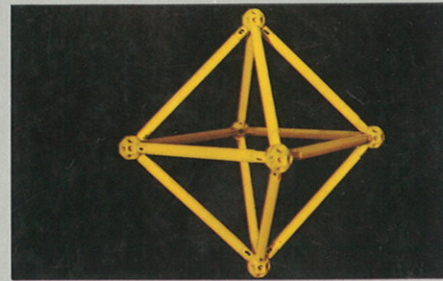
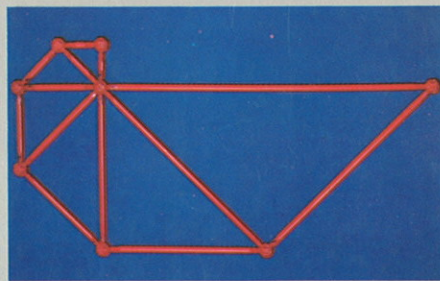
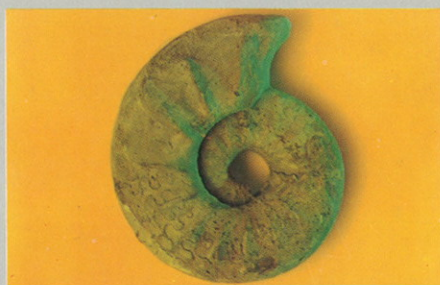


ESTRUTURAS ESPACIAIS,
resultado da aplicação das leis da natureza
na arquitetura
contemporânea.

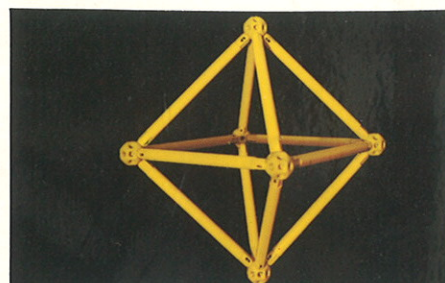
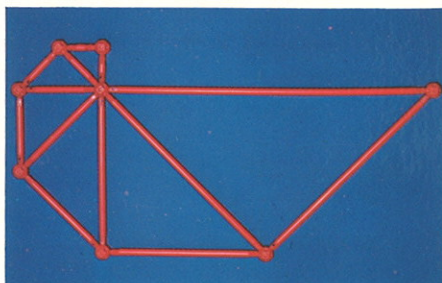


O sistema de construção MERO (MEngeringhausen - ROhrbauweise) baseia sua versatilidade nas seguintes características elementares:

O nó, na forma de esfera, é o elemento de conexão de todas as barras.

As barras poderão ter comprimento proporcional a $1:\sqrt{2}$. Além disso, é possível escolher qualquer outro comprimento.

Módulos espaciais, resultantes da conexão de nós e barras tubulares, em 3 direções, permitem uma variedade infinita de estruturas espaciais.

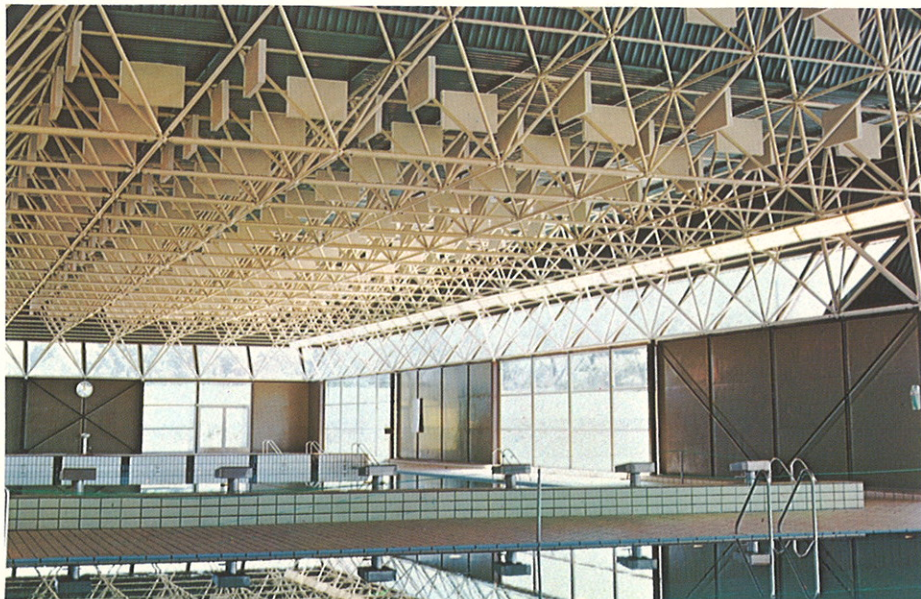


As Estruturas Espaciais MERO são fabricadas e montadas também no Brasil, desde 1977.

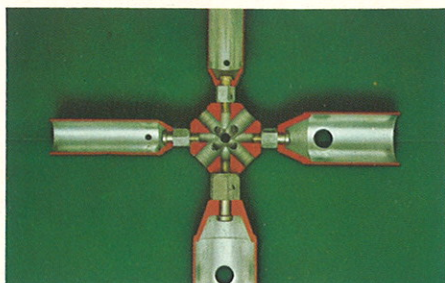
SETOR DE ESTRUTURAS

Sob este conceito englobam-se todas as estruturas espaciais visando à cobertura de uma grande variedade de áreas, como, por exemplo: igrejas, auditórios, ginásios de esporte, piscinas cobertas, estádios, hangares, pavilhões de exposição, postos de serviço etc.

