

ESTUDO TÉCNICO

ARGAMASSA ARMADA:
Definição, Histórico e
Desenvolvimento

ET-88



Associação
Brasileira de
Cimento Portland



Associação Brasileira de Cimento Portland

ARGAMASSA ARMADA:
Definição, Histórico e Desenvolvimento

por

Adriano Wagner Ballarin
Engenheiro Civil

São Paulo
dezembro de 1999
(mudanças no aspecto gráfico)

Revisão: 2

1ª edição - 1987

2ª edição - 1999 (mudanças no aspecto gráfico)

BALLARIN, Adriano Wagner

Argamassa armada: definição, histórico e desenvolvimento.

São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland, 2.ed. 1999.

40p. ilus. 21cm. (ET-88)

ISBN 85-87024-25-6

Argamassa armada

CDD 691.53

Proibida a reprodução total ou parcial.

Todos os direitos reservados à

Associação Brasileira de Cimento Portland

Avenida Torres de Oliveira, 76 - Jaguaré

CEP 05347-902 São Paulo/SP

Fone: 55-11-3760.5300 - Fax: 55-11-3760.5370

LISTA DAS FIGURAS

nº	Título	p.
1	<i>Joseph Louis Lambot (1818-1887)</i>	11
2	<i>Pier Luigi Nervi (1891-1979)</i>	12
3	<i>Motoveleiro Irene</i>	13
4	<i>Veleiro Nenelle</i>	14
5	<i>Barracão de elementos pré-moldados de argamassa armada.....</i>	15
6	Shed <i>de cobertura do Edifício da Feira de Milão</i>	15
7a	<i>Palácio de Exposições de Turim (1949) Características dos elementos do salão central.....</i>	17
7b	<i>Palácio de Exposições de Turim (1949) Pré-moldagem dos elementos do salão central</i>	18
7c	<i>Palácio de Exposições de Turim (1949) Vista geral do salão central.....</i>	18
7d	<i>Palácio de Exposições de Turim (1949) Características dos elementos do semi-domo de extremidade</i>	18
8	<i>Palácio de Exposições de Turim (1950) Vista geral do salão C.....</i>	19
9	<i>Palácio de Exposições de Turim (1950) Características dos perfis pré-moldados da cobertura plana perimetral do salão C</i>	20
10	<i>Palacete de Esportes de Roma (1957) Vista geral da construção</i>	21

11	<i>Palácio de Esportes de Roma (1960)</i> <i>Vista interior</i>	21
12	<i>Cobertura em Krasnoyarsk - URSS.....</i>	23
13	<i>Elementos de piso e cobertura - URSS</i>	24
14	<i>Abóbadas de armocimento - URSS</i>	25
15	<i>Fábrica de elementos de argamassa armada - URSS</i>	25
16	<i>Estaleiro para produção de embarcações de argamassa armada.....</i>	26
17	<i>Aspecto final de um casco de argamassa armada para embarcação</i>	28
18a	<i>Fábrica de Laticínios de São Carlos/SP</i> <i>Principais características geométricas da cobertura</i>	30
18b	<i>Fábrica de Laticínios de São Carlos/SP</i> <i>Aspecto final da cobertura</i>	31
19	<i>Grupo de São Carlos/SP</i> <i>Ensaio de placa de argamassa armada à flexão</i>	32
20	<i>Grupo de São Carlos/SP</i> <i>Elementos de forro - P.M. de São João da Boa Vista/SP.....</i>	32
21	<i>Projeto Ferrocimento - CE</i> <i>Silos de argamassa armada.....</i>	33
22	<i>CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento - BA</i> <i>Silos de argamassa armada.....</i>	34
23a	<i>Companhia de Renovação Urbana de Salvador/BA</i> <i>Escadarias drenantes</i>	35

23b	<i>Companhia de Renovação Urbana de Salvador/BA</i> <i>Canais de drenagem</i>	35
24a	<i>Fábrica de Escolas do Rio de Janeiro/RJ</i> <i>Escola pré-fabricada de argamassa armada</i>	36
24b	<i>Fábrica de Escolas do Rio de Janeiro/RJ</i> <i>Abrigo de parada de ônibus</i>	36
25a	<i>Associação Brasileira de Cimento Portland</i> <i>Moradia de argamassa armada - vista geral</i>	37
25b	<i>Associação Brasileira de Cimento Portland</i> <i>Moradia de argamassa armada - vista interior</i>	37

SUMÁRIO

LISTA DAS FIGURAS

1	INTRODUÇÃO	9
2	DEFINIÇÃO	10
3	HISTÓRICO E DESENVOLVIMENTO	10
4	A ARGAMASSA ARMADA NO BRASIL	29
	<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	39

1 INTRODUÇÃO

A argamassa armada ou ferrocimento é um material que vem despertando crescente interesse no meio técnico, na medida em que sua concepção vai se tornando mais conhecida e suas vantagens se mostram cada vez mais evidentes.

Esse material é, na prática, um tipo particular de concreto armado com características de desempenho muito especiais.

Comportando-se como um verdadeiro material associado — união de um reforço metálico contínuo a uma matriz — a argamassa armada emprega uma armadura constituída por malha muito fina, de telas e fios de aço, distribuída em argamassa de cimento e areia, de alta resistência. Dispensa o agregado graúdo e é empregada na execução de estruturas esbeltas, com espessuras variando de 1,5 cm a 3,5 cm, havendo exemplos de construção de barcos com casco composto por lâminas de 0,4 cm de espessura.

Como consequência de seu bom comportamento estrutural e de sua facilidade de conformação e moldagem, a argamassa armada apresenta grande versatilidade na aplicação, sendo utilizada tanto nos países subdesenvolvidos — onde predominam as aplicações em barcos, silos, reservatórios de pequena capacidade e artefatos de uso doméstico, construídos com o uso intensivo de mão-de-obra — como nos países desenvolvidos — onde a leveza e as amplas possibilidades de pré-fabricação das peças constituem fortes atrativos para sua utilização na construção civil.

Este trabalho procura, ainda que de maneira bastante sucinta, apresentar a história desse material, sua origem e seu desenvolvimento ao longo dos anos, para que os interessados e iniciantes nesta tecnologia tenham — a partir desta exposição de idéias, de obras e de suas particularidades variantes — uma noção geral sobre a argamassa armada e possam trabalhá-la com mais afinidade.

2 DEFINIÇÃO

Alguns pesquisadores ainda consideram a argamassa armada como um material distinto do concreto armado, resultante da composição de materiais semelhantes, mas de comportamento mecânico próximo ao dos materiais sinérgicos — isto é, aqueles resultantes da mistura de dois ou mais componentes, mas com características diferentes dos constituintes.

Atualmente, passados 25 anos de desenvolvimento da tecnologia da argamassa armada no Brasil — nos quais não foram poucas as modificações implementadas ao material original (ferrocimento) para sua adaptação aos condicionantes nacionais — já não mais parece lógico encará-lo como material sinérgico.

Tendência mais forte e atual, assumida por este autor e diversos grupos de pesquisa nacionais, tem sido a de consideração da argamassa armada como **tipo particular de concreto armado**, com composição e arranjos de armadura distintos daqueles usuais, adquirindo assim propriedades particulares de desempenho, porém sujeitas às mesmas leis gerais de comportamento físico e mecânico.

Em resumo, a argamassa armada pode ser considerada como membro da grande família dos concretos estruturais. Consideradas as suas particularidades — que por um lado propiciam novas formas de produção e novos campos de aplicação, e por outro, exigem estudos especiais para que se cumpram os requisitos de desempenho das construções — o material merece tratamento similar ao dedicado aos demais materiais associados (concreto armado, concreto protendido etc.).

