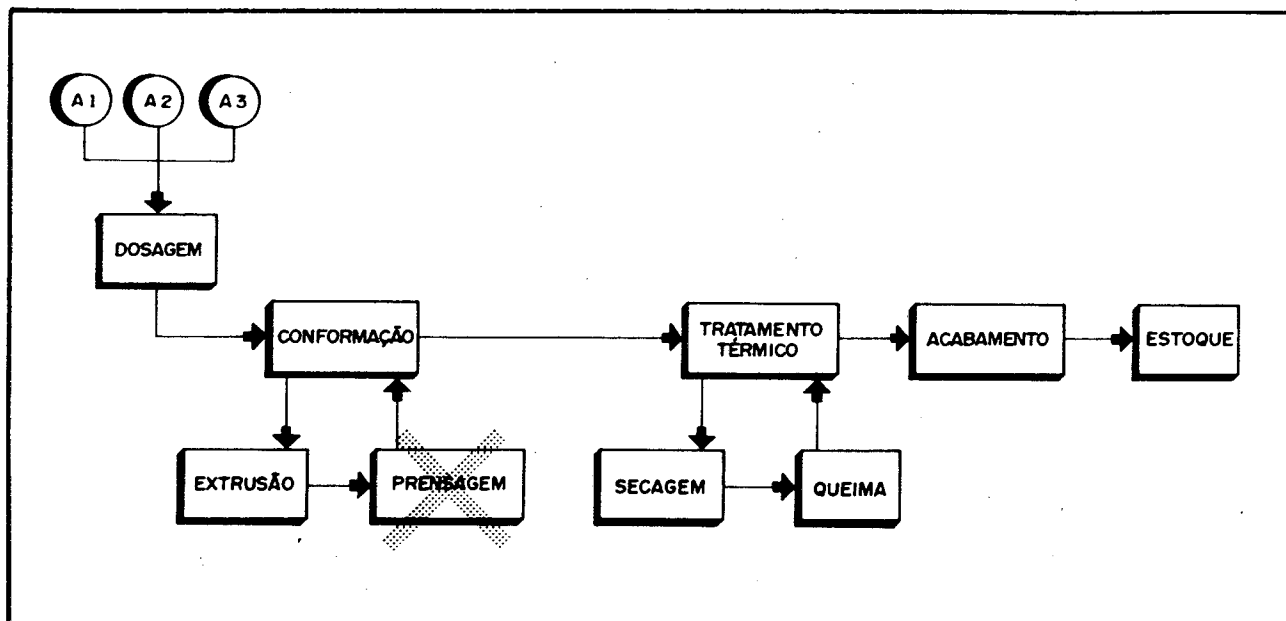


FIGURA 11 - Previsão de Alteração do Processo de Produção

Com base nos condicionantes e requisitos enunciados no quadro 01, aliados à características e índices de desempenho mínimos do produto tomado como referência, foram desenvolvidos estudos formais com o objetivo de selecionar **uma alternativa** para desenvolvimento e simulações, conforme apresentado no item 7.4.

7.4. GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS

Após estudo de alternativas para perfis de extrusão, foram pré-selecionados sete conceitos considerados viáveis, observados os parâmetros enunciados nos itens 7.1. e 7.3., que

superasse a situação de referência apresentada, em pontos que esta encontra desvantagens com relação ao fibrocimento.

É importante destacar que os perfis desenhados fundamentaram-se no padrão utilizado nos perfis de fibrocimento em função das possibilidades de encaixes transversais e longitudinais.

Destas alternativas, o perfil 7 foi o conceito adotado. Entre todas esta alternativa caracterizou-se como a que melhor preenche os requisitos apontados, com a observância dos condicionantes decorrentes destes requisitos.

A alternativa 7 foi adotada após estudos com modelos volumétricos (em papelão) das sete alternativas, com o objetivo de observar aspectos de montagem, estocagem, empilhamento e embalagem.

Ressalta-se ainda a escolha deste perfil em função da probabilidade de redução de problemas de produção, como peças defeituosas, alterações dimensionais, descontinuidade de material, problemas estes relacionados com a complexidade do desenho da peça.

As figuras 12 e 13, apresentam os conceitos desenvolvidos com vistas a obtenção de uma alternativa viável para obtenção de telha extrudada.

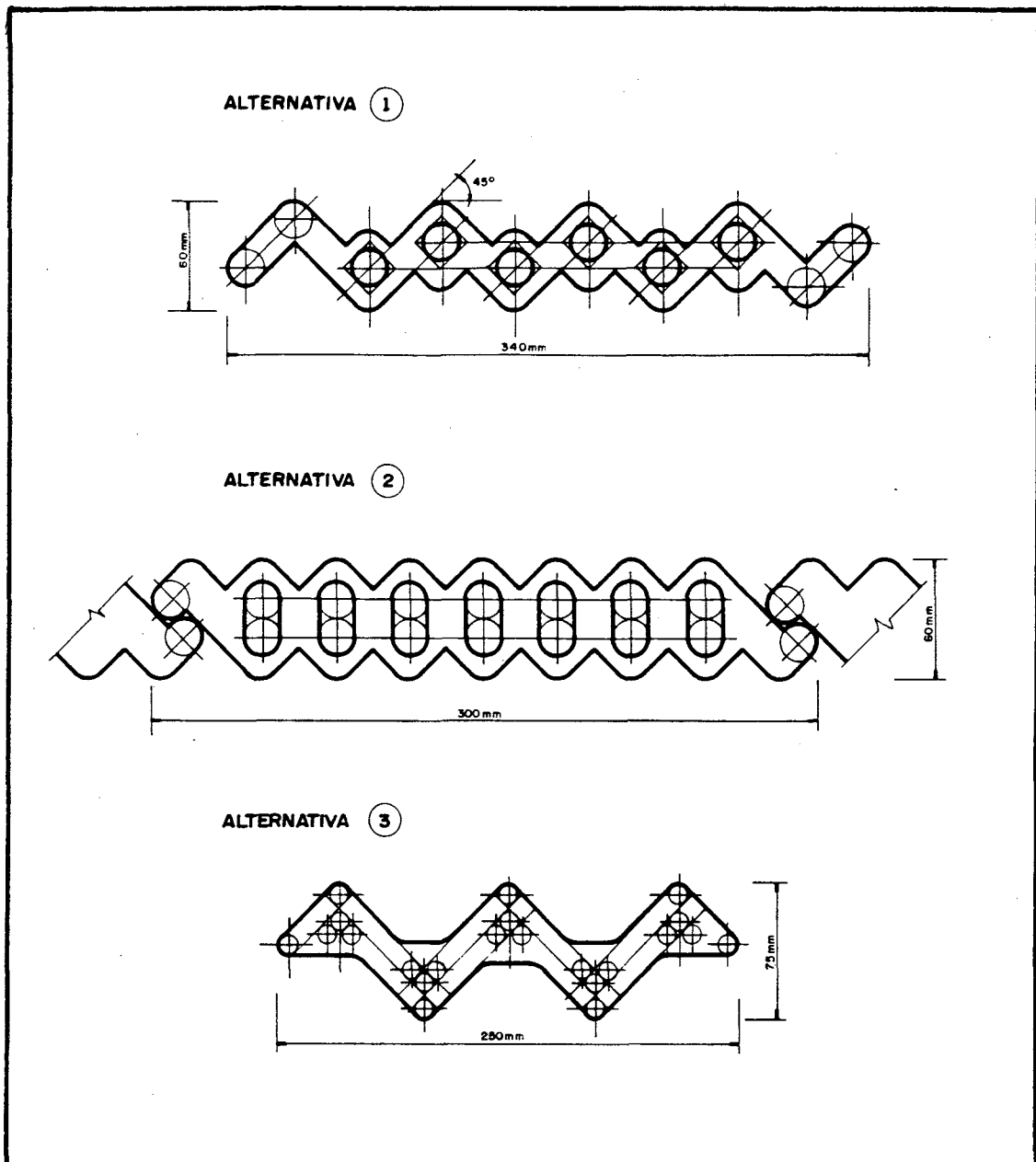


FIGURA 12 - Estudo de Alternativas de Perfis para Extrusão.

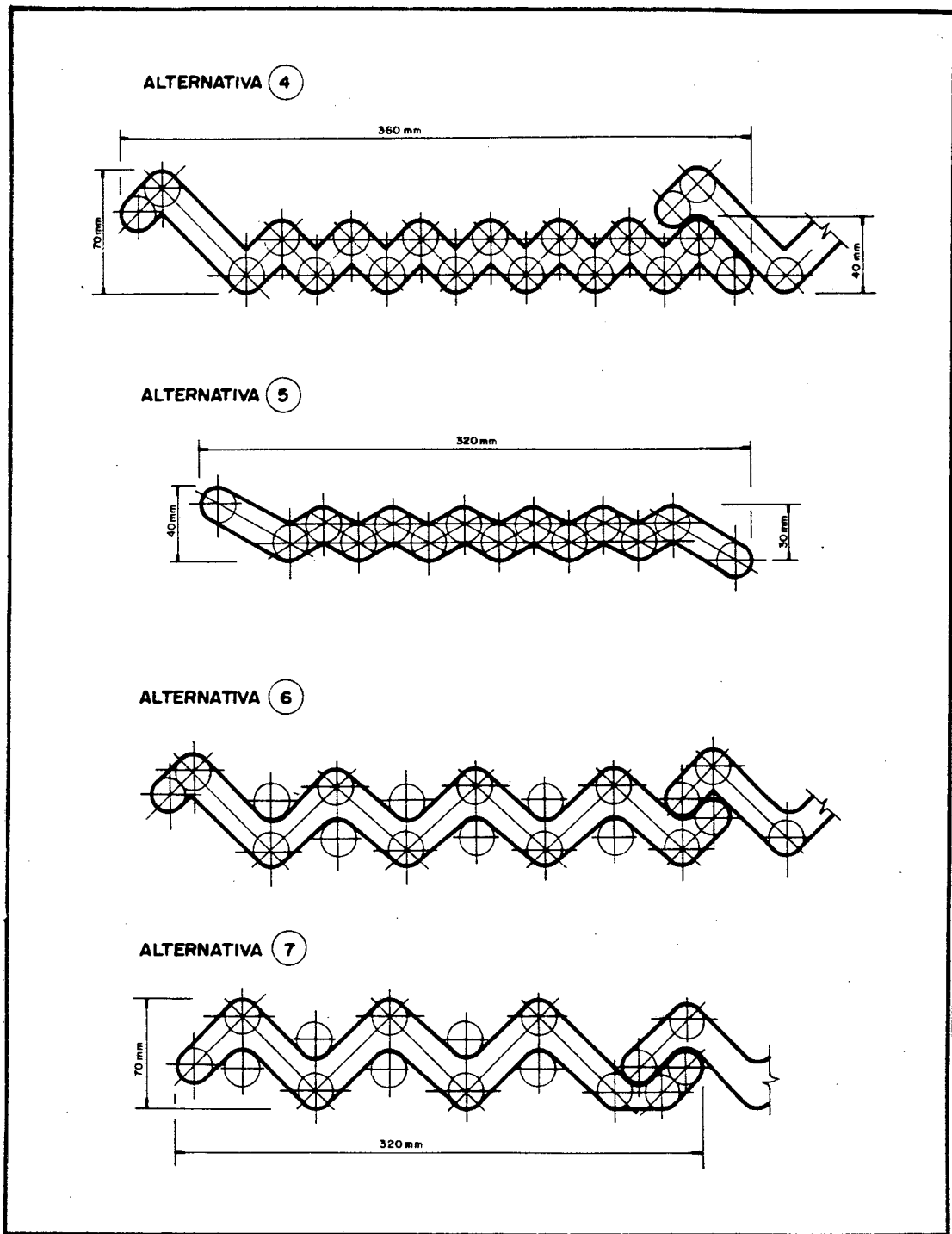


FIGURA 13 - Estudo de Alternativas de Perfis para Extrusão.

8. DESENVOLVIMENTO DA ALTERNATIVA SELECIONADA

8.1. INTRODUÇÃO

Para o desenvolvimento da alternativa selecionada, o trabalho, observando o método descrito no capítulo 4 para Design de Produtos, materializou o processo de pensamento através de linguagem gráfica não verbal e modelos tridimensionais.

O roteiro de trabalho constou de:

1. Esboços iniciais (Aprimoramento do conceito);
2. Pré-dimensionamento (Conceituação física).

Estes dois primeiros itens repostam-se ao capítulo cinco, anteriormente documentados.

3. Estudos volumétricos para a compreensão do sistema (Revisão do conceito);
4. Definição do sistema (Detalhamento);
5. Documentação.

A utilização deste encaminhamento teve como objetivo atingir tão somente a etapa de Anteprojeto (ou projeto conceitual). Os passos subseqüentes como prototipagem e ajustes deverão, em breve, ser desenvolvidos em conjunto com a empresa interessada na inovação.

8.2. MODELOS

Neste capítulo, a alternativa escolhida (alternativa nº 7) é estudada com o auxílio de modelos tridimensionais

analógicos, com vistas a acertos e ajustes em seu pré-dimensionamento.

A telha cerâmica, proposta em perfil no capítulo anterior, foi concebida para comprimentos de 100, 750 e 500mm.

Na fase de pré-dimensionamento observou-se os condicionantes básicos da matéria-prima, em relação a espessuras mínimas, bem como fatores limitantes da Norma Brasileira para telhas cerâmicas.

A alternativa nº7 foi subdividida, portanto, em duas variantes dimensionais, (7A e 7B) para o mesmo perfil de telha, tendo como objetivo a testagem de modelos volumétricos.

A figura 14, apresenta os desenhos dos perfis das variantes da alternativa nº 7.

Tendo em vista as características do material (gesso) adotado par a execução dos modelos, utilizou-se a alternativa 7B para os estudos técnicos-funcionais e estético-formais.

Foram executados modelos em escalas naturais para compreensão do sistema de sobreposição longitudinal e transversal entre telhas, fixações junto a estrutura de cobertura, dimensionamento volumétrico do sistema e declividades possíveis.