No que se refere à utilização de estruturas espaciais na cobertura de áreas industriais, esta aplicação vem tendo cada vez maior destaque, devido à produção em série dos elementos componentes MERO. Isto contribui para reduzir os elevados custos de mão-de-obra.



Os parafusos e as luvas proporcionam a ligação cêntrica das barras nas esferas. Permitem também rápida desmontagem a qualquer momento.



Inúmeras possibilidades de formas através de sua combinação tridimensional permitem, aos arquitetos, executar suas idéias arquitetônicas individuais.



O setor de ENGENHARIA CIVIL abrange também as estruturas espaciais que não são incluídas especificamente no grupo de construções, mas que requerem igualmente estudos criteriosos de engenharia. Incluem-se nesta categoria, por exemplo, a construção de marquises, palanques, torres, passarelas para pedestres, andaimes,

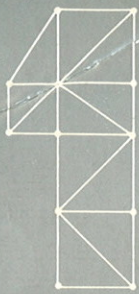


stands de exposição, estruturas para manutenção de aeronaves e estruturas em geral.

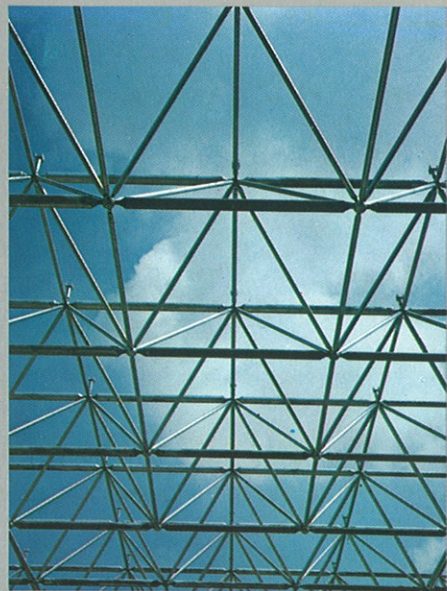


A linha de produtos MEROFORM foi desenvolvida visando à construção de stands em exposições e vitrinas, utilizando-se elementos de aço, alumínio ou plástico.





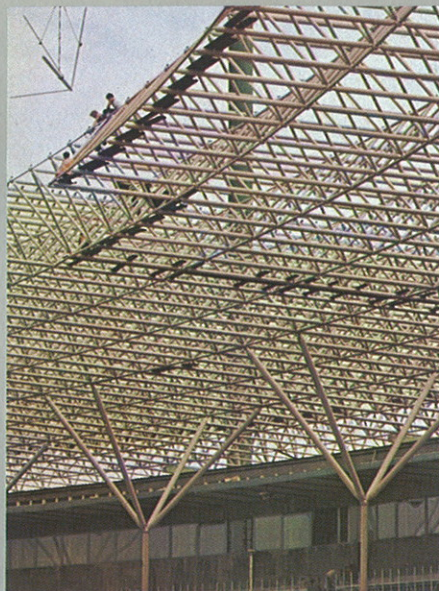
Estruturas espaciais são estéticas.



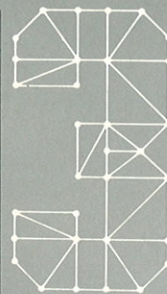
A beleza das estruturas espaciais impressiona tanto os arquitetos e engenheiros como os leigos.



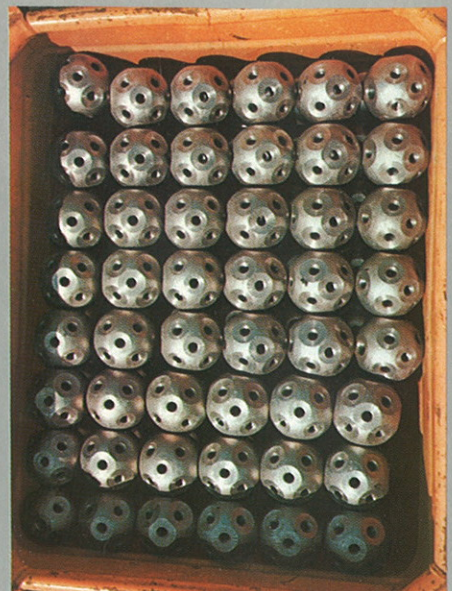
Estruturas espaciais são econômicas.



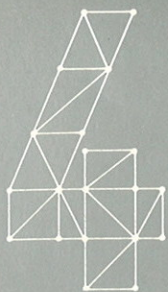
A aplicação das leis da natureza ao projeto estrutural resulta na economia de materiais e, conseqüentemente, de custos.



Estruturas espaciais são tecnicamente perfeitas.



A produção em massa de elementos padronizados com controle constante garante a alta qualidade, tolerâncias mínimas e acabamentos de superfície perfeitos.



Estruturas espaciais são seguras.



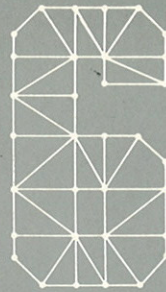
As infinitas possibilidades geométricas oferecem às estruturas espaciais fatores de segurança maiores que os das estruturas convencionais calculadas segundo um único eixo.