3 HISTÓRICO E DESENVOLVIMENTO

Até nossos dias é bastante obscura a verdadeira origem do material resultante da associação de uma matriz — argamassa ou concreto e — de um reforço. Esta descoberta ocorreu quase que simultaneamente a algumas pessoas. **Joseph Monier** (1823-1906), um jardineiro francês, incorporou malhas de barras de ferro em vasos para jardim, em

1849. Um inglês, **Wilkinson**, fez vigas de concreto **reforçado** para construção, colocando barras de aço no lado tensionado delas, quase que na mesma ocasião, e **Thaddeus Hyatt** (1816-1901) realizou nos Estados Unidos um grande número de ensaios com concreto armado, contribuindo para racionalizar sua teoria. Finalmente, **Joseph Louis Lambot** (1818-1887) (*Figura 1*), francês, construiu a partir de 1848 em sua fazenda em Miraval, na França, pequenas embarcações com um material chamado por ele de **ferciment**.



FIGURA 1 - Joseph Louis Lambot
(1818-1887)

A patente desse material, definia-o como sendo um substituto perfeito da madeira, constituído por **uma rede ou conjunto de arames ou barras metálicas encaixadas ou cimentadas juntas com cimento hidráulico de tal maneira a formar vigas ou pranchas de qualquer tamanho desejado** e foi requerida por *Lambot*, em 1856, que dessa forma oficializou sua paternidade nessa criação.

Um dos barcos construídos por *Lambot* estaria ainda flutuando no lago de sua fazenda, cinquenta anos depois de sua construção. Em 1955, dois de seus barcos foram resgatados do fundo desse lago, em boas condições, restaurados e recolhidos ao Museu do Brignolis, na França, fazendo hoje parte do seu acervo histórico. Suas principais medidas são 3,6 m de comprimento, 1,22 m de largura e espessura de 2,5 cm a 3,8 cm.

O desenvolvimento subsequente desse material, que teria ascendência direta sobre a argamassa armada, diferiu um pouco de seus conceitos iniciais. A tecnologia do período não conseguia produzir, nos espaços de tempo disponíveis, as quantidades de telas e pequenos fios de aço necessários para o reforço da argamassa. Dessa forma, grossas barras foram sendo usadas para substituir a armadura inicialmente concebida e a tecnologia da argamassa armada cedeu lugar à do atual concreto armado.

De 1856, data de sua criação, até 1943, quase 100 anos se passaram sem que se tivessem notícias de aplicações consideráveis da argamassa armada.

Um pequeno barco foi construído em 1887 por um holandês chamado *Gebruder Picha Stevens*, ficando em serviço até 1968, sendo posteriormente recolhido ao Museu Artis de Amsterdam.

Alguns poucos botes a motor foram construídos por volta de 1900.

Entretanto é ao professor *Pier Luigi Nervi* (*Figura 2*), notável engenheiro e projetista italiano, que se deve o redescobrimento da argamassa armada e a retomada de seu desenvolvimento consistente.



Segundo *Nervi*, ***os condicionantes da época levaram-me a pensar em um novo tipo de material de construção, que eu chamei “ferro-cement”. É baseado no princípio de uma placa muito fina, altamente reforçada, obtida pela aplicação de uma argamassa de cimento e areia, de muito boa qualidade, em algumas malhas de aço e barras de pequeno diâmetro.***

FIGURA 2 - Pier Luigi Nervi
(1891-1979)

Com esse material, a partir de 1943, *Nervi* juntamente com o chefe do Laboratório do Instituto Experimental para Edificações realizaram numerosos ensaios experimentais, chegando a estabelecer dados numéricos sobre as características mecânicas da argamassa armada, sua resistência e alongabilidade.

Esses resultados levaram à aceitação do uso do material para a construção de barcos, por parte do Registro Naval e da Marinha Militar Italiana.

No mesmo ano de 1943 *Nervi* iniciou a construção de um motoveleiro de 400 t e de mais 3 barcos de 150 t para a Marinha Italiana; com o advento da II Grande Guerra, essas construções foram abandonadas.

A primeira embarcação efetivamente construída pelo engenheiro italiano e sua firma — Sociedade de Engenharia Nervi e Bartoli —, ainda em 1945, logo após o término da II Guerra Mundial, foi o motoveleiro *Irene* (Figura 3). Projeto náutico de *Guido Franco*, o *Irene* foi executado no breve período de 3 meses, sem que para isso fosse utilizado qualquer equipamento especial.

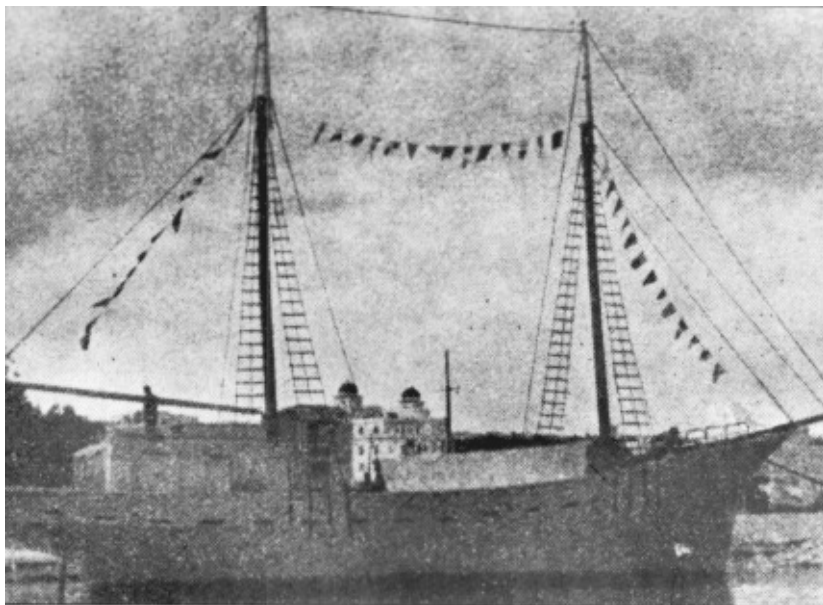


FIGURA 3 - Motoveleiro Irene
(capacidade = 165 t; espessura do casco = 35 mm)

A espessura final do casco do *Irene* era de 35 mm e isto resultou em uma massa final de 165 t, 5% menor que o equivalente em casco de madeira, com um custo cerca de 40% menor.

Nervi viria a construir ainda diversas embarcações como a balsa *Toscana*, de 20 t, o barco de pesca *S. Rita*, porém o mais interessante exemplar dessa série foi, sem dúvida, o veleiro *Nenelle*, executado em 1948 (*Figura 4*). Com 12,2 m de comprimento, o *Nenelle* contava com um esbelto e resistente casco de 12 mm de espessura, armado com 7 malhas de tela, e barras longitudinais de 6 mm de diâmetro espaçadas de 5 cm. Complementando a estrutura do casco, havia um verdadeiro esqueleto com tubos de aço de 25 mm de diâmetro, espaçados de 1 m.

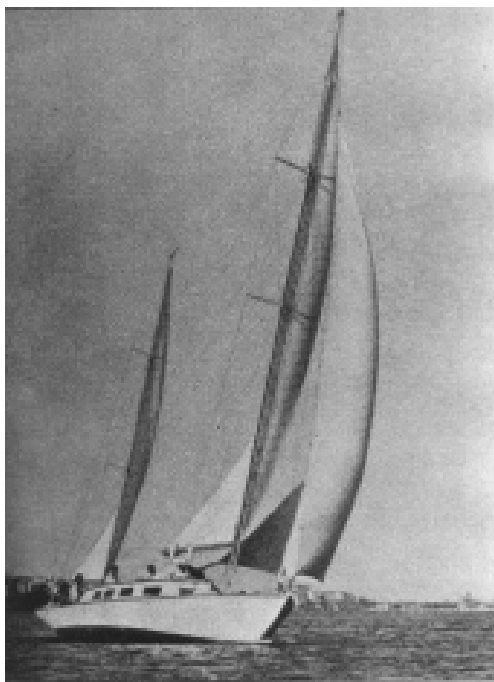


FIGURA 4 - Veleiro *Nenelle*
(comprimento = 12,5 m;
espessura do casco = 12 mm)

Seria entretanto no campo da construção civil que *Nervi* revelaria todo o seu brilhantismo como *Inginiero* e construtor.