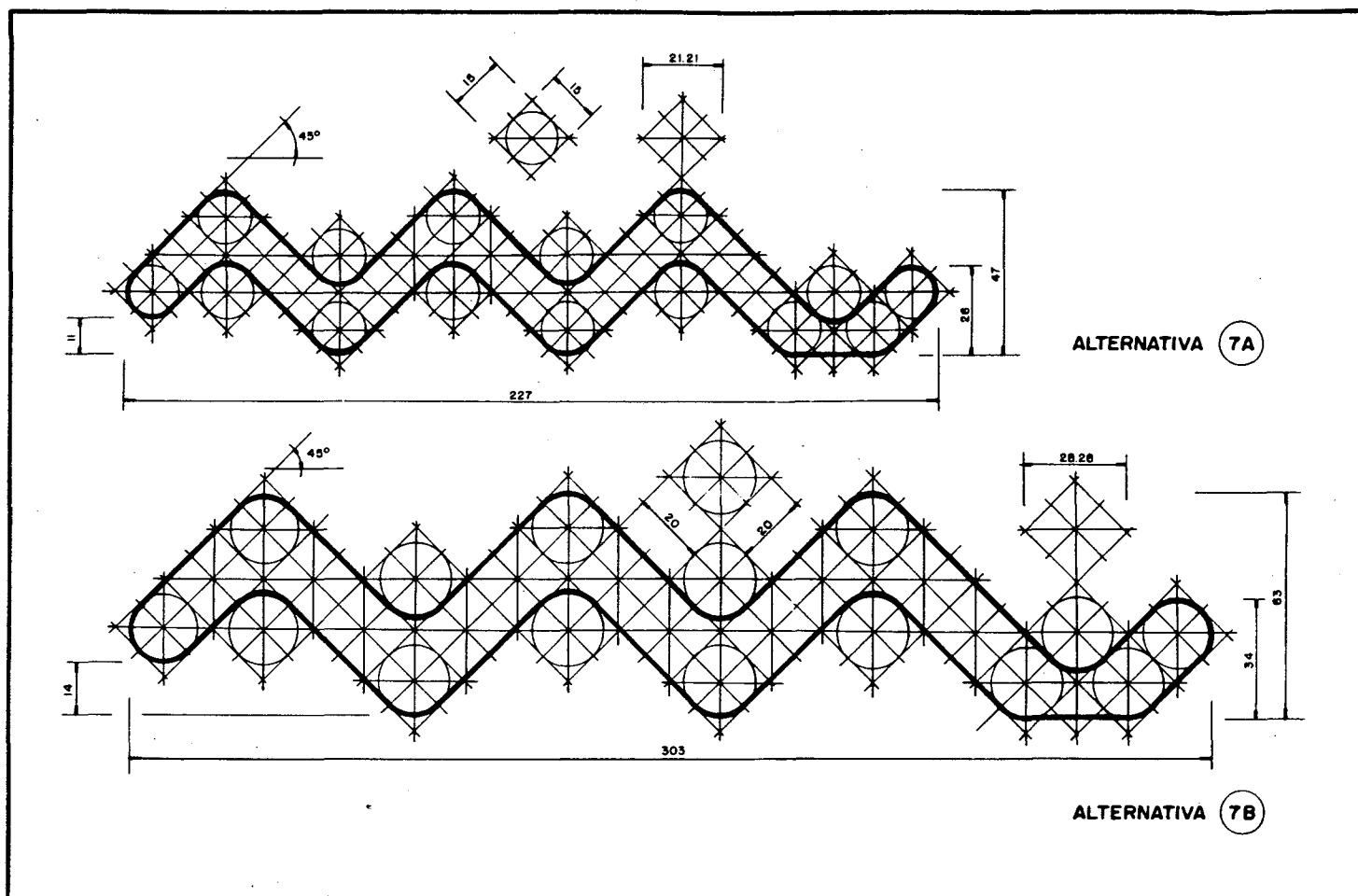


FIGURA 14 - Pré-dimensionamento da Alternativa Escolhida.

Para obtenção dos modelos, fez-se necessário o projeto e execução de um molde em madeira, conforme mostra a figura 15, abaixo.

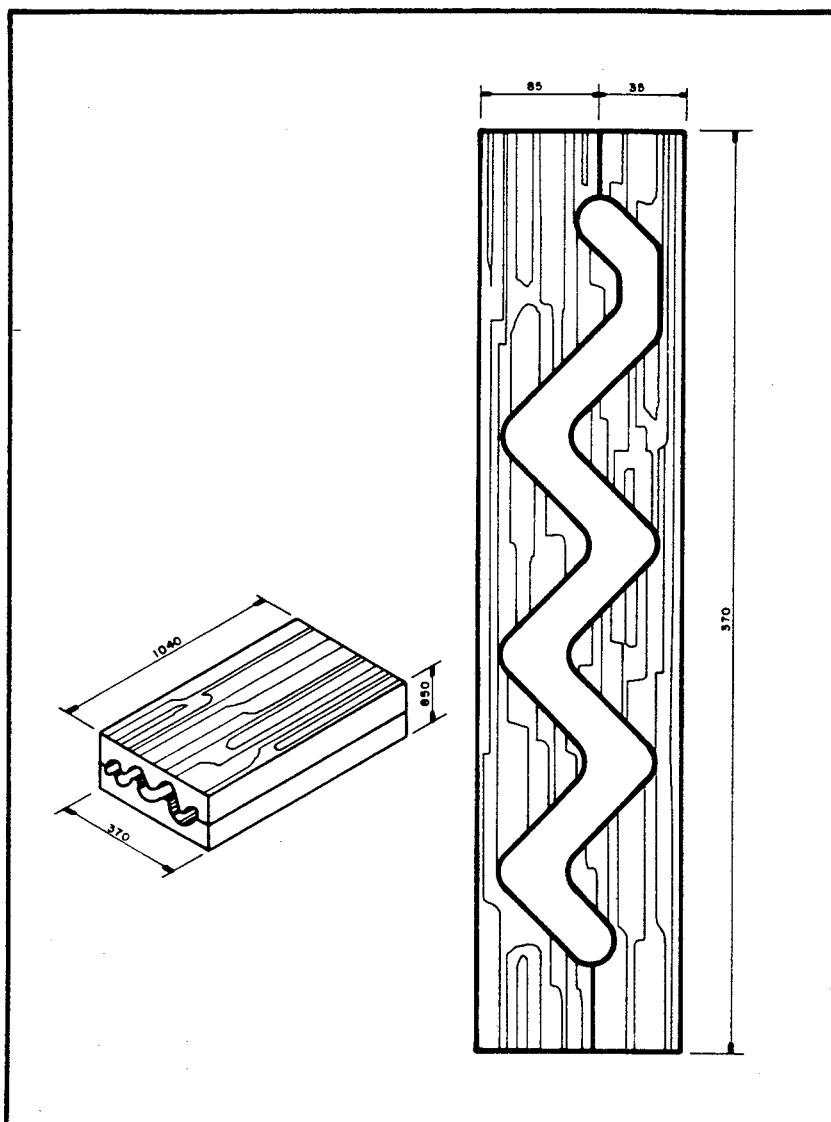


FIGURA 15 - Desenho do molde para execução de Modelos de volume em Gesso.

Os passos referentes a execução de modelos são documentadas, a seguir, nas fotos 27, 28, 29, 30, 31 e 32.

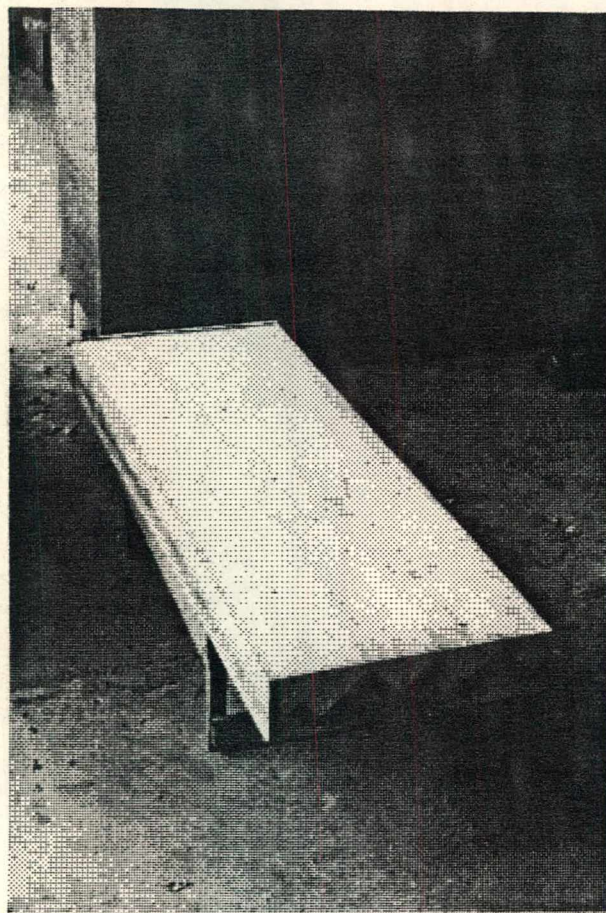


FOTO 27 - Registra o molde confeccionado para as operações de conformação dos modelos analógicos.

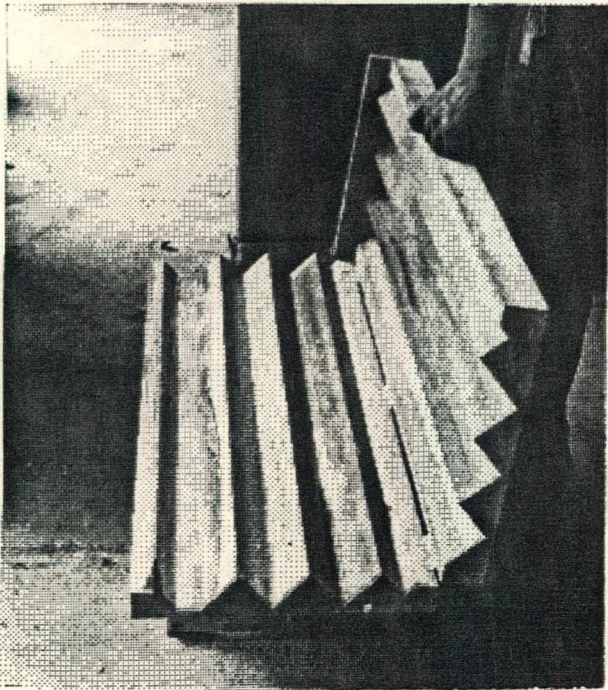


FOTO 28 - Mostra detalhe do interior do molde, seu sistema de abertura e fechamento.

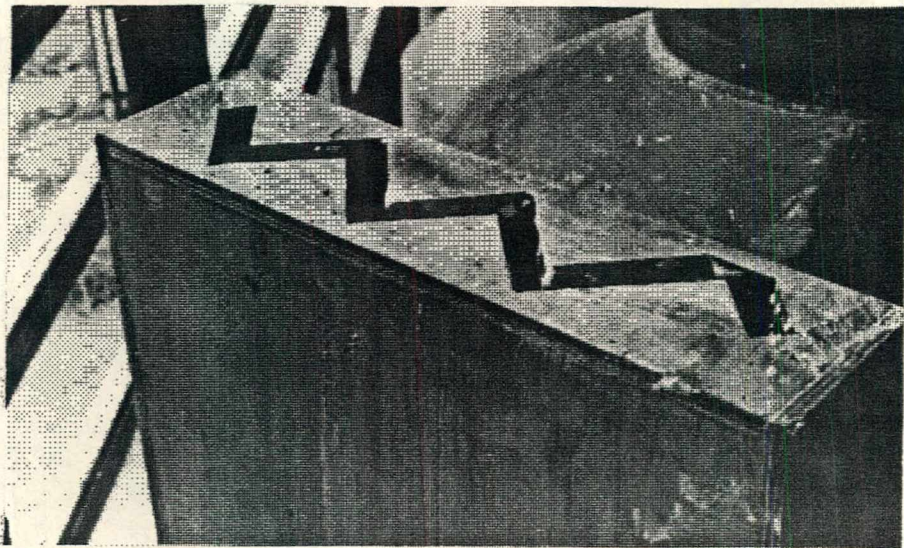


FOTO 29 - Conforme o registro, o lançamento do gesso ocorre com o molde posicionado verticalmente, através da cavidade formada pelo perfil da telha a se conformada.

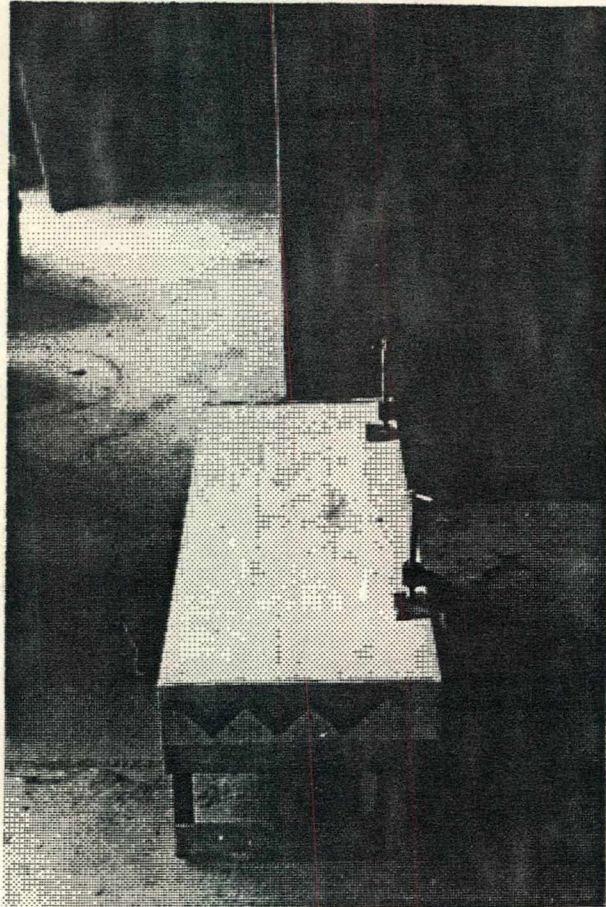


FOTO 30 -

Registra o molde sendo preparado par a conformação dos modelos. Antes do fechamento lateral, com o auxílio de grampos fixadores ("sargentos"), procedeu-se o tratamento do interior do molde com vaselina, tendo este produto a função de facilitar a extração da peça conformada. Na face externa, as uniões e junções foram vedadas com parafina, uma vez que o gesso é lançado em estado líquido, após sua mistura com água (proporção da mistura: 1kg de gesso: 1l água).

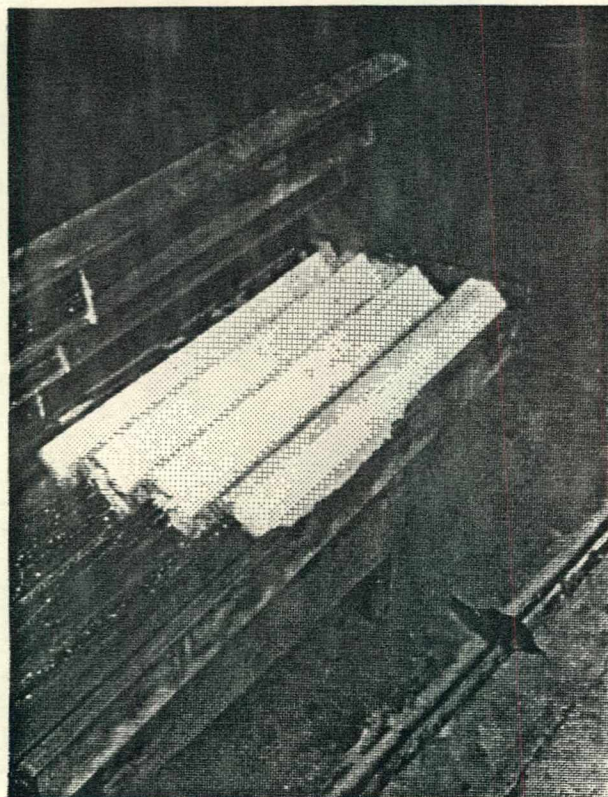


FOTO 31 - Registra o momento da abertura do molde após o teste de funcionamento, com o modelo já conformado.