Estruturas espaciais reduzem custos de transporte e de montagem.



Os componentes MERO são leves, podem ser acondicionados em volumes pequenos, diminuindo os custos de transporte. Os princípios simples de montagem não requerem a utilização de mão-de-obra especializada.



Estruturas espaciais promovem as vendas.



O bom gosto no local de vendas é um fator primordial que motiva o comprador. A apresentação atraente de produtos depende da decoração do ambiente em que são expostos.

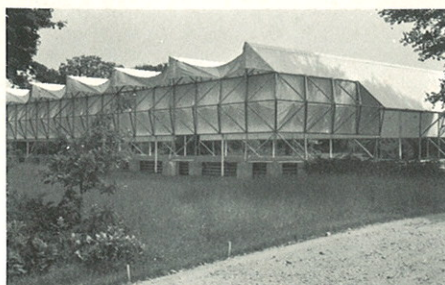
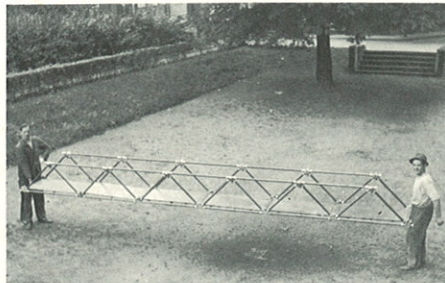
Se você quiser conhecer mais detalhes sobre as ilimitadas alternativas de aplicação de estruturas espaciais, por favor, fale com o maior especialista nesta área: MERO.

Algo sobre a origem das estruturas espaciais MERO.

Dr. Max Mengerlinghausen iniciou em Berlim, Alemanha, em 1937, os primeiros estudos que levaram ao desenvolvimento das atualmente famosas estruturas espaciais MERO (M. Mengerlinghausen - "Composição no Espaço" - 1.º volume - Editora Wiesbaden, 7.ª Edição, 1975).

Seus estudos basearam-se na aplicação das leis da natureza, com o princípio básico de economia. Neste sentido, o tubo de aço é o elemento ideal que atende a este princípio. E assim, os tubos de aço de diâmetros e comprimentos padronizados, conjuntamente com as esferas MERO, constituíram o "Sistema MERO de Construção".

Outras propriedades derivadas de estruturas existentes na natureza, como segurança, simplicidade e beleza, foram incorporadas às estruturas espaciais MERO.



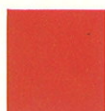
Dr. Mengerlinghausen iniciou a aplicação do Sistema MERO em Berlim, em 1943, já em base industrial, com a produção em massa, visando à construção de andaimes e outras obras, como, por exemplo, estruturas temporárias, pavilhões, mastros, palanques etc.

O surgimento definitivo do Sistema MERO deu-se claramente no momento em que foi utilizado para construções permanentes, que coincidiu com a construção da Feira Internacional de Construção em Berlim, INTERBAU, em 1957. A partir desta data, as estruturas MERO foram utilizadas em grande escala.



1. Bases Geométricas

- 1.1 Estruturas planas
- 1.2 Combinações espaciais
- 1.3 Estruturas espaciais com superfície curva



2. Bases Técnicas

- 2.1 Elementos do Sistema de Construção MERO
- 2.2 Conjunto estrutural - sistema estático
- 2.3 Proteção anticorrosiva
- 2.4 Proteção contra fogo
- 2.5 Princípios de montagem
- 2.6 Critérios de projeto
Algumas regras básicas
Componentes de cobertura e acabamento
- 2.7 Controle de qualidade dos elementos MERO



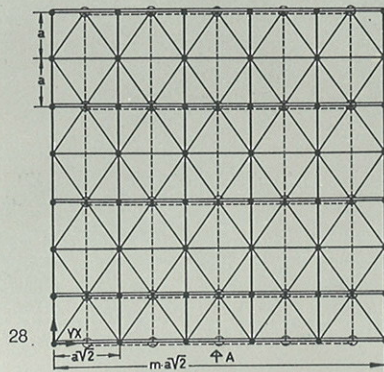
3. Kit de Miniaturas para Modelos

1. Bases Geométricas

Geometricamente, as estruturas espaciais podem ser divididas nas seguintes categorias básicas:

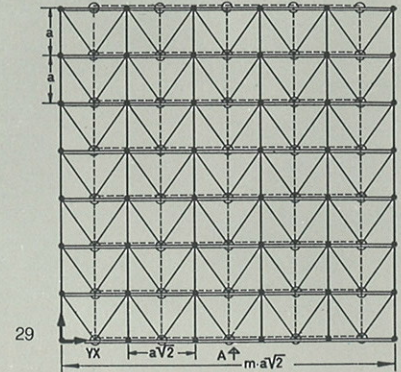
1.1 Estruturas planas

Oitavo e um quarto de octaedro e segmento de cubo-octaedro
 $1/8 O + 1/4 O + COS.$