Possuidor de uma sensibilidade das mais profundas sobre a tecnologia e as formas de aplicação da argamassa armada, *Nervi*, através de sua construtora e contando com a colaboração experiente dos Professores Engenheiros *Danusso* e *Oberti*, da Politécnica de Milão, pode criar obras de rara beleza e que mostravam uma grande preocupação com o processo construtivo em si, que para ele devia ser encarado como uma parte intimamente ligada ao projeto.

A primeira construção nesse campo foi feita em 1946, quando sua firma executou, para experiência própria, um pequeno armazém de 11 m por 22 m, com paredes e cobertura constituídas por elementos de 3 cm de espessura (*Figura 5*). Nesse primeiro exemplar *Nervi* já deixaria

transparente a filosofia de trabalho do material, pois com o corrugamento garantiu uma resistência dos elementos exclusivamente por sua forma geométrica, conceito que viria a repetir em todas as suas demais concepções.



FIGURA 5 - Barracão de elementos pré-moldados de argamassa armada (comprimento = 22 m; largura = 11 m e espessura da parede = 30 mm)

Em 1947, na construção do Edifício da Feira de Milão, *Nervi* previu a cobertura da galeria central, de 16 m de vão, com uma estrutura em *shed* de argamassa armada (*Figura 6*), que foi estudada experimentalmente pelo *Prof. Oberti*.

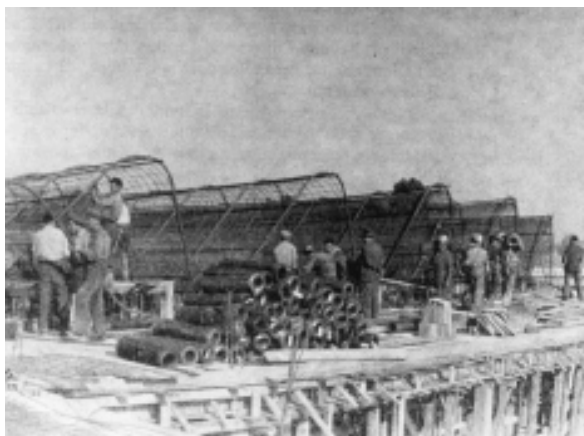


FIGURA 6 - *Shed* de cobertura do Edifício da Feira de Milão
vão = 16 m

Oberti realizou também nesta época ensaios de caracterização do **ferro-cement** obtendo resultados que permitiam afirmar que para taxas de armadura entre 100 kg/m³ e 200 kg/m³ a alongabilidade do material permanecia praticamente igual à da argamassa não armada; para taxas de armadura entre 400 kg/m³ e 500 kg/m³ havia um rápido incremento da deformação por alongamento, chegando-se muitas vezes a quintuplicar os valores iniciais .

Com estes ensaios e com as obras até então executadas, *Nervi* adquiriu a necessária experiência para, em 1948 enfrentar um grande desafio — a cobertura do Palácio de Exposições de Turim. Segundo *Nervi*, **o problema era particularmente interessante, não somente pelas dimensões da construção — vão livre de 95 m — como também pelo curto tempo disponível para execução do trabalho, que deveria ser iniciado em setembro de 1948 e concluído no final de abril de 1949. Este curto espaço de tempo era realmente um problema, tendo em vista as dificuldades climáticas de Turim.**

A cobertura, de forma cilíndrica, foi construída com elementos corrugados de argamassa armada de 3,8 cm de espessura e comprimento de 4 m. Eram conectadas entre si por arcos de concreto armado no topo e na parte inferior das ondulações, sendo fechados nas extremidades por diafragmas. As unidades adjacentes eram unidas com uma argamassa moldada no local, de 4 cm de espessura. Esse processo construtivo permitiu a construção de até 300 m² de cobertura por dia (*Figuras 7a, 7b e 7c*).

Para a cobertura do semi-domo de extremidade do salão principal deste Palácio, *Nervi* utilizou elementos de argamassa armada com 2 cm de espessura, com função de forma e acabamento para estrutura principal de concreto armado (*Figura 7 d*).

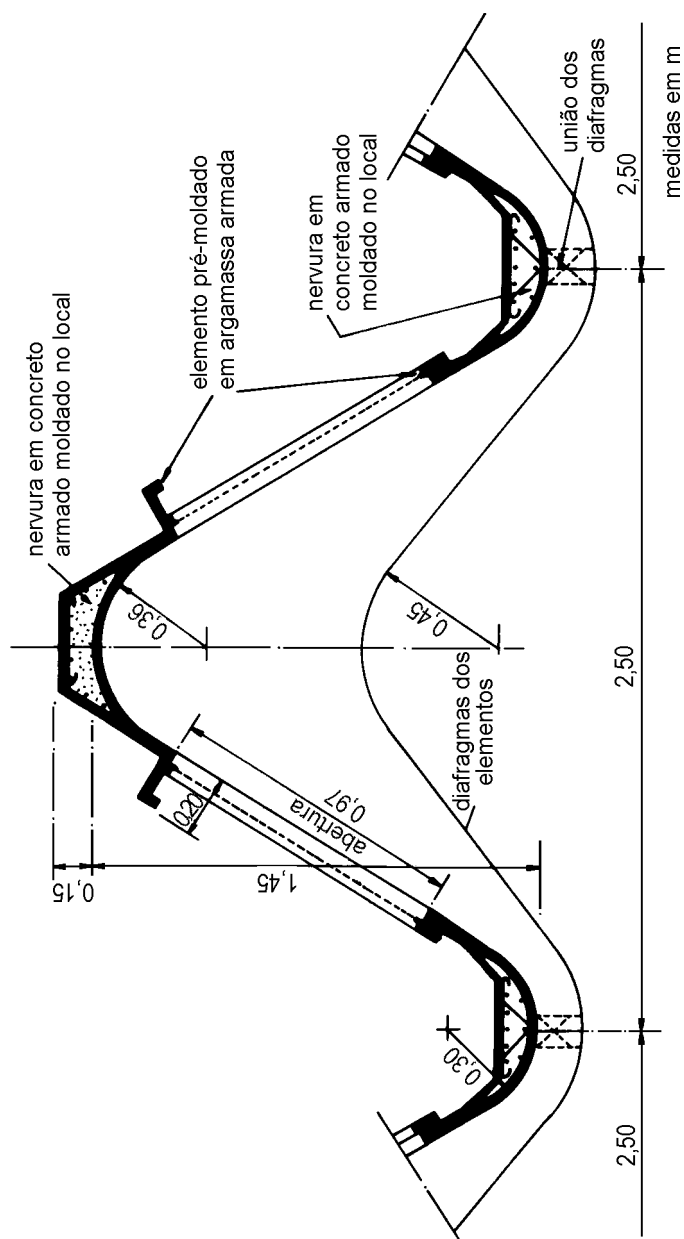


FIGURA 7a - Palácio de Exposições de Turim (1949)
Características dos elementos do salão central

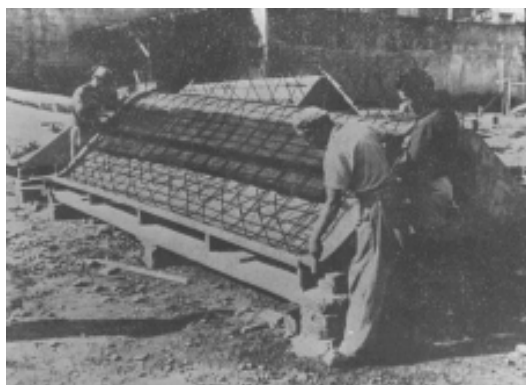


FIGURA 7b - Palácio de Exposições de Turim (1949)
Pré-moldagem dos elementos do salão central