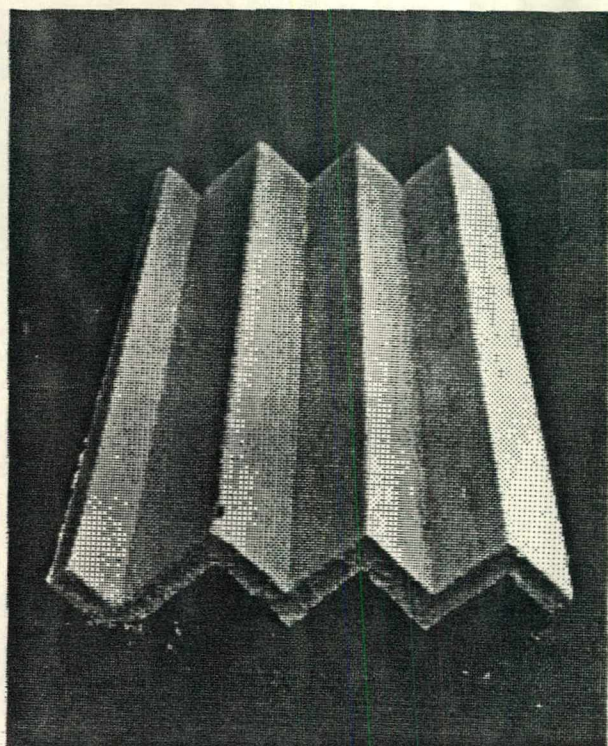


FOTO 32 - Registra o "modelo-teste" extraído do molde e em fase de cura.

Tendo sido obtido resultados positivos na testagem, procedeu-se a execução dos modelos analógicos com vistas ao estudo de fixações, cumeeiras e pontos de apoio com vistas a

definição do sistema de cobertura compostos por telhas extrudadas.

Para isto fez-se necessário a simulação de um telhado, através da execução de um estrutura teste par observação do comportamento estático, conforme mostra a foto 33 a declividade arbitrada foi de 10°.

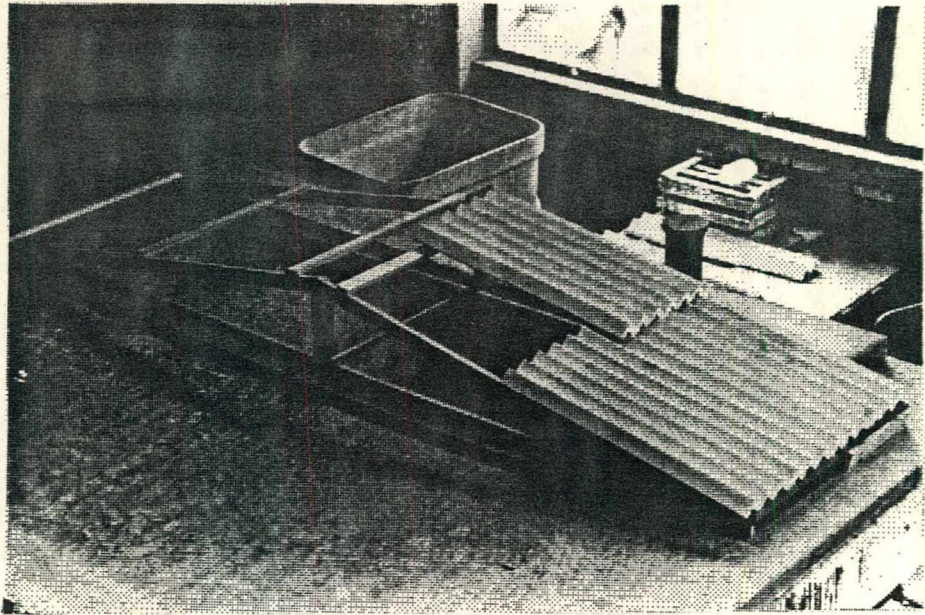


FOTO 33 - Estrutura teste para observação e estudo do sistema de cobertura.

8.3. DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE COBERTURA

Tendo sido executados alguns modelos, tornou-se possível a compreensão do comportamento volumétrico do sistema, o qual proporcionou definição de soluções de montagem e princípios de fixação. A foto 34, apresenta o modelo de volume final da alternativa 7b.

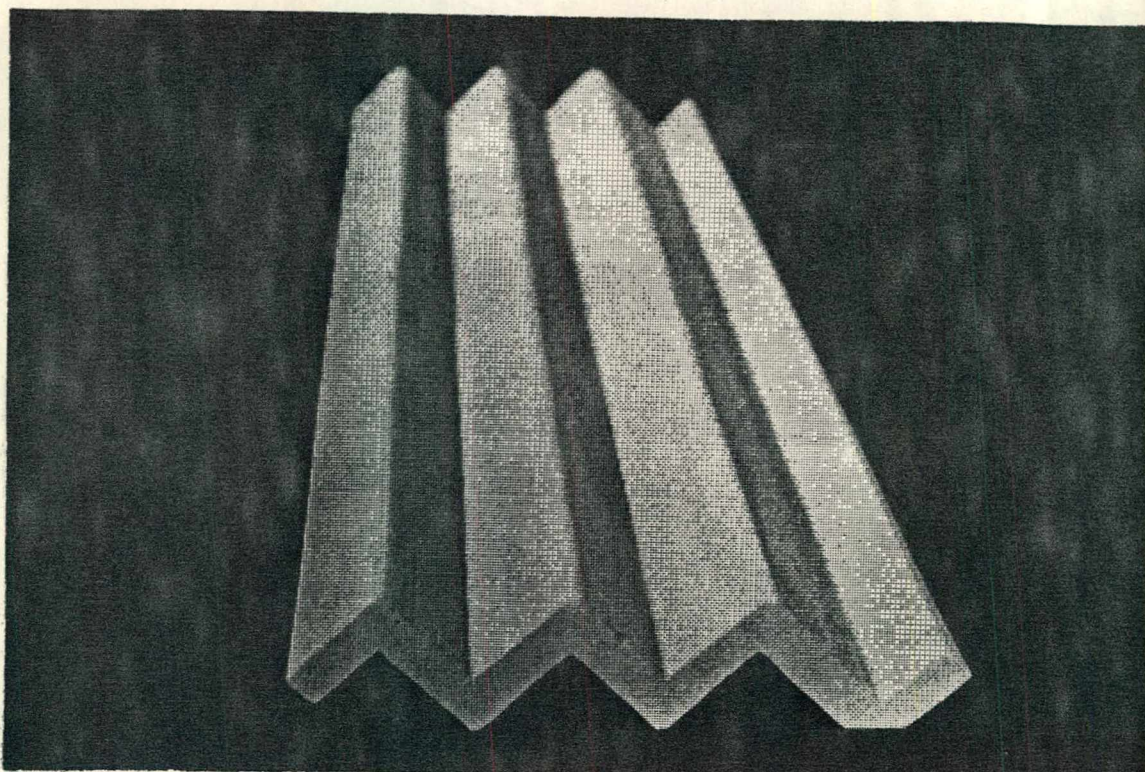


FOTO 34 - Modelo volumétrico final da telha desenvolvida (alternativa 7b).

Na definição do sistema de cobertura a partir da telha proposta, foram utilizadas algumas premissas que orientaram a concepção dos sistemas em fibrocimento. A exemplo disto pode-se citar os componentes acessórios como cumeeiras, rufos, ganchos e parafusos, elementos estes que integram os catálogos de produtos dos fabricantes, devidamente especificados nos manuais de instruções e montagem.

Para compreensão do detalhamento apresentado, a seguir, faz-se importante listar algumas definições utilizadas comumente:

Cobertura - Denominação para revestimento de telhados com inclinação inferior a 75° , em relação ao plano horizontal.

Fiada - Denominação da seqüência de telhas dispostas no sentido de sua largura.

Faixa - Denominação dada à seqüência de telhas dispostas longitudinalmente, no sentido do comprimento do plano do telhado.

Cumeeira - Linha que define mudança de plano do telhado. Limite superior de pano de telhado.

A figura 16, mostra no desenho estas denominações.

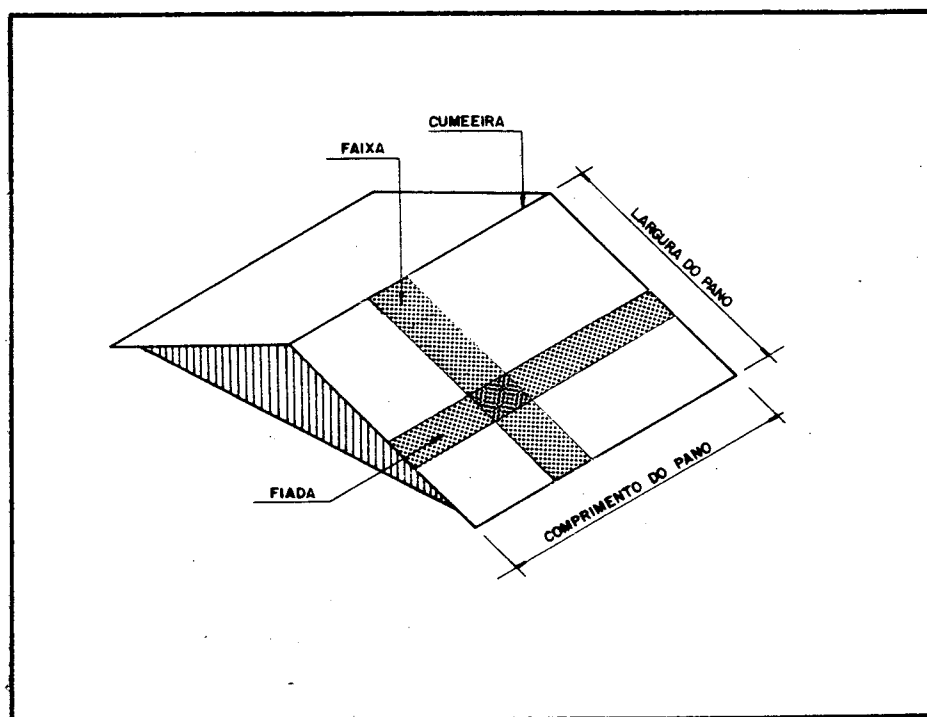


FIGURA 16 - Nomenclatura utilizada em coberturas

O desenho apresentado na figura 17, mostra uma vista do sistema de cobertura com as indicações de inclinação, pontos de fixação e sobreposição de telhas. Observa-se ainda o detalhe do trespasse no apoio.

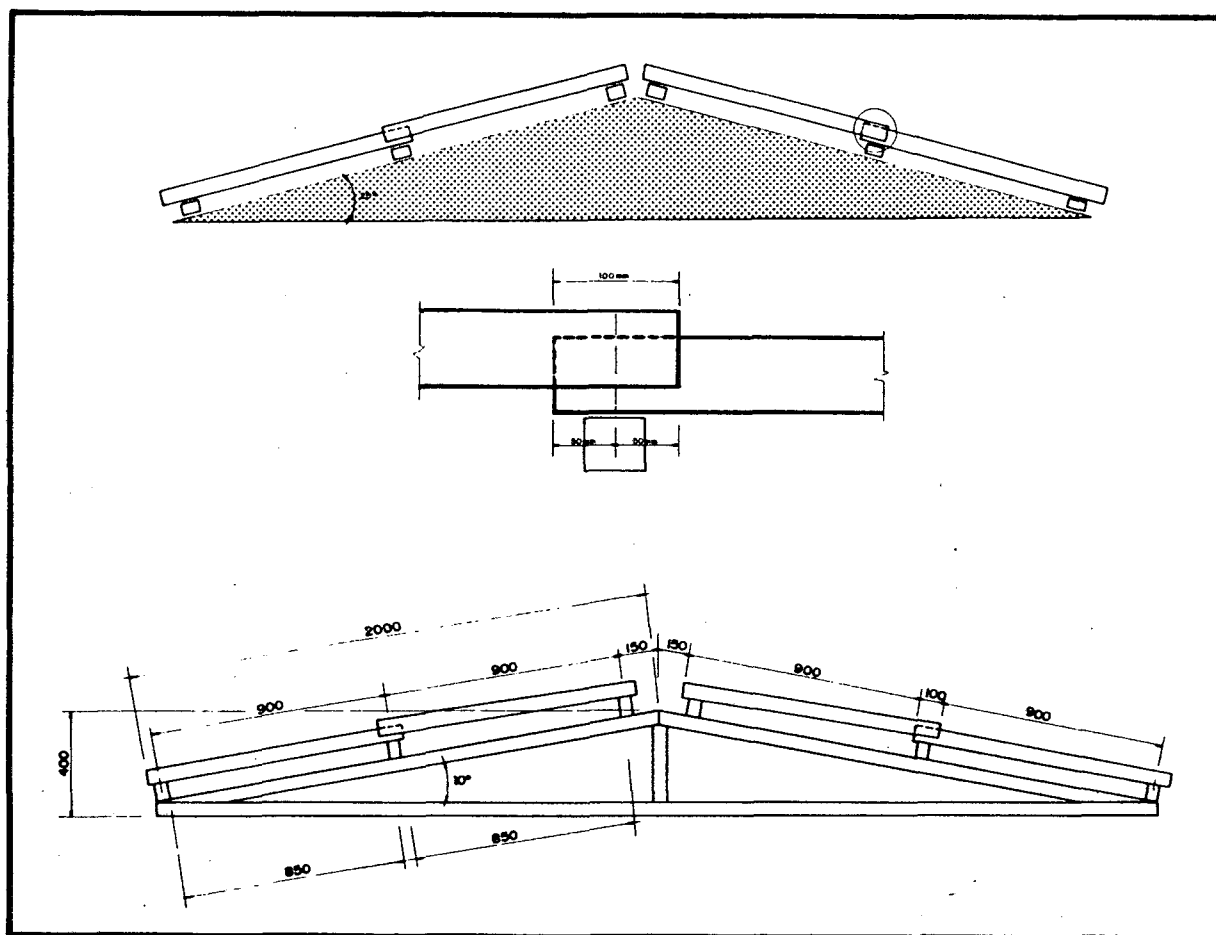


FIGURA 17 - Sistema de cobertura - traçado básico

A figura 18, apresenta desenho de pano de telhado composto por seis telhas, perfazendo uma área coberta de 1,62 m². É apresentado, ainda o sistema de montagem, para o qual são previstos cortes parciais, na zona de sobreposição.