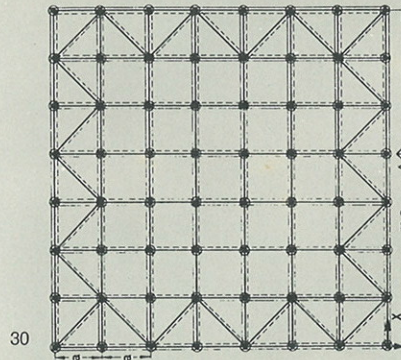


Cubo com diagonais mínimas C (Dmin)

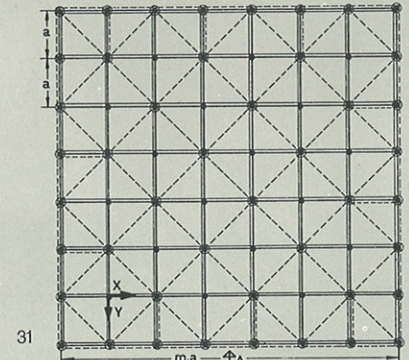
Segmento cúbico diagonal duplo 2X CDS.



Semi-octaedro e antiesferóide. Banzo superior paralelo à borda 1/2 O + ASP

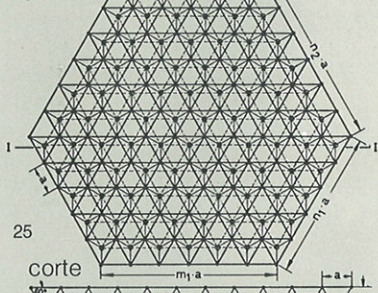


Semi-octaedro e tetraedro (1/2 O + T)

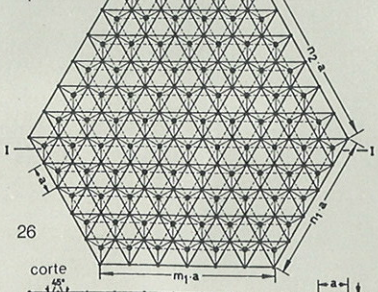


Semi-octaedro e tetraedro. Banzos superior e inferior não paralelos à borda (1/2 O + T)

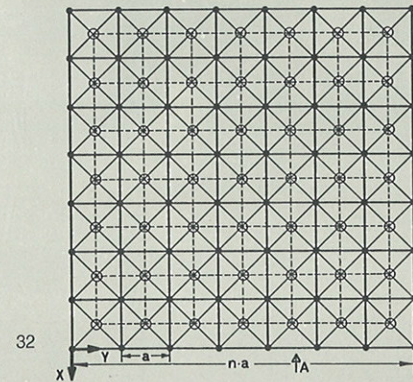
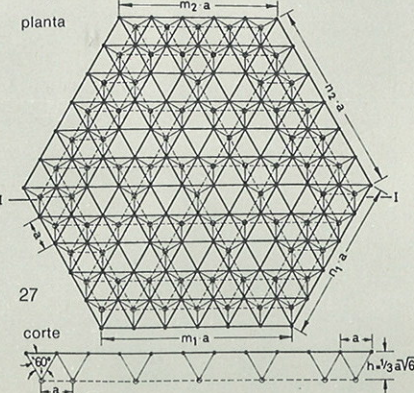
Octaedro e Tetraedro O + T planta



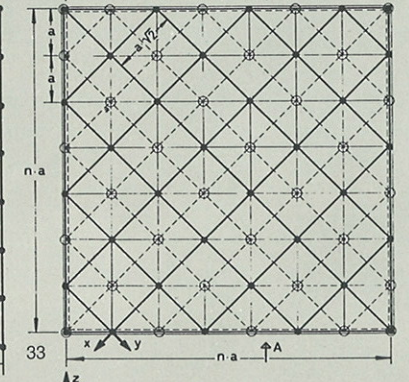
Oitavo de octaedro e antiprisma trigonal 1/8O + tri APR planta



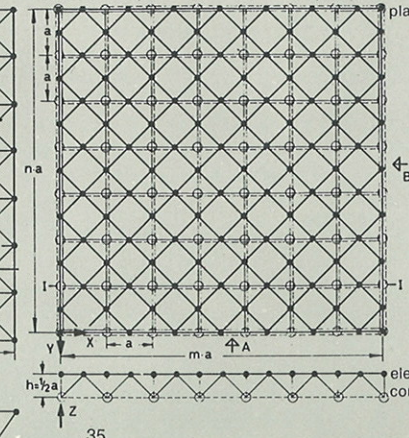
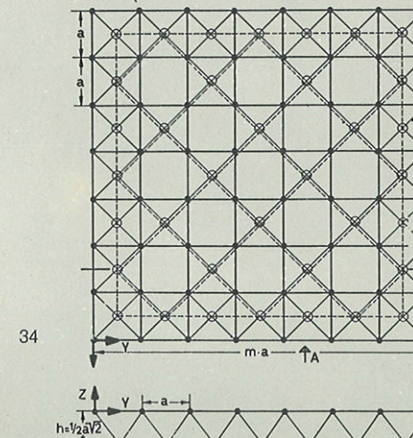
Octaedro - tetraedro e hexi-triprismatóide O + T + PRT.