FIGURA 7c - Palácio de Exposições de Turim (1949)
Vista geral do salão central (vão = 95 m)

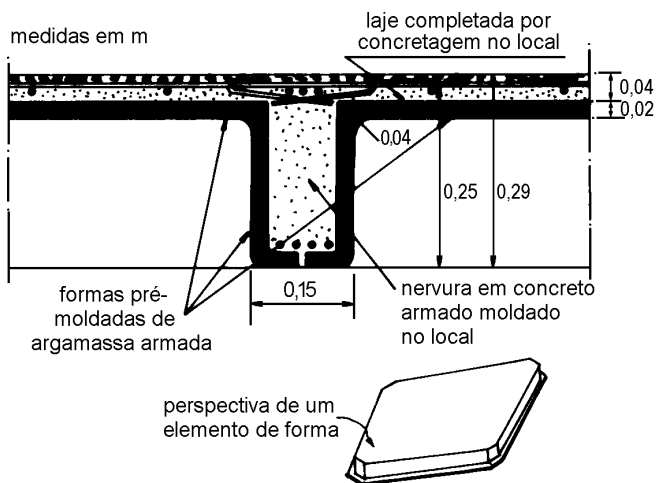
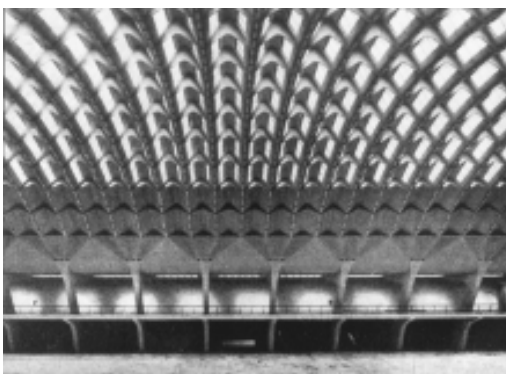


FIGURA 7d - Palácio de Exposições de Turim (1949)
Características dos elementos do semi-domo de extremidade

Um ano mais tarde, *Nervi* projetou e construiu o salão C do mesmo Palácio de Exposições, com dimensões de 55 m por 165 m. O sistema construtivo desta cobertura em forma de abóbada (*Figura 8*) foi análogo ao utilizado na cobertura do semi-domo de extremidade.

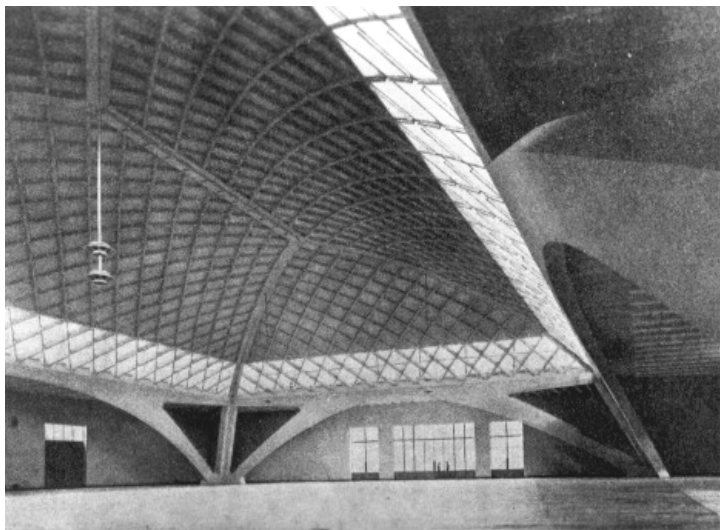


FIGURA 8 - Palácio de Exposições de Turim (1950)
Vista geral do salão C
(vão = 55 m; comprimento = 165 m)

Para a cobertura plana perimetral a este salão, *Nervi* projetou vigas corrugadas de argamassa armada com seção senoidal de 2 cm de espessura e engrossamentos para até 4 cm, nos pontos de acúmulo de armadura. A cobertura, complementada por uma laje superior concretada no local, vencia vãos de 9 m (*Figura 9*).

Nervi realizaria ainda outras obras de notável valor, empregando o seu *ferro-cement* como estrutura portante ou como material complementar na conformação das estruturas em concreto armado. Apenas para citar, destacam-se, em ordem cronológica, a fábrica de tabaco em Bolonha (lajes nervuradas de concreto armado com formas de argamassa armada - 1949), o depósito de sal em Tortona (1950-1951), a cobertura da piscina da Academia Naval de Livorno, o Lanifício Gatti, em Roma (lajes com as nervuras segundo as isostáticas - 1951), a marquise

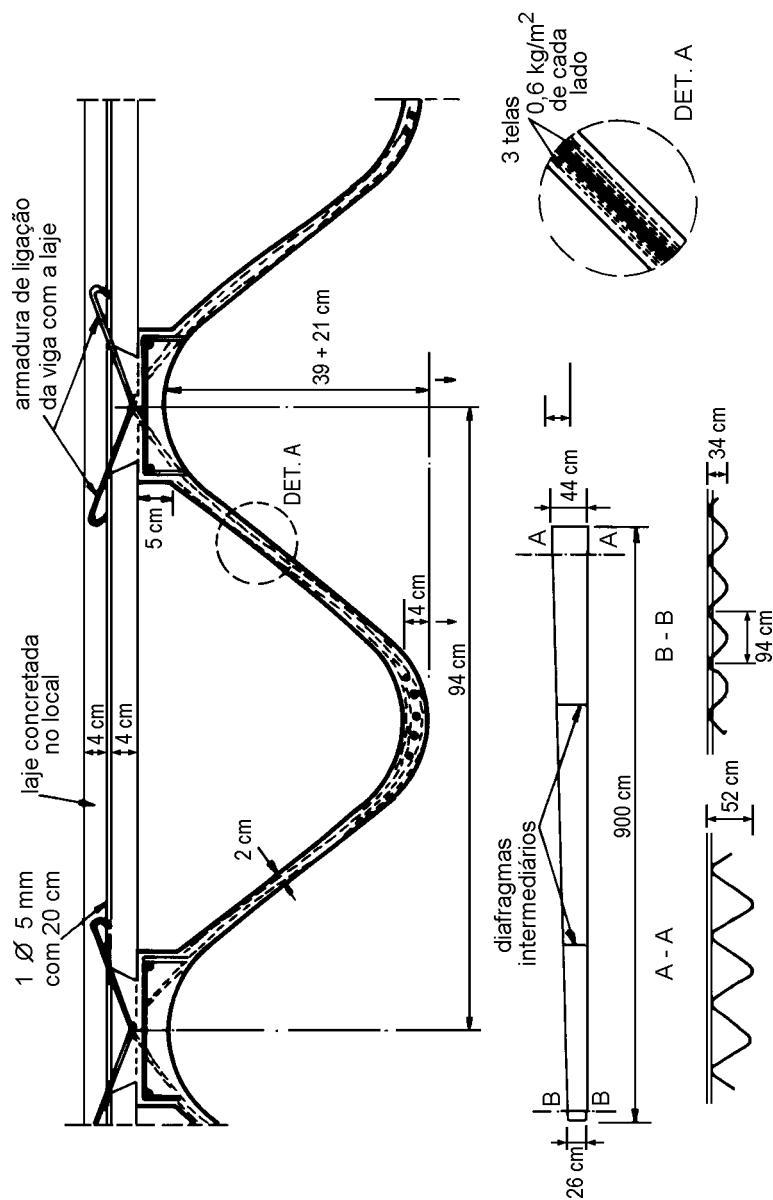


FIGURA 9 - Palácio de Exposições de Turim (1950)
Características dos perfis pré-moldados da cobertura plana perimetral do Salão C

do edifício da Feira de Milão (1953), o Palácio de Esportes de Florença (cobertura cilíndrica de 60 m de vão, 1955-1956), o Palácio Galbani, em Milão (1955-1956), o Palacete de Esportes de Roma (cúpula esférica com 60 m de diâmetro - 1957) (*Figura 10*), a Catedral de New Norcia, na Austrália (1958), o Palácio de Esportes de Roma (cúpula esférica com 100 m de diâmetro, 1958-1960) (*Figura 11*) e muitos outros estudos não concretizados, como o do Palácio de Esportes de Viena (cúpula de 128 m de diâmetro projetada juntamente com seu filho).