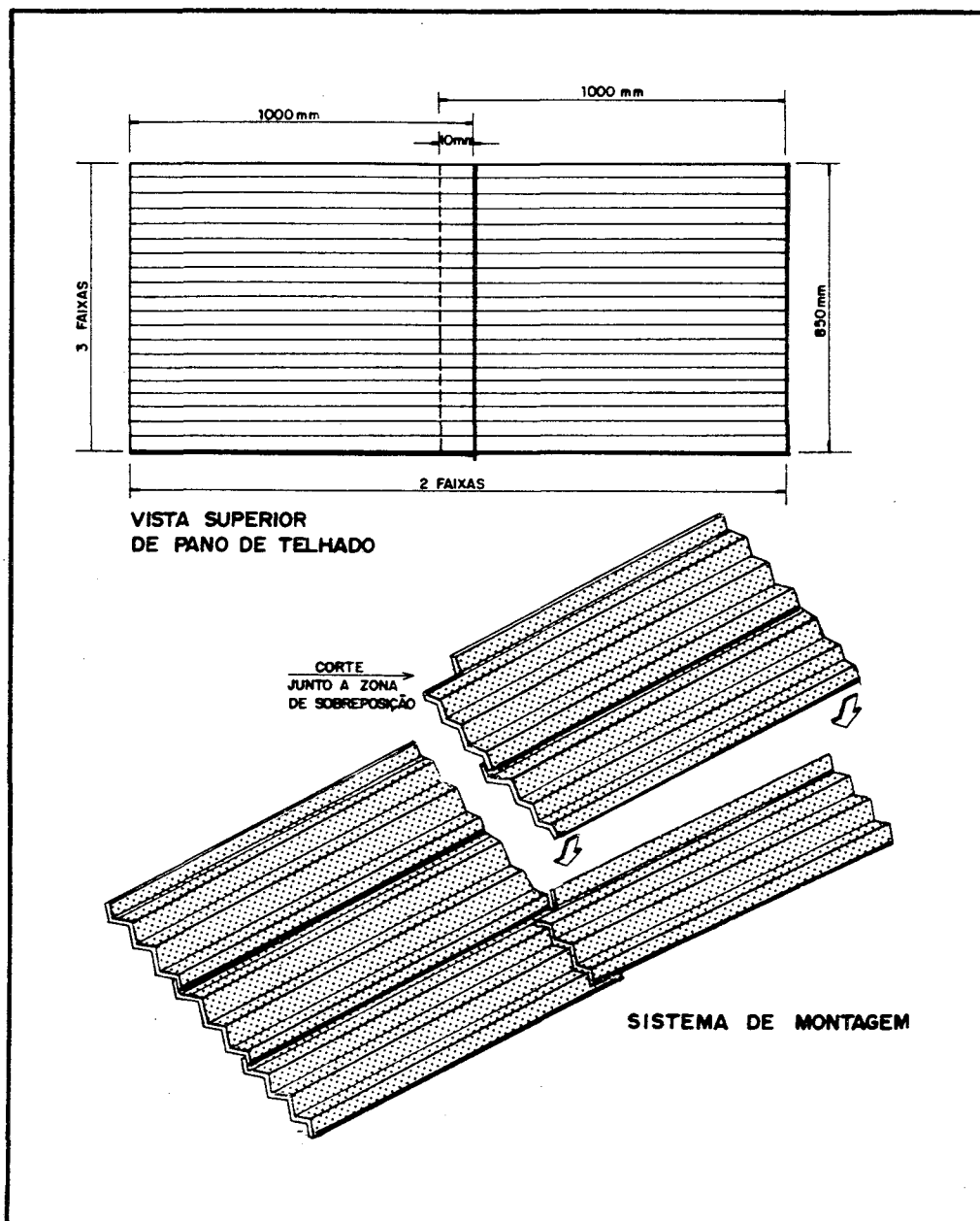


FIGURA 18 - Vistas e montagem cobertura

Com Relação ao sistema de fixação das telhas entre si e em relação aos elementos de apoio, foi prevista a utilização

de parafusos e ganchos passantes, através de furos feitos após a operação de extrusão, anterior ao tratamento térmico. Desta maneira torna-se possível considerar aspectos de tolerância dos diâmetros dos furos, tendo em vista as características de dilatação e retração do material cerâmico na fase térmica. A figura 19, mostra detalhe do sistema de fixação proposto.

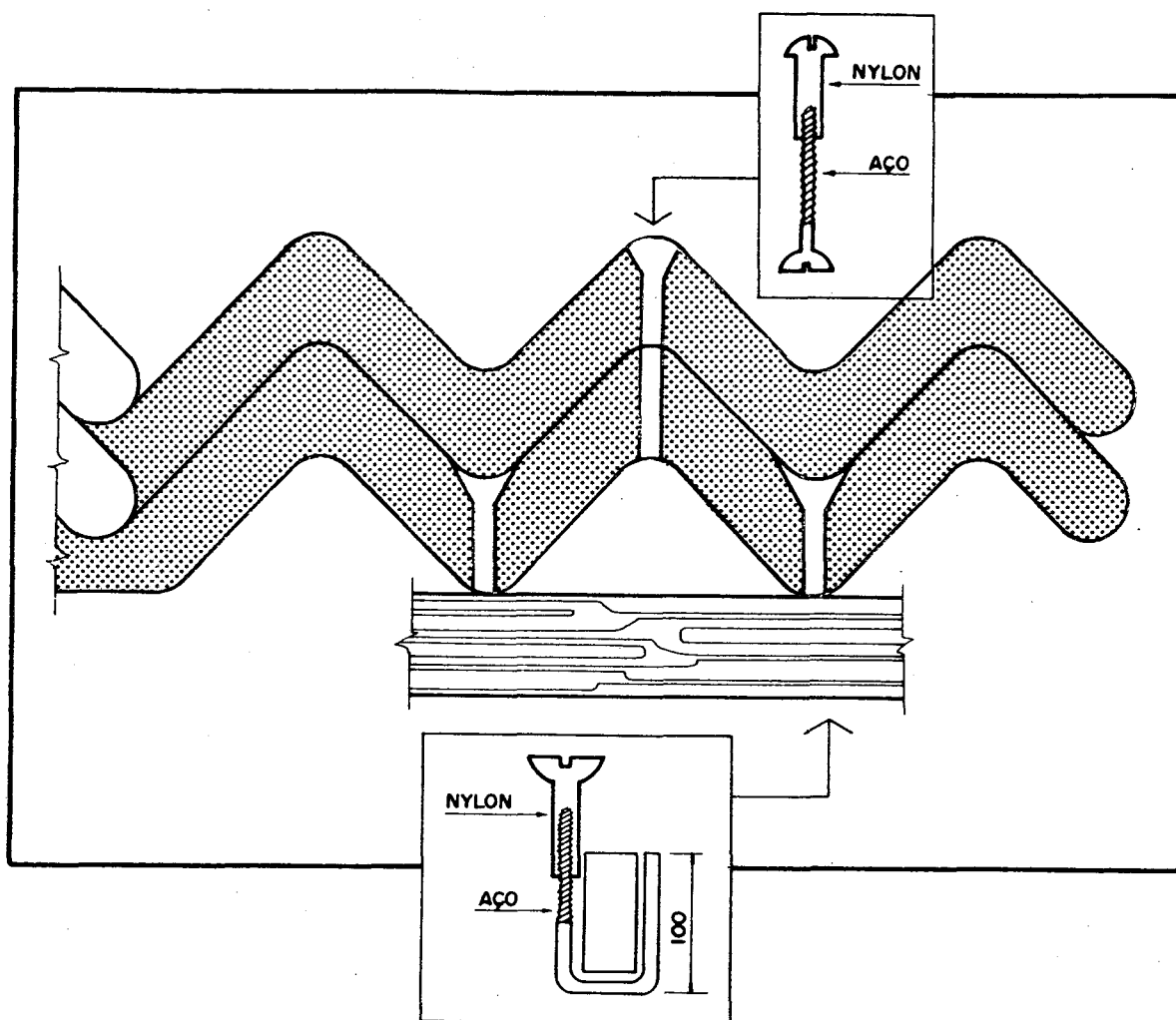


FIGURA 19 - Sistema de fixação

A solução da cumeeira também foi orientada para a produção mediante processo de extrusão. Para resolver o problema da borda, conforme mostra a figura 20, está previsto na boquilha (molde de extrusão) um dispositivo mecânico sincronizado que permita a extrusão do perfil inicial, com

alteração imediata (após 20mm de extrusão) para o perfil principal, repetindo a operação após 263mm de extrusão.

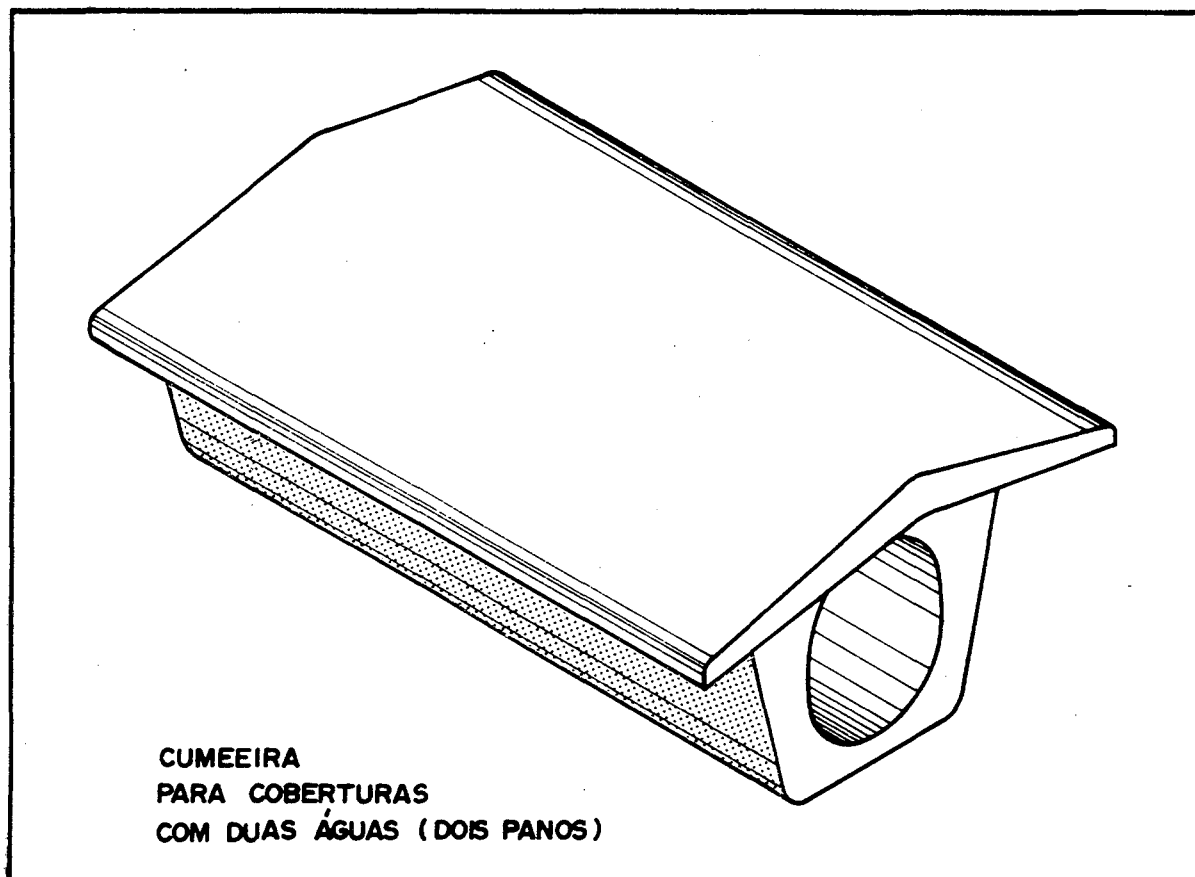


FIGURA 20 - Cumeeira - Volume básico

Este procedimento possibilita a sobreposição modular dos elementos de cumeeira, conforme mostra a figura 21.

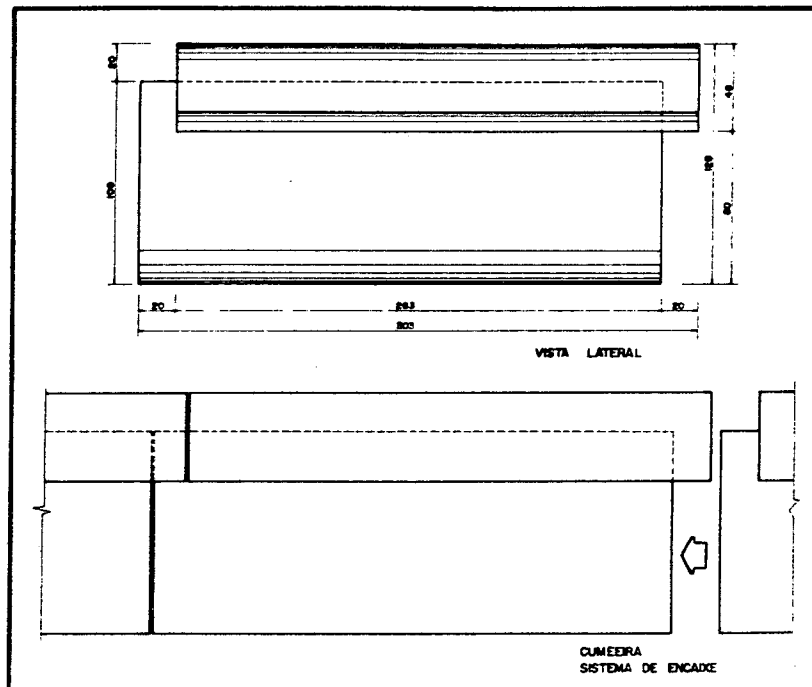


FIGURA 21 - Cumeeira - Montagem

Na figura 22, abaixo, desenhos com vistas e detalhes dimensionais do componente cumeeira proposto. Cumpre ressaltar que o sistema de fixação, a exemplo das telhas utilizará parafusos, com vistas aos esforços de sucção e pressão, característicos em coberturas em geral.