Semi-octaedro e semicubo-octaedro. Banzo superior paralelo à borda (1/2 O + 1/2 CO)



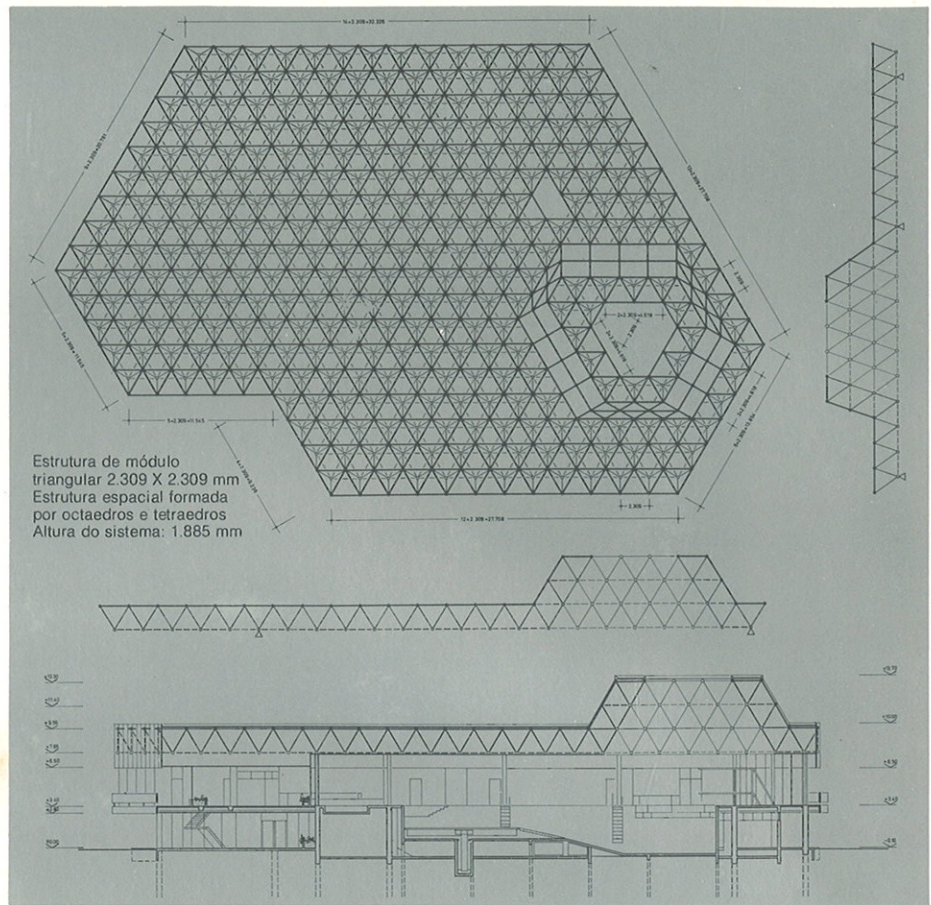
Semi-octaedro e semicubo-octaedro. Banzo inferior paralelo à borda (1/2 O + 1/2 CO)



35

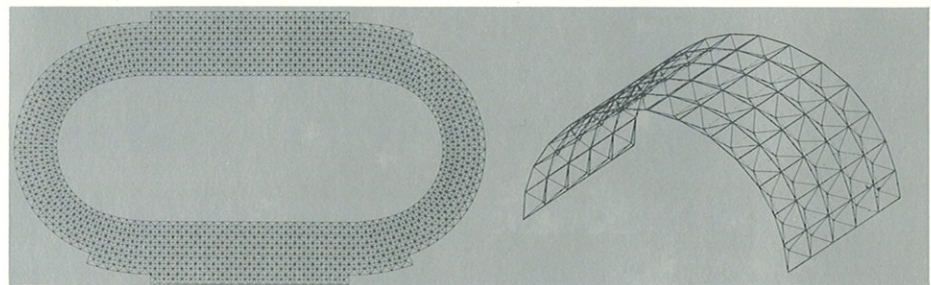
1.2 Combinações espaciais de grelhas planas

Utilizando-se um módulo escolhido arbitrariamente, e suas proporções de $\sqrt{2}$ e $\sqrt{3}$ de comprimento de barras, é possível projetar estruturas que se aproximem o suficiente de qualquer superfície desejada.