FIGURA 10 - Palacete de Esportes de Roma (1957)
Vista geral da construção

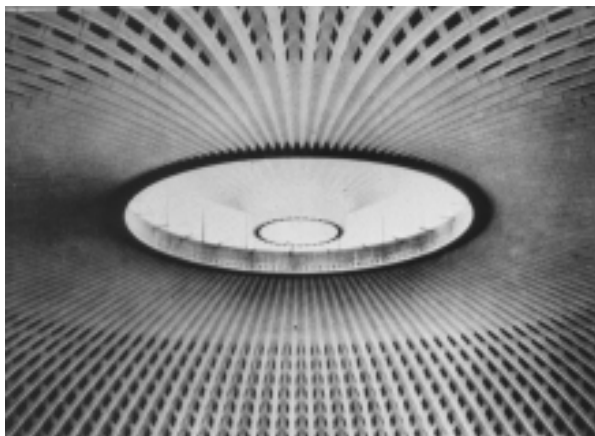


FIGURA 11 - Palácio de Esportes de Roma (1960)
Vista interior

Como já bem colocou o Prof. *João Bento de Hanai*, **descrever o trabalho de *Nervi* é tarefa difícil, senão impossível; até hoje, quem melhor o fez foi o próprio *Nervi*. Portanto, a leitura de seus livros é obrigação, aliás fascinante, a ser cumprida pelos engenheiros e arquitetos.**

O trabalho de *Nervi*, na retomada do desenvolvimento do material argamassa armada e a conseqüente divulgação de suas obras, vieram, a partir do final da década de 50, despertar o interesse mais acentuado dos profissionais no campo da construção civil e naval.

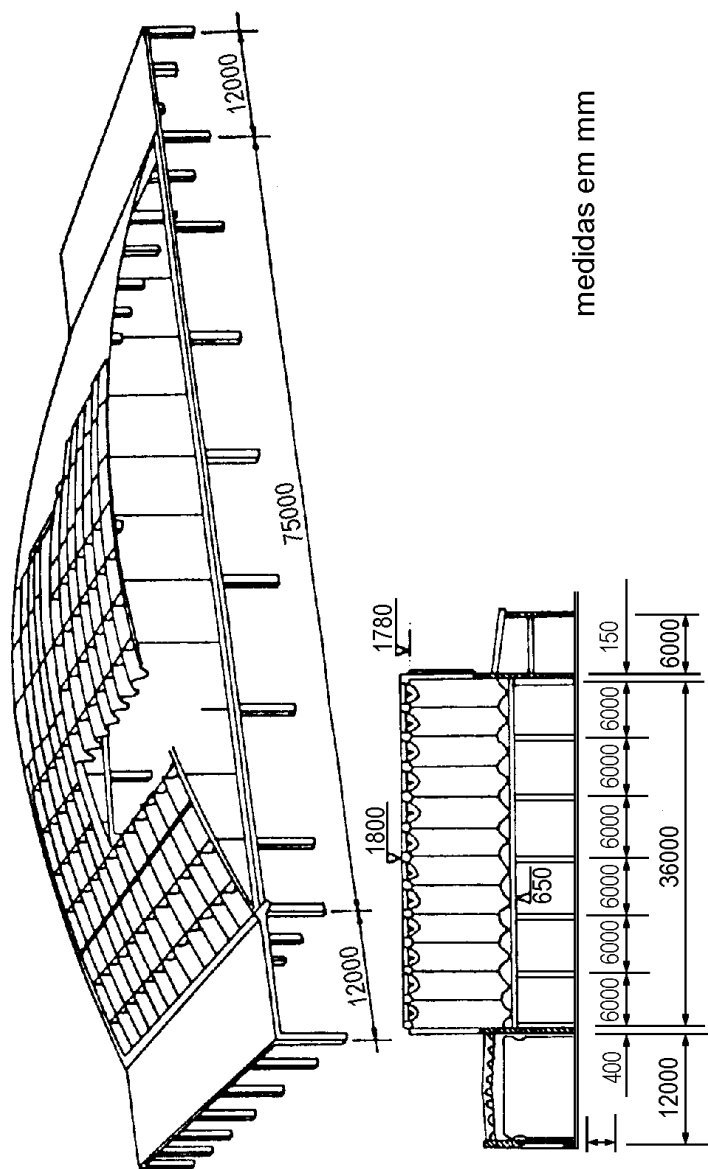
A partir de então, a argamassa armada passou a ser empregada tanto em países subdesenvolvidos — na construção de barcos, silos e reservatórios de pequena capacidade — como em países desenvolvidos, onde teve seu processo construtivo adaptado a técnicas mais modernas de construção.

Na *União Soviética*, a primeira obra realizada com argamassa ou armocimento, como o material é chamado numa transliteração da língua russa, foi a cobertura de um *shopping center* na Rua Reschentríkov, em Leningrado, em 1958.

No transcurso dos primeiros anos de introdução da tecnologia naquele país, construíram-se numerosas estruturas para uso civil e industrial, com vãos de 6 a 75 m (*Figura 12*). Desde então já se tem executados mais de 10 milhões de metros quadrados de coberturas em armocimento.

Este crescimento acelerado nas aplicações do material foi acompanhado de uma grande evolução tecnológica, levada adiante através de centros de investigação científica e oficinas de projeto e construção, sediados em diversas cidades como Moscou, Leningrado, Kiev, Kaliningrado, Kuibyshev etc. Isto fez com que, já em 1963 existissem as primeiras recomendações para emprego do armocimento: *Armocement structures in industrial, civil and agricultural building construction*.

Em 1967 seria publicado pelo órgão normalizador soviético um conjunto de *Instruções para o uso de estruturas de armocimento*.



Atualmente, um novo documento normalizador, mais completo e atualizado, lançado em 1977, é utilizado nesse país: *SN-366/77 - Instruções para Projetos de Estruturas de Armocimento*.

Apenas para citar alguns exemplos, os institutos de pesquisa soviéticos têm desenvolvido diversos tipos de cobertura com o armocimento: coberturas leves do tipo **dente de serra**, para fábricas têxteis, feitas com 6 m de vão e de 1,2 m a 2,4 m de abertura (*Figura 13*), confeccionadas em linhas com capacidade anual de produção de 20.000 a 100.000 m², através da utilização de máquinas que permitem a colocação tanto da armadura como da argamassa por vibro-pressão; coberturas de estrutura regular, feitas com elementos piramidais de 1,5 m x 5 m de base, 0,90 m de altura e 1,5 cm de espessura, produzidos em formas metálicas, auto-vibrantes, desenvolvidas para confeccionar quatro elementos ao mesmo tempo — neste caso, as formas são especialmente confeccionadas para permitir a cura a vapor dos elementos; abóbadas de armocimento, utilizadas na cobertura dos sistemas de transporte (*Figura 14*), abóbadas de espessura máxima 18 mm, para cobertura de galpões agrícolas de 12 a 18 m de vão; abóbadas para edifícios públicos de grandes vãos como salões desportivos, de exibição.