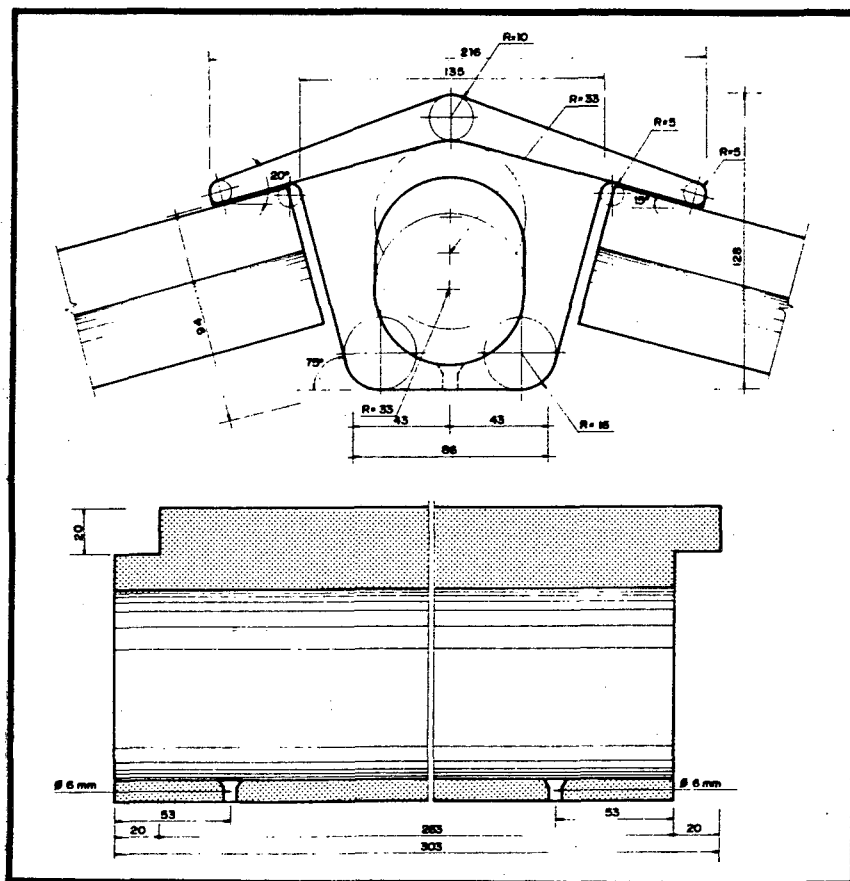


FIGURA 22 - Cumeeira - Detalhamento

A solução para coberturas de meia-água (um pano), foi desenvolvida com vistas a obtenção de componentes por extrusão, seguindo o princípio produtivo da cumeeira. A variação formal também é obtida através de fixação de dispositivo mecânico sincronizado, junto à boquilha, permitindo a alteração momentânea (263mm) do perfil extrudado. Esta variação no

perfil permite o encaixe modular, facilitando por sua vez as questões de vedação do sistema. A figura 23, apresenta desenhos do rufo, bem como sua relação com o telhado e painéis de parede.

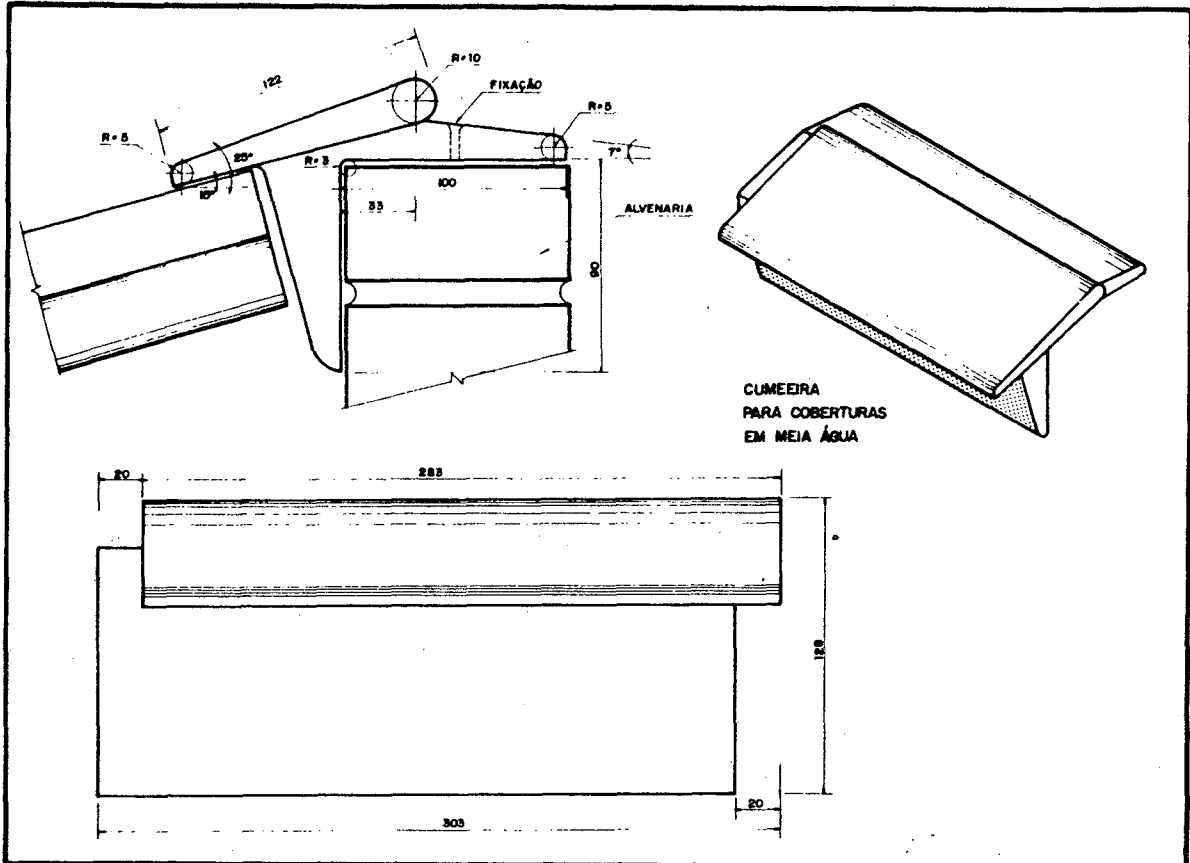


FIGURA 23 - Rufo Detalhamento

8.4. RESISTENCIA DOS MATERIAIS - ESTUDO COMPARATIVO TELHA EXTRUDADA VERSUS TELHA PORTUGUESA

8.4.1. Introdução

Na medida em que o presente trabalho não previu a execução de protótipos (atendendo-se à fase de conceituação física do produto telha), optou-se por uma análise comparativa entre a situação proposta e a situação de referência (telha portuguesa).

Buscou-se com o estudo teórico, comparar os dois perfis, tomando-se comprimentos (vãos de 60cm) e cargas semelhantes para o estudo de tensões.

Utilizou-se dois tipos de comparação. No primeiro tipo, estabeleceu-se uma análise, de cada perfil, como estrutura linear, cuja ruptura ocorre por flexão. Por tratar-se de material frágil, a ruptura das peças cerâmicas ocorre nas bordas tracionadas.

No segundo tipo de comparação, o estudo teórico analisou a distribuição de tensões, segundo a Teoria da Elasticidade, considerando as peças analisadas como cascas.

As observações concentraram-se em aspectos como eixos de inércia, momentos nas secções transversais e longitudinais, mediante carregamento de 100kgf, aplicado no centro do vão. Para este segundo tipo de comparação utilizou-se o "software" SAP-90.

8.4.2. Características Geométricas e Módulos Resistentes

Sendo a cerâmica um material frágil, admite-se a ruptura das peças por tração.

Este paradigma permite o primeiro tipo de comparação, através da obtenção dos Módulos Resistentes (W) dos perfis, condicionados a um mesmo material.

Sendo o Módulo Resistente de um perfil definido como o quociente entre o Momento de Inércia (J) e a distância da superfície à altura do centro de gravidade da peça (y), faz-se necessário a determinação das características geométricas dos perfis para o atendimento das condições exigidas pela equação $W=J/y$.

A seguir é apresentado uma descrição das características geométricas de cada perfil e o resultado de seus respectivos módulo resistentes.

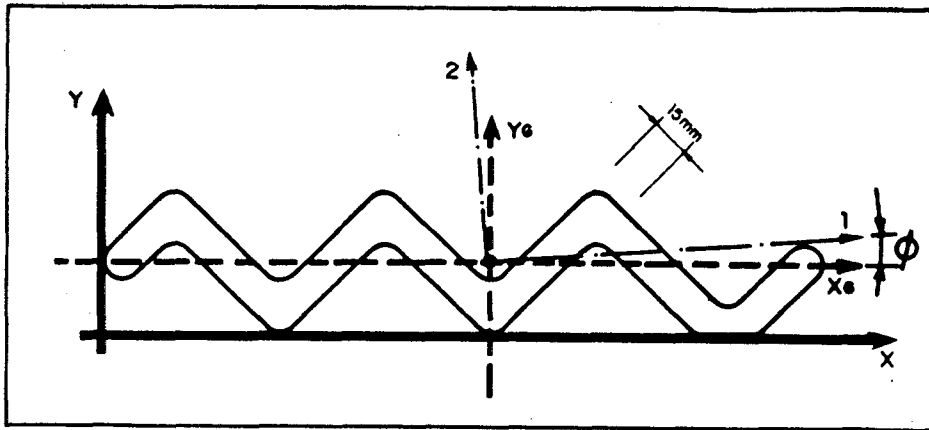
a) PERFIL EXTRUDADO 7A

FIGURA 24 - Geometria telha extrudada 7A

Área: $58,41\text{cm}^2$

Centro de Gravidade: $X_G=14,20\text{cm}$; $Y_G=2,77\text{cm}$

Inércia em relação a XY: $I_{xx}= 553,89\text{cm}^4$

$I_{yy}=15.601,17\text{cm}^4$

$I_{xy}= 2.096,94\text{cm}^4$

$I_{xg}= 107,21\text{cm}^4$

$I_{yg}= 3.818,05\text{cm}^4$

$I_{xyg}= -197,24\text{cm}^4$

Direção dos eixos principais de Inércia: $\theta=-0,053^\circ$

Inércia em relação aos

eixos principais: $I_{11}= 96,75\text{cm}^4$

$I_{22}=3.828,50\text{cm}^4$

$I_{12}=0,0$

Momento Polar de Inércia em relação a CG: $I_p=3.925,25\text{cm}^4$

Raios de Giração: $i_{\min}= 1,29\text{cm}$

$i_{\max}= 8,10\text{cm}$

Módulo Resistente em relação á borda tracionada:

$W=38,70\text{cm}^3$

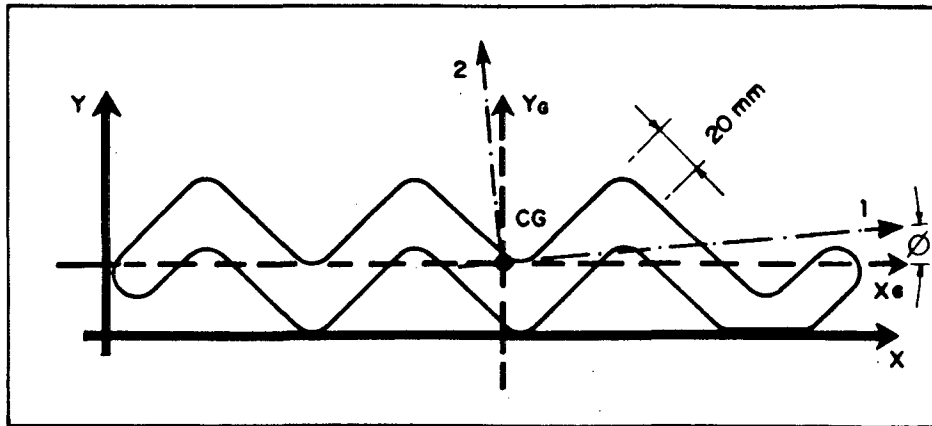
b) PEREIL EXTRUDADO 7A

FIGURA 25 - Geometria telha extrudada 7B

Área: $79,71\text{cm}^2$

Centro de Gravidade: $X_G=14,69\text{cm}$; $Y_G=2,96\text{cm}$

Inércia em relação a XY: $I_{xx}= 862,55\text{cm}^4$

$I_{yy}=22.723,23\text{cm}^4$

$I_{xy}= 3.176,69\text{cm}^4$

$I_{xg}= 165,03\text{cm}^4$

$I_{yg}= 5.512,05\text{cm}^4$

$I_{xyg}= -288,15\text{cm}^4$

Direção dos eixos principais de Inércia: $\theta=-0,0537^\circ$

Inércia em relação aos

eixos principais: $I_{11}= 149,55\text{cm}^4$

$I_{22}=5.527,54\text{cm}^4$

$I_{12}=0$

Momento Polar de Inércia em relação a CG: $I_p=5.677,08\text{cm}^4$

Raios de Giração: $i_{\min}= 1,37\text{cm}$

$i_{\max}= 8,33\text{cm}$

Módulo Resistente em relação á borda tracionada:

$W=55,80\text{cm}^3$

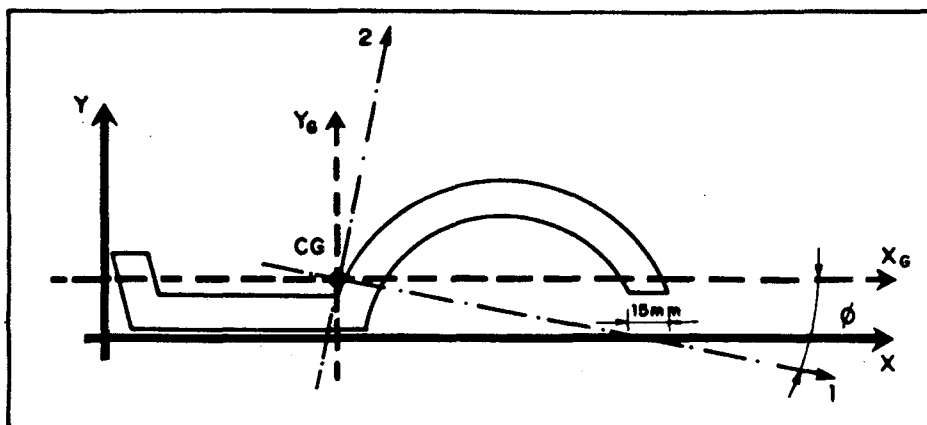
c) TELHA PORTUGUESA

FIGURA 26 - Geometria telha portuguesa

Área: $38,81\text{cm}^2$

Centro de Gravidade: $X_G=11,11\text{cm}$; $Y_G=2,62\text{cm}$

Inércia em relação a XY: $I_{xx}= 389,50\text{cm}^4$

$I_{yy}= 6.469,74\text{cm}^4$

$I_{xy}= 1.428,51\text{cm}^4$

$I_{xg}= 123,97\text{cm}^4$

$I_{yg}= 1.682,16\text{cm}^4$

$I_{xyg}= 301,02\text{cm}^4$

Direção dos eixos principais de Inércia: $\theta=-0,1844^\circ$

Inércia em relação aos

eixos principais: $I_{11}= 67,84\text{cm}^4$

$I_{22}=1.738,29\text{cm}^4$

$I_{12}=0,00$

Momento Polar de Inércia em relação a CG: $I_p=1.806,13\text{cm}^4$

Raios de Giração: $i_{\min}= 1,32\text{cm}$

$i_{\max}= 6,69\text{cm}$

Módulo Resistente em relação á borda tracionada:

$W=47,30\text{cm}^3$

8.4.3. Análise da Distribuição de Tensões, Segundo a Teoria da Elasticidade

A partir das características geométricas dos perfis, utilizando-se o "software" SAP-90, foram obtidos resultados comparativos apresentados graficamente nas figuras 27 a 36, a seguir.