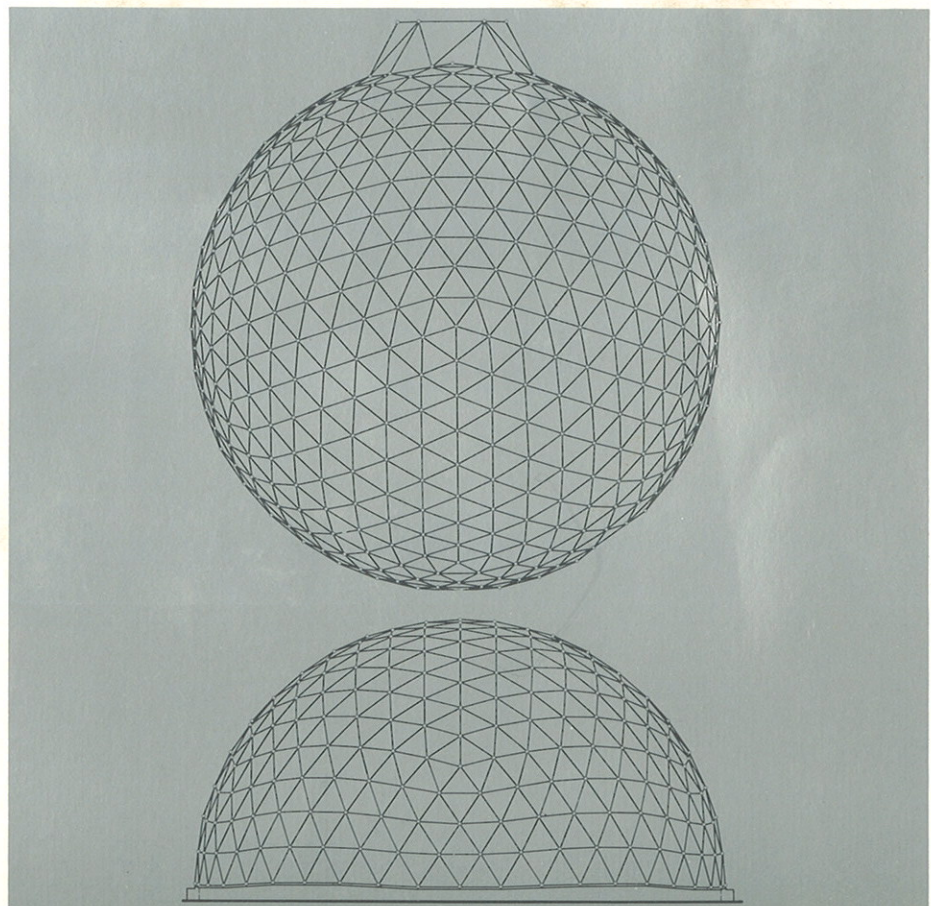


1.3 Estruturas espaciais com superfície curva

1.3.1 Estruturas espaciais com curvatura simples, como por exemplo estruturas abobadadas ou estruturas de base circular ou elíptica (estádios de esporte).



1.3.2 Estruturas espaciais de curvatura dupla, como por exemplo cúpulas esféricas.

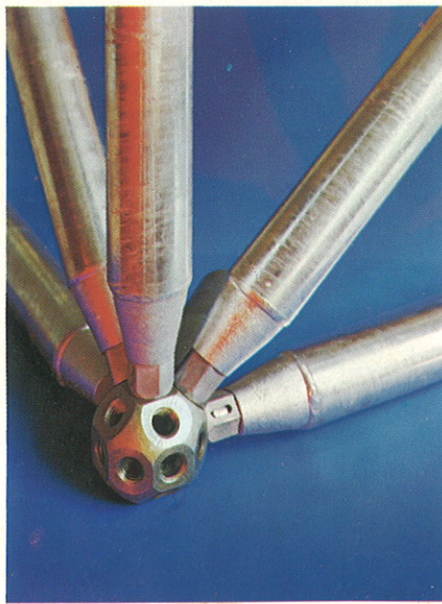


2. Bases Técnicas

2.1 Elementos do Sistema de Construção MERO

O sistema MERO é constituído de barras e nós.

A combinação de barras e nós, de acordo com as cargas atuantes, é o princípio básico do sistema.



2.1.1 Nós MERO

Os nós consistem de esferas maciças de aço forjado na qualidade C 45, ou, se necessários trabalhos de soldagem, em St 52.3.

Após o dimensionamento, as esferas são faceadas e rosqueadas.

Os nós são apresentados em várias dimensões, sendo que se utilizam os seguintes tipos:



O **nó padrão** possui 18 superfícies ou facetas, permitindo conexões angulares de 45°, 60°, 90° e múltiplos destes. Para cada diâmetro existe apenas um único nó padrão.



O **nó normal**, na maioria das vezes, é produzido com 10 facetas. Neste perfuram-se apenas tantas roscas quantas forem necessárias para a construção das estruturas projetadas.



O **nó especial** pode ser perfurado com roscas de diversos diâmetros, em qualquer ângulo. Mediante equipamento especial disponível, é possível produzir estes nós especiais sem custos adicionais significativos.

2.1.2 Barras MERO

Da ampla linha de tubos de aço para construção disponíveis no mercado, foi selecionada uma série ideal, utilizada para a confecção das barras. A qualidade do aço empregado corresponde ao aço St 37.2 ou St 52.3.