FIGURA 13 - Elementos de piso e cobertura - URSS



FIGURA 14 - Abóbadas de armocimento - URSS (vão = 17 m)

Enfim, nos tempos atuais, a União Soviética desfruta de um padrão bastante evoluído na concepção e produção de estruturas de argamassa armada; os engenheiros dominam os processos de cálculo das armaduras e sabem como protegê-las da corrosão, com o uso de isolantes polímeros impregnados a elas por eletrodeposição e tem também profundo conhecimento dos processos de produção, usando, na grande maioria das vezes, métodos industriais que permitem construir elementos de pequena espessura e praticamente de qualquer forma (*Figura 15*).

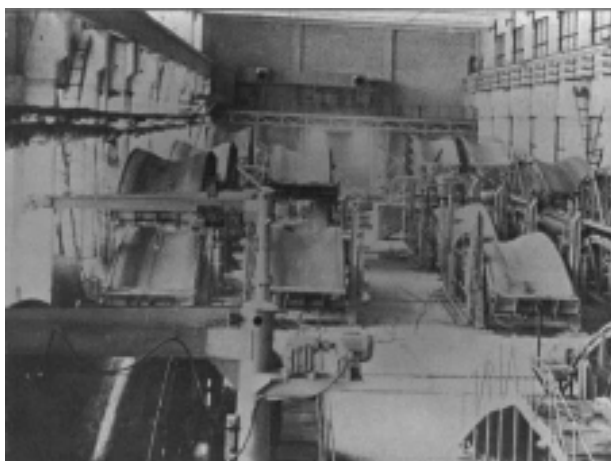


FIGURA 15 - Fábrica de elementos de argamassa armada - URSS

Na *Tchecoslováquia*, a argamassa armada estaria sendo usada desde os primeiros anos 50. Em 1978 seria editada a norma *Projeto de estruturas de argamassa armada*. Há diversos exemplos de aplicação da argamassa armada em coberturas em casca, coberturas pênseis, vigas para pontes rodoviárias, canais de irrigação, *guard-rails* e reservatórios.

Na *Polônia*, embora sejam bastante escassas as informações, sabe-se do uso da argamassa armada na execução de barcos e peças pré-moldadas de cobertura. Ainda neste país, o *FRL - Ferrocement Research Laboratory* tem desenvolvido pesquisas técnicas e de aplicações, como por exemplo encanamentos de alta pressão (2 atm a 15 atm), componentes rurais e urbanos etc.

Ainda na Europa, há notícias da utilização da argamassa armada em diversos países como a *Itália*, *Inglaterra* e *Dinamarca*. Destaque especial cabe ser dado à *França*, que tem produzido embarcações de alto padrão.

Nos países do sul e sudeste asiático a argamassa armada também tem sido aplicada com freqüência.

Na *China*, a construção de barcos desenvolveu-se de maneira bastante organizada, havendo códigos de construção, especificações técnicas e métodos de inspeção de embarcações. Existe um grande número de estaleiros espalhados ao longo da costa (*Figura 16*), com uma produção anual significativa de embarcações de 10 a 15 m de comprimento. Por essas razões, a China possui hoje uma das maiores frotas mundiais de pequenas embarcações mercantes de argamassa armada.



FIGURA 16 - Estaleiro para produção de embarcações de argamassa armada

Como exemplos numericamente menos expressivos no emprego da argamassa armada para embarcações estariam o *Japão* e o *Vietnã*, tendo sido construído, nesse último, em 1983, *The Quyet Thang*, uma embarcação de 300 t.

Na *Indonésia*, o *DTC - Development Technology Center*, em Bandung, tem trabalhado na transferência de tecnologia para a construção de tanques d'água, silos para armazenamento de grãos e embarcações.

A versatilidade de emprego da argamassa armada, evidenciada por esses exemplos asiáticos, motivou, em 1973, a elaboração de um trabalho da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos, destinado a incentivar o uso do material nos países em desenvolvimento.

Em 1976 é criado o *IFIC - International Ferrocement Information Center*, sediado em Bangkok, Tailândia, que publica periodicamente, em conjunto à *New Zealand Ferro Cement Marine Association*, o *Journal of Ferrocement*, importante documento técnico-noticioso. É notável o trabalho desenvolvido atualmente pelo IFIC, como centralizador de trabalhos e atividades técnicas e como divulgador da tecnologia do material — o IFIC já editou diversos artigos sobre aplicações diversas da argamassa armada.

Também com o intuito de divulgar e incentivar o uso da argamassa armada, foram organizados, sob patrocínios diversos, dois simpósios internacionais. O primeiro deles, *International Symposium on Ferrocement*, em 1981, foi sediado em Bérgamo, Itália, numa clara expressão de gratidão e respeito, por parte dos pesquisadores e estudiosos do material, a todo trabalho desenvolvido por *Nervi*, em prol da tecnologia da argamassa armada. O *Second International Symposium on Ferrocement* teve como sede Bangkok, na Tailândia.

Considerando ainda aplicações da argamassa armada no sul asiático, o Departamento de Engenharia Civil do Instituto Indiano de Ciências tem realizado estudos com diversas aplicações como unidades sanitárias, produtos para áreas rurais, biodigestores etc., tendo-se notícias da construção de um protótipo de casa de baixo custo e diversos silos de pequena capacidade (0,5 t a 3 t).

Embora seja a China a detentora atual de uma das maiores frotas de barcos de argamassa armada, é à *Austrália* e à *Nova Zelândia* que cabe o pioneirismo em novas e sofisticadas tecnologias para construção de embarcações (*Figura 17*). Na *Nova Zelândia* há cada vez mais requinte na técnica construtiva de barcos, como por exemplo a utilização da mistura água/epoxi na hidratação do cimento, fato que melhora consideravelmente a impermeabilidade e durabilidade da argamassa. Na *Austrália*, a Universidade de Sidney promove freqüentemente corridas com barcos de argamassa armada, tendo sido criado um tipo especial de tela para fabricação das embarcações — a tela **wire-plank**.

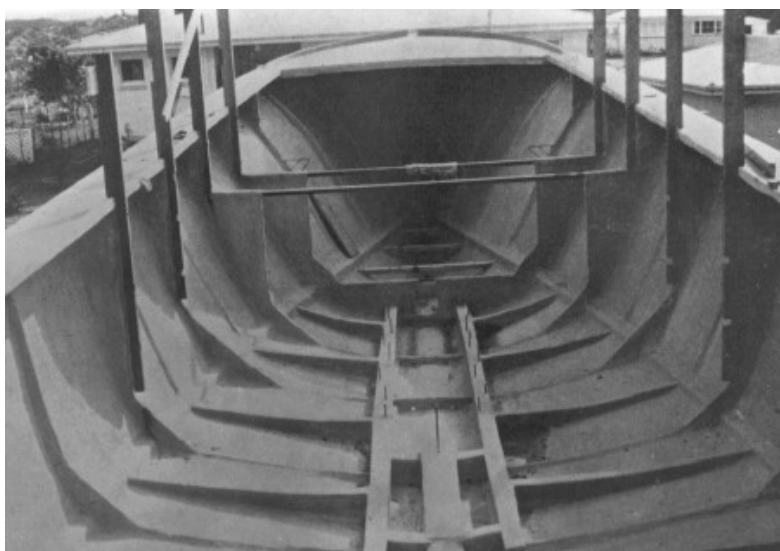


FIGURA 17 - Aspecto final de um casco de argamassa armada para embarcação

Nas Américas, a Universidade de Illinois, em Chicago, EUA, tem destaque como importante centro de pesquisa. O Comitê nº 549 do ACI - *American Concrete Institute* foi organizado em 1974 com a missão de estudar as propriedades mecânicas, práticas construtivas e aplicações da argamassa armada, elaborando o *State of the Art Report on Ferrocement*. Vinculado a este mesmo Comitê, está sendo preparado atualmente um trabalho mais completo: *Guide for design, construction and repair of ferrocement*.