Cumprе ressaltar que a telha portuguesa, tomada como situação de referência, não apresenta espessura constante. A espessura tomada (mínima verificada no centro do vão) refere-se a um corte transversal na região de aplicação das cargas (concentradas e aplicadas no centro do vão) de flexão. Para efeito de estudo teórico, considerou-se 15mm como a espessura predominante. Em relação aos perfis extrudados 7A e 7B, a espessura mantém-se constante ao longo de toda a peça.

As hipóteses formuladas fundamentaram-se nos dados a seguir:

- Coeficiente de Poisson: = 0,24
- Módulo de Young: $E = 354,6 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$
- Carga de Ruptura à Flexão: = 3138 N
- Vão de aplicação da carga (comprimento das peças entre apoios longitudinais): $L = 60\text{cm}$
- Carregamento: 1000 N
- Espessura mínima recomendada para a telha extrudada 7B: 20mm

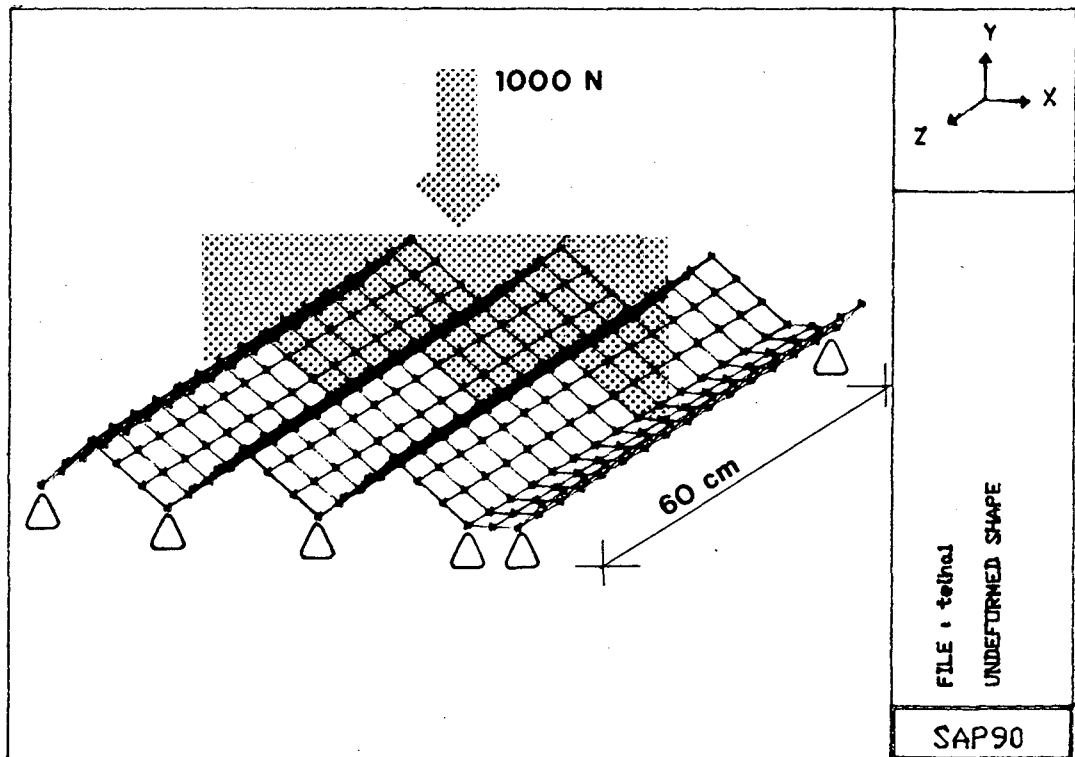


FIGURA 27 - Isométrica telha extrudada 7B. Com indicação de apoios (deslocamentos igual a zero) e zona de aplicação de cargas

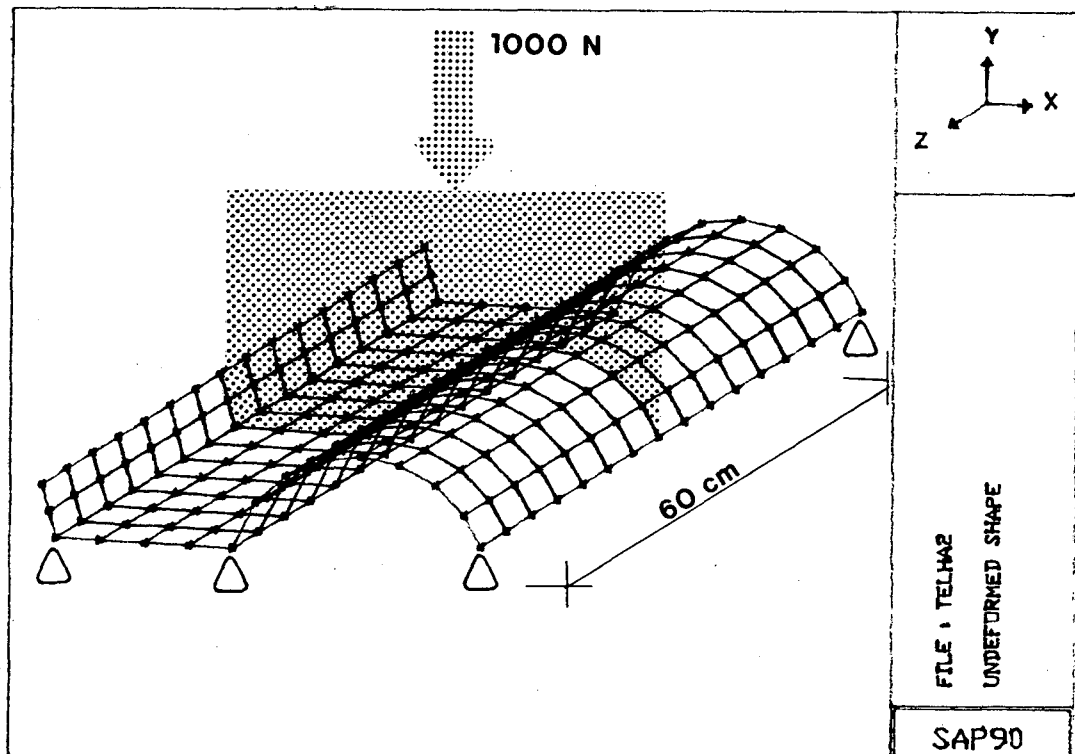


FIGURA 28 - Isométrica telha portuguesa. Com indicação de apoios (deslocamentos igual a zero) e zona de aplicação de cargas

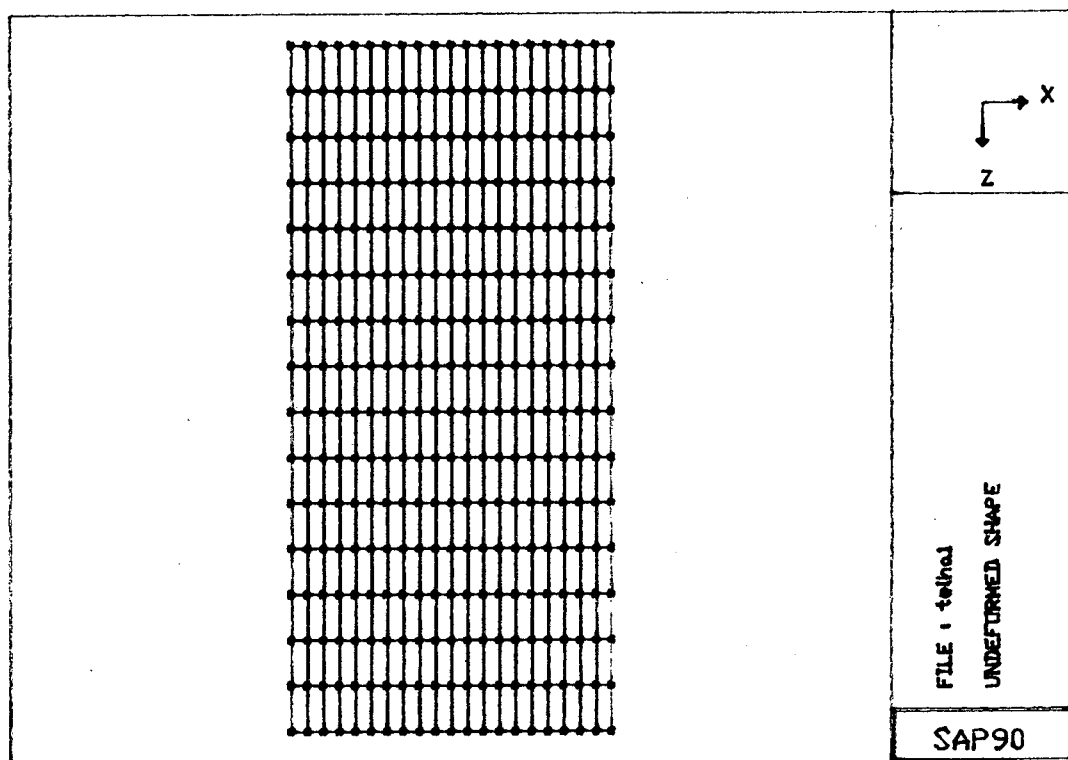


FIGURA 29 - Distribuição de malha/telha extrudada 7B

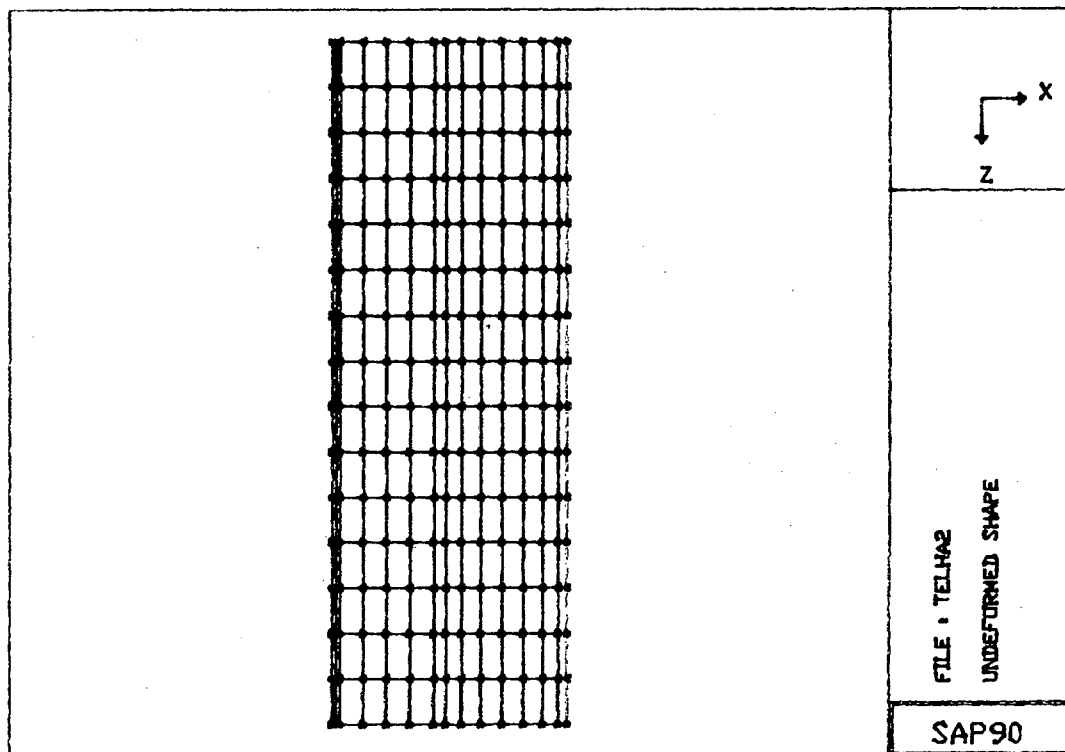


FIGURA 30 - Distribuição de malha/telha portuguesa

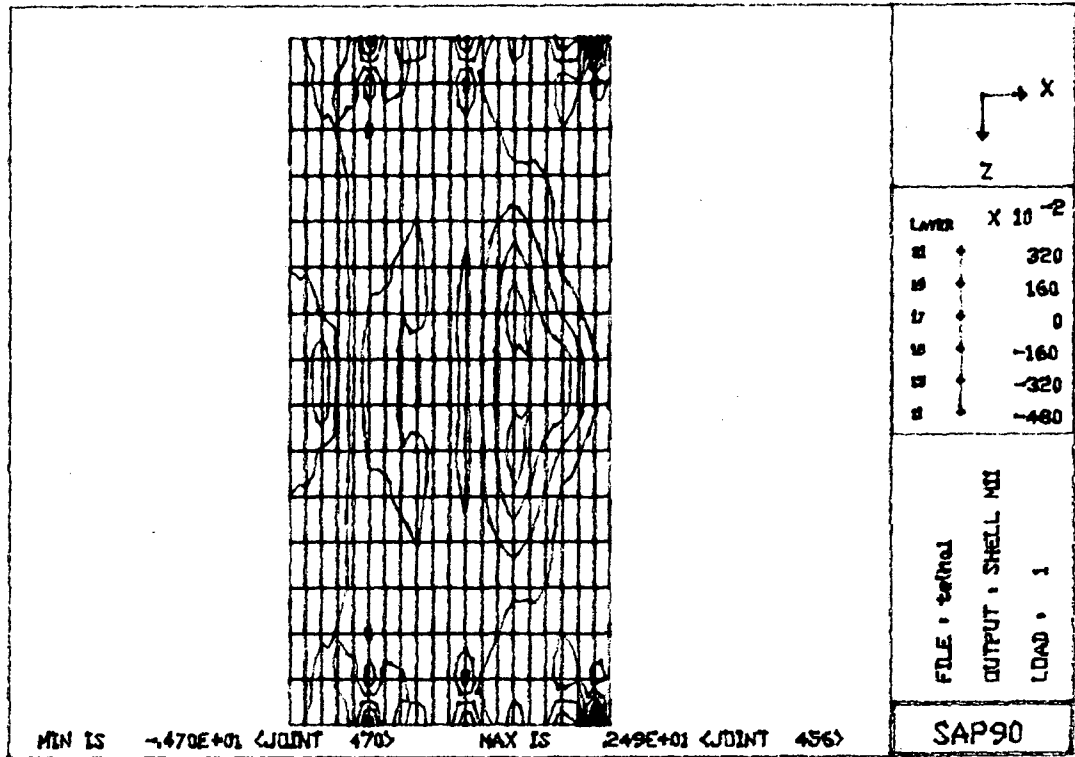


FIGURA 31 - Isoparamétricas dos momentos fletores em torno do eixo "Z" sobre a superfície da telha extrudada 7B