2.2 Conjunto Estrutural - Sistema Estático

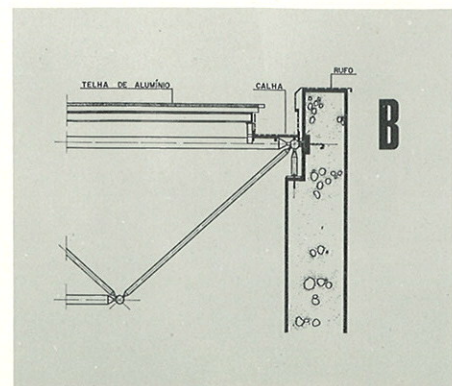
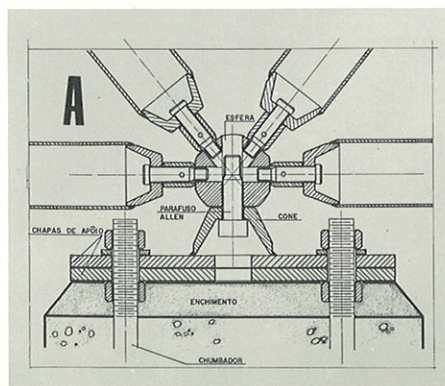
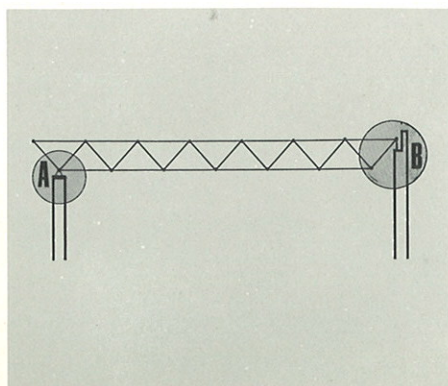
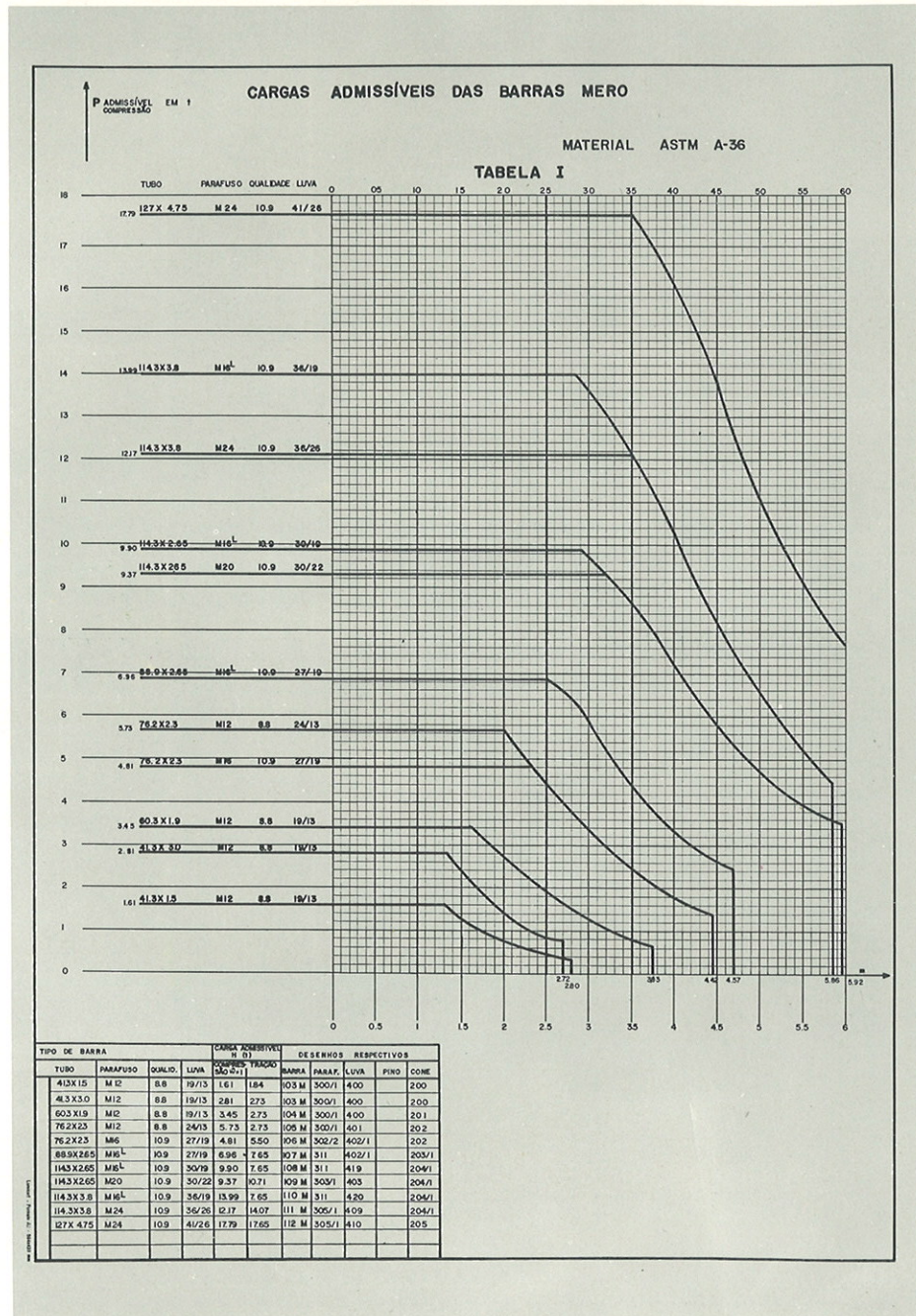
Projeta-se a estrutura em função dos componentes padronizados - os nós e as barras - dentro das alternativas geométricas, estáticas e econômicas. Uma vez definido o projeto, este é calculado estaticamente.

Os nós e as barras são escolhidos em função dos esforços que neles atuam. Estruturas espaciais planas são sistemas estaticamente indeterminados em alto grau internamente e em parte externamente. Por esta razão, o cálculo estático é, geralmente, executado em computadores. Os programas são elaborados de tal forma que o input de variáveis é mínimo e que os resultados forneçam todos os dados necessários ao dimensionamento ideal.

Estabilização

As estruturas espaciais, por si sós, formam grelhas rígidas que não necessitam contraventamentos horizontais.