No continente americano, merecem ainda destaque as atividades desenvolvidas em *Cuba, Barbados, México Colômbia e Argentina*, estes três últimos com constantes pesquisas de alternativas de baixo custo para a solução dos problemas habitacionais.

Assim, é possível afirmar que a argamassa armada encontra aplicações em quase todo o mundo. Curiosamente, há inclusive notícias da utilização da argamassa armada no *Sudão*, onde são construídas embarcações de 12,2 m a 13,7 m (40 a 45 pés), com projeto e tecnologia ingleses.

No *Brasil*, atualmente, a argamassa armada desperta uma expectativa incomum, possivelmente decorrente do grande potencial tecnológico revelado.

4 A ARGAMASSA ARMADA NO BRASIL

No Brasil, a argamassa armada seria empregada pela primeira vez na EESC/USP - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, em 1960. O problema consistia na cobertura de 1000 m² de diversos pavilhões.

A partir dos resultados de *Nervi*, o Laboratório de Estruturas da EESC/USP iniciou ensaios em perfis pré-moldados, com o emprego de taxas de armadura compreendidas entre 250 e 300 kg/m³ de argamassa e consumo de cimento de cerca de 700 kg/m³.

A confirmação prática desses resultados motivou os pioneiros desta tecnologia no Brasil, Professores *Frederico Schiel, Dante A.O. Martinelli e Lafaél Petroni* a desenvolver novos estudos e aplicações, constituindo-se o grupo de pesquisas que se denominou **Grupo de São Carlos**.

A partir de então o Grupo de São Carlos passou alternadamente por fases de estudo das propriedades da argamassa armada e de aplicações essencialmente marcadas pela extensão de serviços à comunidade — notadamente os estudos feitos para a Fábrica de Laticínios de São Carlos - 1975 (*Figura 18a e 18b*) e para o Terminal Rodoviário de

Florianópolis - 1980 — até que em 1981, a partir de uma revisão eminentemente técnica do estado-da-arte do material, contida no documento *Construções de Argamassa Armada: Situação, Perspectivas e Pesquisas* de autoria do Coordenador do Grupo, Prof. Dr. João Bento de Hanai, elaborou-se um primeiro Plano Diretor, destinado à consolidação de suas atividades. Com esse novo alento, o Grupo de São Carlos ampliou o seu universo de trabalhos e serviços, conseguindo restabelecer o necessário equilíbrio entre as pesquisas técnicas e aplicadas do material.

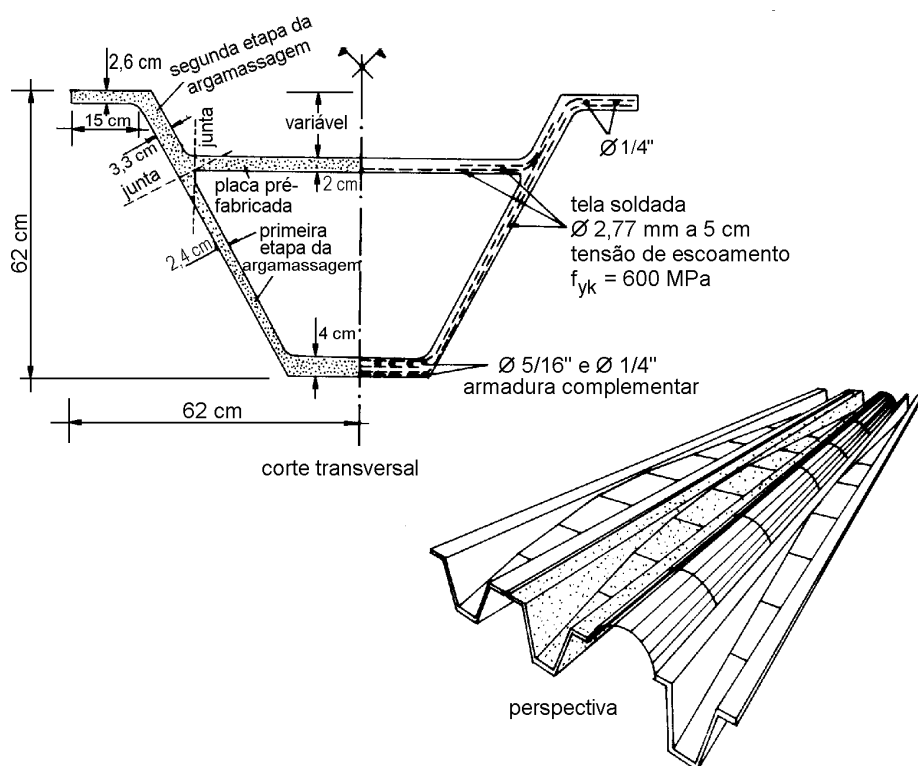


FIGURA 18a - Fábrica de Laticínios de São Carlos/SP
Principais características geométricas da cobertura



FIGURA 18b - Fábrica de Laticínios de São Carlos/SP
Aspecto final da cobertura

Também da mesma época (1980) são as primeiras aplicações em larga escala da argamassa armada no Brasil. O trabalho conduzido pelo Arqtº *João Filgueiras Lima (Lelé)*, consistia inicialmente na utilização de elementos pré-fabricados de argamassa armada na urbanização do Vale do Camurugipe, em Salvador/BA, prosseguindo na produção de escolas e de infra-estrutura urbana no Rio de Janeiro.

Esse grande esforço desenvolvido pelo Grupo de São Carlos para implementar a divulgação da tecnologia do material e o incansável trabalho do Arqtº Lelé fizeram com que, a partir do início da década de 80, a argamassa armada gerasse no meio profissional brasileiro uma grande expectativa, despontando como um material moderno, da **terceira onda**, e com um potencial enorme a ser ainda explorado.

Consideradas as constantes modificações e aperfeiçoamentos na sua tecnologia ao longo de 25 anos de desenvolvimento no Brasil, a argamassa armada é atualmente empregada com espessuras variando de 1,5 cm a 4,0 cm, com cobrimentos de armadura de 5 mm a 7 mm, consumo de cimento de aproximadamente 650 kg/m³ de argamassa e taxas de armadura variando desde 80 kg/m³ de argamassa — para peças divisórias, de piso, de isolamento térmico — até 250 kg/m³ de argamassa — para peças com finalidade estrutural.

Conta hoje com diversos centros irradiadores de sua tecnologia.

O *Grupo de São Carlos* desde 1960 tem acompanhado e tutelado o desenvolvimento da tecnologia do material, a nível nacional. Trilhando um caminho marcado pela utilização de tecnologia simples porém adequada às regiões mais desenvolvidas do país, realiza pesquisas de aprimoramento tecnológico e de aplicações do material (*Figura 19*), além de prestar serviços de apoio técnico e consultoria aos interessados (*Figura 20*).

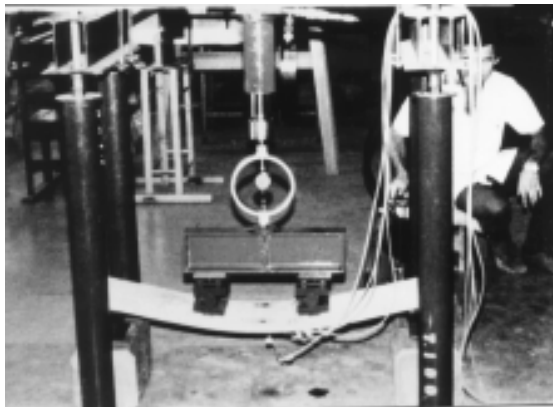


FIGURA 19 - Grupo de São Carlos/SP
Ensaio de placa de argamassa armada à flexão



FIGURA 20 - Grupo de São Carlos/SP
Elementos de forro - Prefeitura Municipal de São João da Boa Vista/SP

O **Projeto Ferrocimento**, implantado pela Universidade Federal do Ceará em abril de 1982, também estuda a introdução da tecnologia da argamassa armada em nosso país, procurando porém adequá-la às condições da região nordeste.