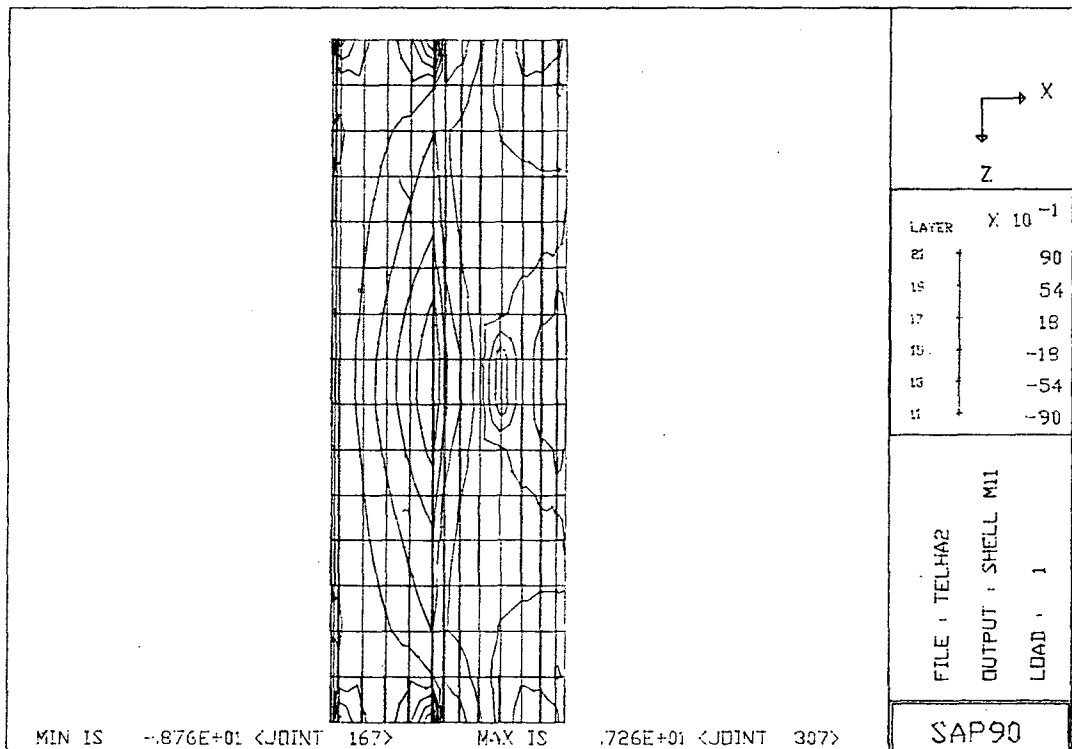


FIGURA 32 - Isoparamétricas dos momentos fletores em torno do eixo "Z" sobre a superfície da telha portuguesa

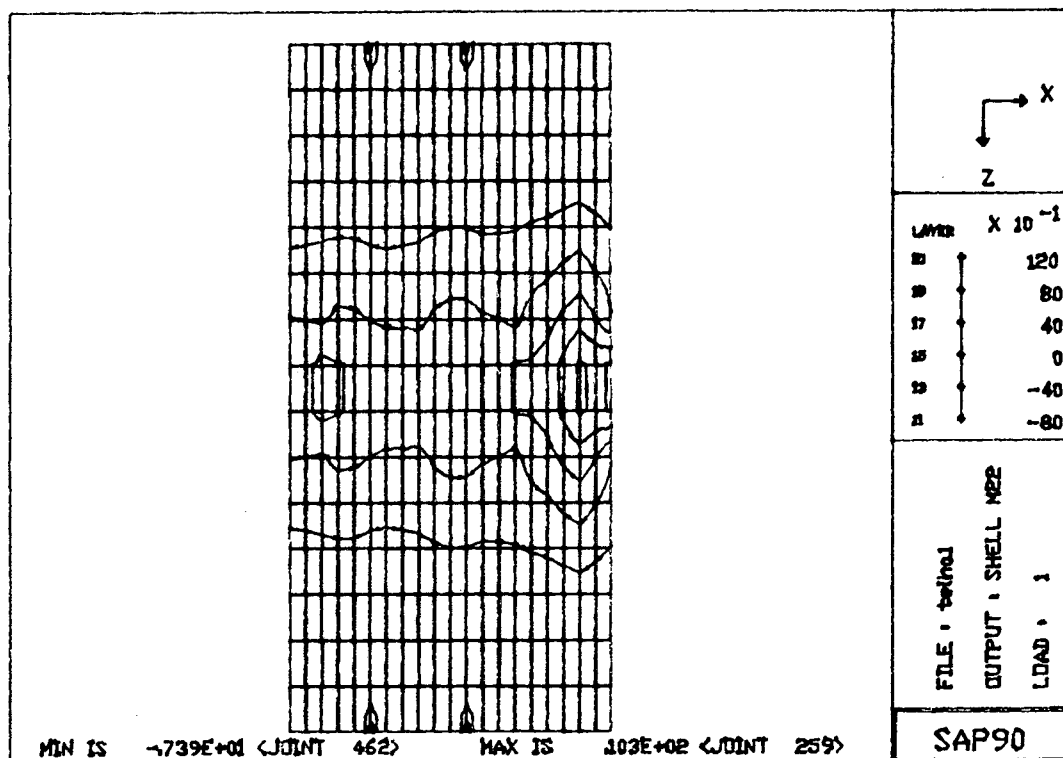


FIGURA 33 - Isoparamétricas dos momentos fletores em torno do eixo "X" sobre a superfície da telha extrudada 7B

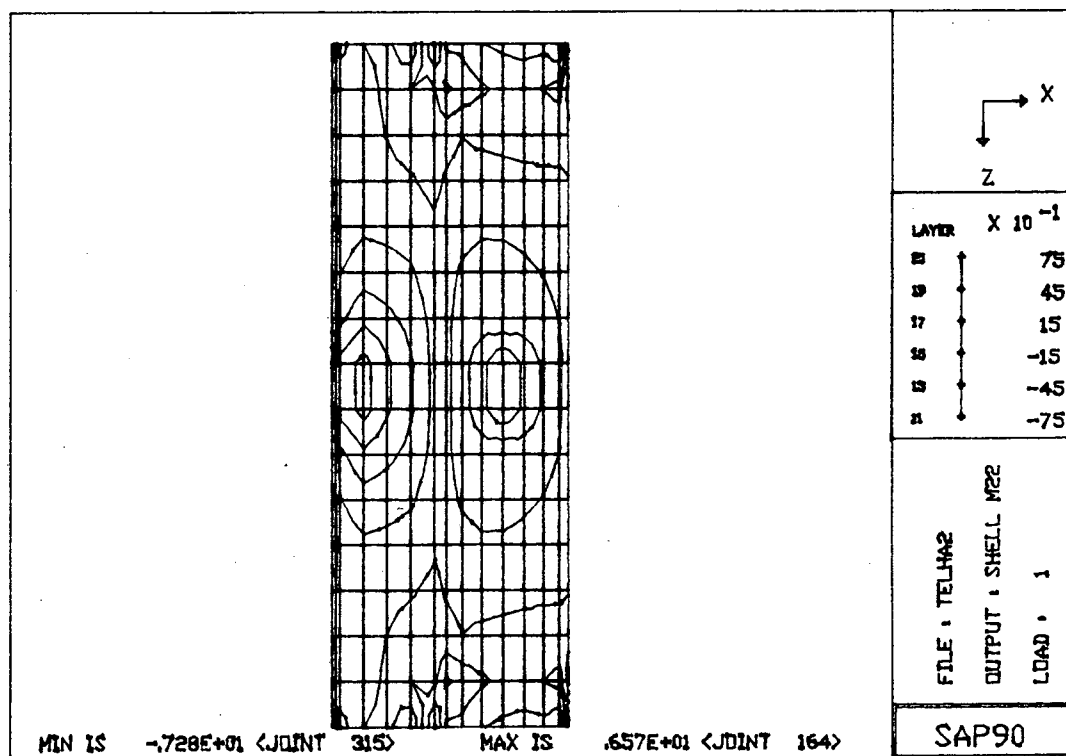


FIGURA 34 - Isoparamétricas dos momentos fletores em torno do eixo "X" sobre a superfície da telha portuguesa

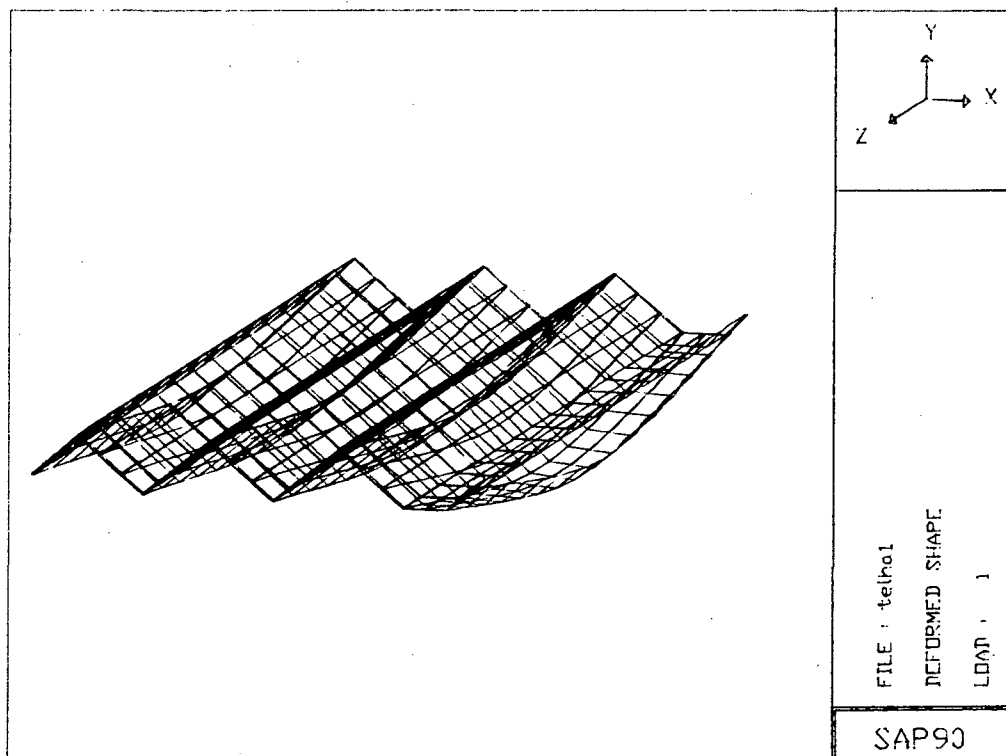


FIGURA 35 - Deslocamentos verificados na telha extrudada 7B

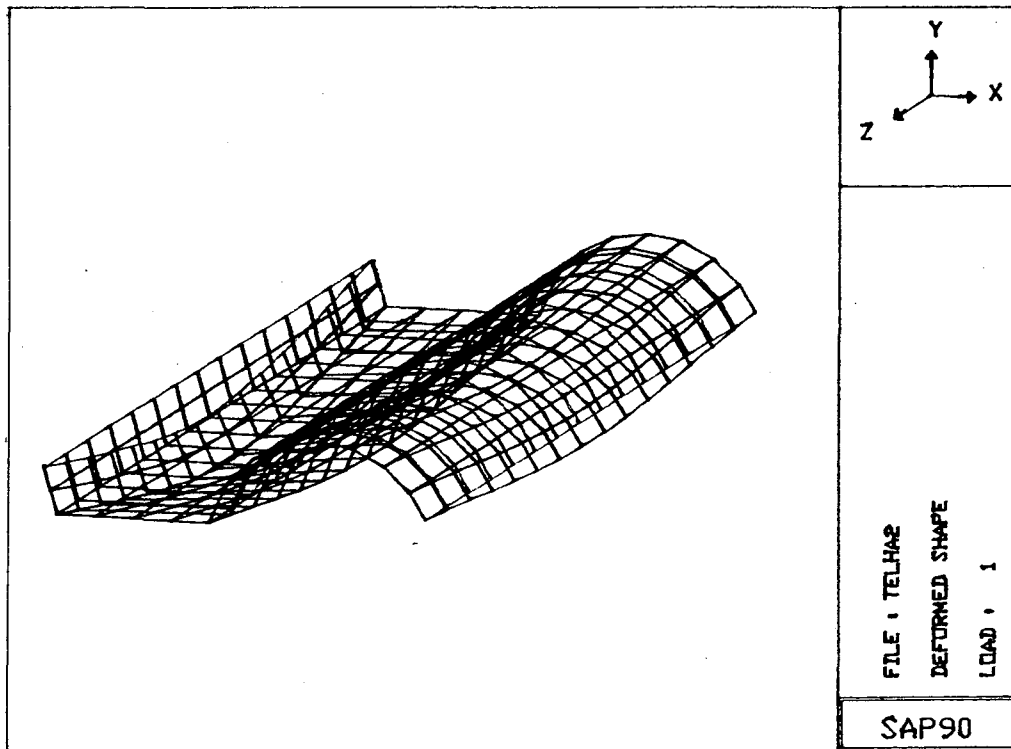


FIGURA 36 - Deslocamentos verificados na telha portuguesa

8.4.4. Considerações

Com base nos dois tipos de comparação estabelecidos pode-se afirmar que:

- a) o perfil extrudado 7B apresenta Módulo Resistente superior à telha portuguesa e, em consequência disto, resistência superior em 18%, à situação de referência;
- b) a resistência é devida ao maior momento de inércia da secção transversal em torno do eixo de inércia;
- c) de acordo com as figuras geradas pelo "software" SAP-90 (figura 30 e 31/shell M11), onde se observa a distribuição de momentos fletores em torno do eixo "Z", aplicando-se cargas semelhantes, as tensões na telha 7B são menores do que na telha portuguesa;
- d) observa-se, também, igualdade em termos de valores negativos, com relação aos momentos e esforços solicitantes nas superfícies das telhas, em torno do eixo "X".

9. CONCLUSÕES FINAIS

O trabalho pautou pela busca da inovação, compatibilizando aspectos sócio-econômicos e técnicos através do binômio prática (empirismo) - disciplina (método).

Buscou novas alternativas de transformação de matéria em recurso.

Com o desenvolvimento das etapas que antecederam a geração de alternativas (capítulo 5 e 6), através do levantamento de informações, foi identificado ambiente propício à ocorrência de inovação. Poderiam ser enumerados quatro pontos característicos desse ambiente propício:

- a) O inesperado, ou seja, o fracasso frente a concorrência, um evento externo ao segmento como a revalorização da matéria prima argila com a questão ambiental.

Como exemplo de situação não prevista (ou não considerada) pode-se citar a perda de mercado para os fabricantes do Estado de Santa Catarina, em função de preço.

A situação de fracasso confirma-se com a posição de mercado do produto telha cerâmica, com o surgimento das telhas em fibrocimento.