Objetivando o uso artesanal do material na produção de utilidades (*Figura 21*), realiza periodicamente *Cursos de Ferrocimento para Operários* e *Cursos de Ferrocimento de Nível Superior* e pesquisa as mais variadas aplicações: reservatórios para armazenamento de água, acéquias, telhas, cisternas, silos, tubos e tubulões para canalizações, barcos de pequeno porte etc.



FIGURA 21 - Projeto Ferrocimento - CE
Silos de argamassa armada
capacidade = 50 m³

O Projeto, preocupado inicialmente com a difusão da argamassa armada ou ferrocimento como tecnologia popular, ingressa agora em sua segunda etapa, com término previsto para março de 1988, e que dará ênfase à argamassa armada como tecnologia profissional. Nessa fase, contando com um intercâmbio constante com órgãos internacionais afins, pretende transferir a já consagrada prática artesanal na execução de obras, que se concretizará na forma de recomendações.

Seguindo igualmente esta linha de tecnologias simplificadas de construção, o *CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento*, em Camaçari/BA, tem-se voltado mais ao problema da habitação popular, desenvolvendo componentes adaptáveis aos sistemas construtivos alternativos. Estuda também aplicações para o meio rural (*Figura 22*).



FIGURA 22 - CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento/BA
Silos de argamassa armada
(capacidade = 5 m³)

A EPUSP - Escola Politécnica da USP, a FAU/USP - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP e o IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas têm realizado estudos com aplicações diversas do material.

Particularmente este último, tem elaborado textos bastante práticos sobre algumas aplicações da argamassa armada (reservatórios, biodigestores).

Cumprindo também importante papel na irradiação da tecnologia do material estão algumas aplicações frutíferas e consagradoras do material. Levadas a cabo, na sua grande maioria, pelo Arqt^o Lelé, iniciaram-se na Companhia de Renovação Urbana de Salvador/BA onde foram executadas escadarias e rampas drenantes, canais e muros de arrimo (*Figuras 23a e 23b*). Posteriormente, este trabalho foi continuado no Estado do Rio de Janeiro com a instalação de diversas fábricas responsáveis pela pré-fabricação diária de 600 m² de construções, destinadas basicamente a escolas, creches, casas comunitárias. Produziam ainda

canais para drenagem de regiões faveladas e semi-urbanizadas do Rio de Janeiro, abrigos de ônibus, além de toda a infra-estrutura básica para assentamento das construções pré-fabricadas (cisternas, caixas d'água etc.) (Figuras 24a e 24b).



FIGURA 23a - Companhia de Renovação Urbana de Salvador/BA
Escadarias drenantes



FIGURA 23b - Companhia de Renovação Urbana de Salvador/BA
Canais de drenagem



FIGURA 24a - Fábrica de Escolas do Rio de Janeiro/RJ
Escola pré-fabricada de argamassa armada



FIGURA 24b - Fábrica de Escolas do Rio de Janeiro/RJ
Abrigo de parada de ônibus

Todo este trabalho desenvolvido para aplicação da tecnologia da argamassa armada em escala industrial encontra hoje profundos reflexos. Existem atualmente fábricas de artefatos de argamassa armada em Salvador/BA, Brasília/DF, Itapevi/SP e Rio Claro/SP.

Nestas duas últimas cidades, também tomou parte nos trabalhos de implantação das usinas a ABCP - Associação Brasileira de Cimento

Portland que, a partir de 1985, vem somando esforços aos demais órgãos citados, na transferência da tecnologia do material. O trabalho desenvolvido pela ABCP consiste na redação, edição e distribuição de publicações, na realização de palestras, cursos e debates sobre o assunto, na pesquisa intensiva de aplicações, no assessoramento técnico para montagem de pequenas centrais de pré-fabricação e na viabilização de produtos, como é o caso do protótipo de moradia de argamassa armada, feito para a COHAB/SP (*Figuras 25a e 25b*).



FIGURA 25a - Associação Brasileira de Cimento Portland
Moradia de argamassa armada - Vista geral



FIGURA 25b - Associação Brasileira de Cimento Portland
Moradia de argamassa armada - Vista interior

Finalizando, duas ocorrências marcantes para o franco e planejado desenvolvimento do material, foram a realização do I Simpósio Nacional de Argamassa Armada, em junho de 1986, e a instalação junto à ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas da CE-18:05.14 - Argamassa Armada, comissão de estudo para normalização do material, atualmente em fase final de elaboração do texto-base.

Desta exposição de obras e realizações, fica bastante sensível a atual fase de franco desenvolvimento por que passa a argamassa armada, permitindo-se, cada vez mais, a sua consideração como uma alternativa viável aos processos construtivos.

Referências Bibliográficas

1. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI). **ACI Manual of Concrete Practice**. Detroit, 1985. V.5.
2. CEARÁ. Universidade Federal. Centro de Tecnologia. **Projeto ferrocimento**. Boletim trimestral, vários.
3. HANAI, João Bento de. **Construções de argamassa armada: situação, perspectivas e pesquisas**. São Carlos, Escola de Engenharia, 1981.
4. _____. **Argamassa armada: pesquisa e desenvolvimento**. In: **SIMPÓSIO Nacional de Argamassa Armada**, 1ª junho, 1986.
5. HEHL, Walter Caiaffa. **Argamassa armada - recomendações para construção de reservatórios para estocagem de líquidos. (1ª parte)**. In: **Tecnologia de edificações, 2**. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Divisão de Edificações, 1985. p.75-82.
6. _____. **Biodigestor em argamassa armada: considerações para sua construção**. In: **Tecnologia de edificações, 3**. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Divisão de Edificações, 1986. p.105-10.
7. _____. **Reservatórios e biodigestor de argamassa armada**. In: **Tecnologia de edificações, 1**. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Divisão de Edificações, 1984. p.65-8.
8. KHAIDUKOV, G. K. **The principle of behaviour and experience of applications of armocement structures**. In: International Symposium of Ferrocement, Bergamo, Jul. 22-24, 1981.
9. MIRONKOV, B. A. **El ferrocemento en la Union Sovietica**. Revista IMCYC, 17: 25-31, feb. 1980.
10. NERVI, P. L. **Concrete and structural form**. Structural Engineers, 34: 155-72, May. 1956.
11. _____. **IL ferro-cemento; sue caratteristiche e possibilità**. L'Ingegnere, 25(1): 17-25, gen. 1951.

**Sede:**

Av. Torres de Oliveira, 76 - Jaguaré - 05347-902-São Paulo/SP
Tel.: (11) 3760-5300 - Fax: (11) 3760-5320
DCC 0800-0555776 - www.abcp.org.br

Escritórios Regionais:

Pernambuco	- Tel: (81) 3092-7070 - Fax: (81) 3092-7074
Distrito Federal	- Tel./Fax: (61) 3327-8768 e 3328-7776
Minas Gerais	- Tel./Fax: (31) 3223-0721
Rio de Janeiro	- Tel: (21) 2531-1990 - Fax: (21) 2531-2729
São Paulo	- Tel: (11) 3760-5374 - Fax: (11) 3760-5320
Paraná	- Tel: (41) 3353-7426 - Fax: (41) 3353-4707

Representações Regionais:

Ceará:	- Tel./Fax: (85) 3261-2697
Bahia	- Tel./Fax: (71) 3354-6947
Santa Catarina	- Tel./Fax: (48) 3322-0470
Rio Grande do Sul	- Tel./Fax: (51) 3395-3444
Mato Grosso e Mato Grosso do Sul	- Tel./Fax: (67) 3327-2480
Espírito Santo	- Tel./Fax: (27) 3314-3601