- b) A incongruência, ou seja, a diferença entre o que é o produto cerâmico e o que poderia ser.
- c) A necessidade de mudança dos meios e do modo de produção na estrutura industrial e no mercado de produtos cerâmicos.
- d) As alterações tecnológicas, morais, sócio-econômicas e culturais que influenciam, muitas vezes, na alteração do significado de valor de um determinado

produto. Há uma tendência de mercado de retorno à telha cerâmica.

No quadro a seguir é apresentado um comparativo entre características de produtos existentes e a alternativa analisada.

QUADRO 02 - Comparativo Alternativa versus Produtos existentes

Produto	Telha Portuguesa / Esp.: 12mm	Telha ondulada / Esp.: Fibrocimento / 8mm	Telha extrudada (1000 mm x 303 x 20 mm)
Características			
Quantidade por m ²	16 unidades	01 unidade	03 unidades
Peso por m ² telhado	48 kg	15 kg	36 kg
Peso unitário	3 kg	15 kg	12 kg
Resistência $\lambda\lambda$ térmica (RT)/m ² °C/W	0,01846	0,01053	0,03077
Transporte humano (1 homem)	6 telhas/18 kg	0,5 telha \S	1,5 telha/18 kg

\S Necessidade 2 homens por telha, em função da característica frágil do material. Forte possibilidade de trinca, quando sujeita a sofrer esforços transversais.

$\lambda\lambda$ Resistência térmica é a capacidade de um material de reduzir a passagem do fluxo de calor. é expressa pela relação entre a espessura do material (e) e seu coeficiente de condutibilidade térmica (λ):

$$R_T = \frac{e}{\lambda}$$

λ Cimento aaiano = 0,76 W/m ° C
 λ Cerâmica = 0,65 W/a ° C

No quadro 02, em que aparecem dados comparando a inovação proposta com dois produtos existentes, cumpre ressaltar alguns aspectos.

A quantidade de telhas necessárias para cobrir 1m² está extremamente vinculada ao fator humano. Esta relação tem implicações na descrição da tarefa "montar cobertura", aspecto importante na análise ergonômica do trabalho.

As questões relativas ao peso unitário e ao peso por m^2 de telhado, além de forte influência na análise ergonômica do trabalho, repercute em termos gerais de produção como estoque, transporte, manuseio, empilhamento e outros condicionantes afins.

A Resistência Térmica (R_T) é, talvez, a característica mais importante a se considerar do ponto de vista da qualidade do produto. Poder-se-ia sintetizar o conceito de qualidade, para este caso, como adequação ao uso e atendimento a especificações.

Segundo o quadro comparativo (quadro 02), após o cálculo de padrão de conforto térmico, a alternativa proposta apresenta melhor desempenho como produto isolante, apresentando-se como mau condutor de calor, preenchendo os requisitos nomeados para o atendimento do conceito adotado para qualidade do produto.

Com vistas a continuidade futura do trabalho aqui iniciado, ou seja, desenvolvimento de protótipos, ensaios físicos de comportamento estrutural, de desempenho higrotérmico e outros previstos em norma apresentamos uma simulação (quadro 03) de situações possíveis na relação peso-volume para o produto telha extrudada, com o perfil desenvolvido nos modelos, que alteraria para melhor as suas condições de desempenho.

QUADRO 03 - Estudo relação peso x volume para perfis de telha extrudada

Espes- sura mm \ Dim	Larg. x Compr.	Larg. x Compr.	Larg. x Compr.
	303 x 1000	303 x 750	303 x 500
20	12,60 / 8400	9,45 / 6300	6,30 / 4200
	9,45 / 6300	7,08 / 4725	4,73 / 3150
10	6,30 / 4200	4,73 / 3150	3,15 / 2100

Peso(kg)
/
Volume(cm ³)

O peso provável de cada alternativa foi calculado com base entre ρ (peso específico do material cerâmico) e o volume (V) do produto.

$P = \rho \cdot V$	sendo $\rho = 1,5g/cm^3$
--------------------	--------------------------

O Quadro 03 apresenta um estudo da relação peso-volume, em função das variantes dimensionais, fator representativo na definição das séries a serem adotadas no sistema produtivo, levando em conta viabilidade econômica e tecnológica.

Do ponto de vista estrutural, esta relação interfere sobremaneira na resistência final do sistema de cobertura com telhas extrudadas.

No setor de telhas cerâmicas ainda não foi colocado em prática a idéia de sistema de cobertura (ou seja, a telha considerada como parte do sistema), ao contrário da linha de produtos para o mesmo fim, em fibrocimento. Nos catálogos técnicos produzidos para a orientação do projeto, transporte,

manuseio e montagem de coberturas em fibrocimento são encontrados, além dos tipos de telhas, componentes como rufos, cumeeiras, elementos de união e fixação bem como detalhes de sobreposição e inclinações possíveis. Este leque de indicações para utilização do produto se dá em função, justamente, da caracterização de um sistema definido.

A partir do estabelecimento deste conceito forma desenvolvidas soluções com vistas a definição de um sistema de coberturas em telhas cerâmicas, objeto deste trabalho.

Para isto tornou-se necessário compreender a questão cerâmica a partir da hipótese formulada na introdução deste documento: **o setor cerâmico não tem inovado.**

E, com o desenrolar da pesquisa, algumas conclusões foram sedimentadas, na medida em que eram buscados dados para tentativas de inovação e as respostas não eram obtidas.

Uma conclusão importante, é a questão do vazio existente entre a produção científica sobre cerâmica e as necessidades tecnológicas de quem produz cerâmica. A bibliografia existente apresenta-se extremamente arcaica, acadêmica, teórica e obsoleta. O material existente tem pouca utilidade para uso em projeto, na medida em que os documentos são pouco conclusivos. No que tange as normas, estas apresentam-se como parcialmente obsoletas, restringindo iniciativas inovadoras.

Outra hipótese formulada e não menos considerada foi a necessidade de mudança dos processos construtivos, especificamente o de coberturas, em função da defasagem entre os produtos cerâmicos e outros componentes da edificação.

Finalizando, faz-se necessário destacar a intenção consciente, ao longo de todo o trabalho, de buscar desenvolver uma alternativa cerâmica com atributos que privilegiassem produção e uso, através do preenchimento de requisitos como viabilidade e qualidade, condicionantes básicos de um novo modo de produção que, cedo ou tarde, se instalará neste país.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) BONSIPE, Gui. Teoria y Práctica del Diseño Industrial. Barcelona: Ed. Gustavo Gilli, 1978.
- (2) BONSIPE, Gui. El Diseño com Instrumento Gerencial. Montevideo: Câmara de Indústria del Uruguai, 1992 (Notas preparadas para una conferência).
- (3) PAHL, G., BEITZ W. Engineering Design. A systematic Approach. London: The Design Council, 1988.
- (4) REDIG, Joaquim. Sentido do Design, Rio de Janeiro: Ed. Imprinta, 1983.
- (5) CORYELL, Avery E. The Design Process - 12 steps that turns Ideas into Hardware, Machine Design, USA, November, 1967.
- (6) PENA, José A. Técnicas Construtivas Industrializadas Para Viviendas de Bajo Costo en America Latina. Puerto Ordaz, CYTED-D, 1991, 3v.
- (7) CADASTRO INDUSTRIAL DO RIO GRANDE DO SUL 91/92. Porto Alegre: FIERGS/CIERGS, 1991.
- (8) SINDICATO DAS INDUSTRIAS DE OLARIA E DE CERAMICA PARA A CONSTRUÇÃO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Setor Cerâmico Oleiro do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1991. 11p.
- (9) LANGHANZ, C.L. A Qualidade na Indústria Cerâmica Vermelha do Rio Grande do Sul, In: Anais XXV Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural. v.4. Porto Alegre, 1991.
- (10) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Coletânea de Normas de Cerâmica. Rio de Janeiro, 1988. 116p.
- (11) SINGER, F. Y., SINGER S. Ceramica Industrial. Bilbao: Ediciones Urmo, 1971.

11. BIBLIOGRAFIA

01. ABIKO, A.K. Utilização de Cerâmica Vermelha na Construção Civil, Tecnologia de Edificações, São Paulo, IPT, n.4, p.107-110, nov.,1988.
02. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Coletânea de Normas de Cerâmica. Rio de Janeiro, 1988. 116p.
03. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Coletânea de Normas de Fibrocimento. Rio de Janeiro, 1988. 274p.
04. BACK, Nelson. Metodologia de Projeto de Produtos Industriais, Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Dois, 1983
05. BONSIPE, Gui. Teoría y Práctica del Diseño Industrial, Barcelona, Ed. Gustavo Gilli, 1978.
06. BONSIPE, Gui. El Diseño como Instrumento Gerencial, Montevideo: Câmara de Indústria del Uruguai, 1992. (Notas preparadas para uma conferência).
07. CELLEU, C. Jornadas Científicas sobre Cerâmicas y vidro. Barcelona: Universidade de Barcelona, 1980.
08. CLEWS, F.J. Heavy Clay Technology, London: Academic Press, Ind., 1969. 481 p.
09. CORYELL, Avery E. The Design Process - 12 steps that turns Ideas into Hardware, Machine Design, USA, November, 1967.
10. DRUCKER, Peter F. Inovação e espírito Empreendedor. São Paulo, Ed Pioneira, 1987.
11. DUARTE, Ronaldo B. Avaliação de Sistemas Construtivos Industrializados. Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 1982. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFRGS, 1982.

12. FORMOSO, M.L.L. Alguns Aspectos Geológicos e Tecnológicos das Principais Ocorrências de Argilas do Rio Grande do Sul. Cerâmica, São Paulo, V. 12, n.47/48, p. 132-144, set/dez., 1966.
13. FORMOSO, M.L.L. Caulim e Argilas do Rio Grande do Sul, Cerâmica, V. 25, n, 106, p.372-386, outo. 1978.
14. FOSTER, R. Inovação: A vantagem do Atacante, São Paulo, Ed. Best Seller, 1988.
15. FUNDAÇÃO IBGE folha SH.22 Porto Alegre e Parte das Folhas SH 21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim, RJ, 1986. 796p., 06 mapas, (levantamento de Recursos Naturais, V.33)
16. GONÇALVES, J.V. Projeto Cicasol: Relatório final, Porto Alegre: CIENTEC, 1984.
17. GREBER, E. Tratado de Cerâmica, Barcelona: Ed. Gustavo Gilli, 1948.
18. GRESS, F. J. Refratários Silício - aluminosos do Rio Grande do Sul, Anais da Associação Brasileira de Química, São Paulo, V. 13, n.2, p.81-91, 1954. (Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Química, 10., Rio de Janeiro).
19. GROSS, F. J. A indústria Cerâmica no Rio Grande do Sul, Revista de Engenharia do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, V.8, n.31, p.16-24, dez., 1952.
20. GROSS, F. J. As matérias primas cerâmicas no Rio Grande do Sul, Intercâmbio. Porto Alegre, V.1, n.9/10, p.55-60, set./out., 1953.
21. IOSHIMOTO, E. Controle da Qualidade de telhas e blocos Cerâmicos. Tecnologia de Edificações, São Paulo, IPT, n.6, p.117-122, nov., 1988.
22. JOVENNE, C.A. Traité de Céramiques et Matériaux Minéraux, Paris Editions Septima, 1975.
23. KINGERY, W. D. Ceramic Fabrication Processes, New York, USA, Mit. Press, 1958, 235 p.

24. KINGERY, BOWEH, UHLMANN, Introduction to Ceramics, New York, USA, Ed. John Wilwy & Sons, 1960. 1031p.
25. LANGHANZ, C.L. A Qualidade na Indústria Cerâmica Vermelha do Rio Grande do Sul, In: Anais XXV Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural. v.4, Porto Alegre, 1991.
26. LAVILLE, Antoine. Ergonomia, São Paulo, Ed. Pedagógica e Universitária Ltda, 1976.
27. MASCARÓ, Ivan L. Critério Técnico Econômico para Escolha de Cobertura de Edifícios. Estudo Técnico, PROPARG/UFRGS, 1987.
28. MATTOS, D.M. Normatização Brasileira de Telhas Cerâmicas: Estágio Atual, Tecnologia de Edificações, São Paulo, n.6, p.111-116, nov. 1988.
29. MONTENEGRO, G.A. Ventilação e Coberturas, São Paulo: Ed. Edgar Blücher, 1987. 129p.
30. PAHL G., BEITZ N. Engineering Design. A systematic Approach, London: The Design Council, 1988.
31. PENA, José A. Técnicas Construtivas Industrializadas Para Viviendas de Baixo Custo em America Latina, Puerto Ordaz, CYTED-D, 1991.
32. PETRUCCI, E. Materiais de Construção, Porto Alegre: Ed. Globo, 1985.
33. REDIG, Joaquim. Sentido do Design, Rio de Janeiro: Ed. Imprinta, 1983.
34. REGGIORI, G. Ceramica Industrial, Milano: Editore Ulrico Hoepli, 1941.
35. RIO GRANDE DO SUL, SECRETARIA DE INDUSTRIA E COMERCIO. Aspectos Gerais do Setor Oleiro e Cerâmico do RS. Porto Alegre, 1990.
36. SANTA CATARINA, SECRETARIA DE CIENCIA E TECNOLOGIA, MINAS E ENERGIA. Diagnóstico do Setor de Cerâmica Vermelha em Santa Catarina, Florianópolis, 1990.

37. SANTOS, I.S.S. Caracterização de Alguns Gessos do Mercado Nacional para a Aplicação na Construção Civil. São Paulo: Escola Politécnica/USP, 1983, 142p.
38. SANTOS, P.S. Tecnologia de Argilas, São Paulo: Ed. Edgar Blücher, v.2, 1977. 801p.
39. SCARRONE, A. Cerâmica Estrutural, Fundamento Tecnológico e Perfis Industriais, Porto Alegre, CIENTEC, 1974, V.1.
40. SILVA, M.A.C. Identificação e Análise dos Fatores que Afetam a Produtividade sob a Ótica dos Custos de Produção de Empresas de Edificações. Porto Alegre: CPGEC/UFRGS, 1986. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFRGS, 1986.
41. SINGER, F. Y. & SINGER S. Ceramica Industrial, Bilbao, Espanha, Ediciones Urmo, 1971.
42. SINDICATO DAS INDUSTRIAS DE OLARIA E DE CERAMICA PARA A CONSTRUÇÃO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Setor Cerâmico Oleiro do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991, 11p.
43. TURIK, N. Estabelecimento de Exigências de Desempenho Higrotérmico da Envolvente de Habitação Populares Térreas: Estudo Aplicado à Casa-COHAB tipo RS 16.I.3-42. Porto Alegre: CIENTEC, 1988. 267 p.
44. VAN VLACK, Lawrence H. Propriedades dos Materiais Cerâmicos, São Paulo: Ed. Edgar Blücher, 1973. 318 p.