Os tipos de apoio deverão ser examinados em cada caso.



■ 2.3 Proteção anticorrosiva

2.3.1 O tratamento normal consiste da **zincagem a fogo** (imersão em zinco líquido) interna e externamente.

Vantagens do processo

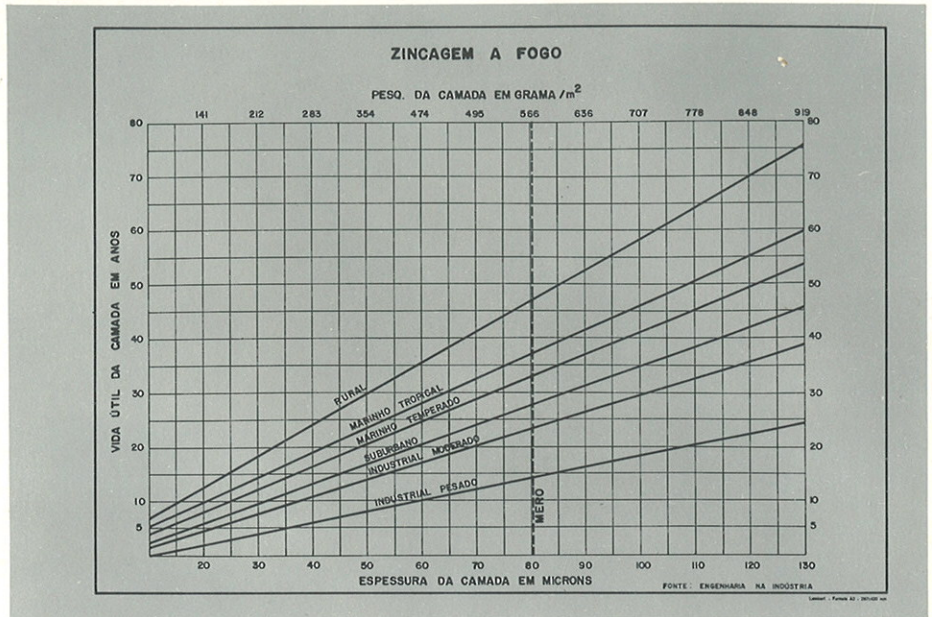
■ **Longevidade:** A durabilidade média de uma camada protetora de zincagem a fogo é variável dependendo do ambiente corrosivo a que é exposta, desde cerca de 10 anos para ambientes industriais pesados até séculos em ambientes rurais secos (ver tabela).

■ **Recobrimento total:** A camada de proteção se distribui por toda a superfície da peça, interna e externamente, o que não ocorre com outros processos.

■ **Espessuras de camadas variáveis:** O processo de zincagem a fogo proporciona camadas depositadas com espessuras que podem variar de 50 a cerca de 150 microns. Considerando que a resistência à corrosão é diretamente proporcional à espessura da camada depositada, pode-se prever a sua durabilidade (ver tabela).

■ **Dimensões dos produtos a serem zincados:** Este processo de proteção anticorrosiva não restringe sua aplicação às dimensões dos produtos, podendo-se zincar parafusos pesando alguns gramas, até postes de iluminação pública de 12m de comprimento.

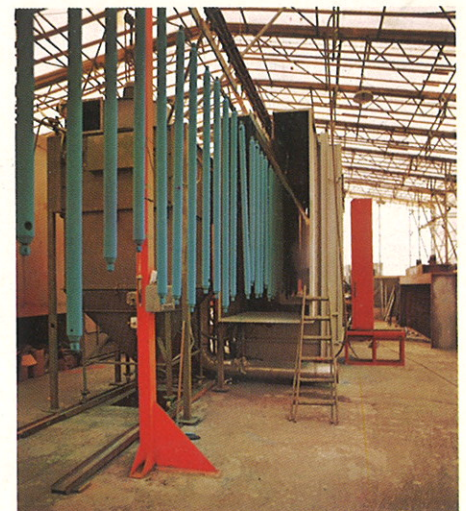
■ **Economia:** O custo inicial do tratamento de zincagem a fogo às vezes pode ser maior do que outros processos de proteção convencionais. Contudo, face à durabilidade resultante dos efeitos desse tratamento, o custo global torna-se sensivelmente menor.



2.3.2 Acabamento estético

■ **Acabamento estético:** É possível, após o tratamento de zincagem a fogo, proceder-se a um acabamento estético através de pinturas ou plastificação de resina epoxi ou poliéster aplicada eletrostaticamente com posterior polimerização em estufa a 200°C.

As cores desejadas podem ser escolhidas no catálogo do fabricante. Pela própria natureza do substrato metálico, a pintura sobre peças zincadas apresenta maior longevidade do que aquela aplicada em peças não submetidas a esse tratamento.



■ 2.4 Proteção contra incêndio

No que se refere a proteção contra fogo, estruturas espaciais, em função de sua alta indeterminação estática, oferecem vantagens significativas sobre as estruturas convencionais apoiadas segundo um eixo único. Para aumentar a duração de resistência contra o fogo, as estruturas espaciais MERO poderão ser protegidas com pinturas especiais auto-espumantes.

O sistema estrutural reticulado apresenta condições ideais para a instalação de sistemas "SPRINKLER".

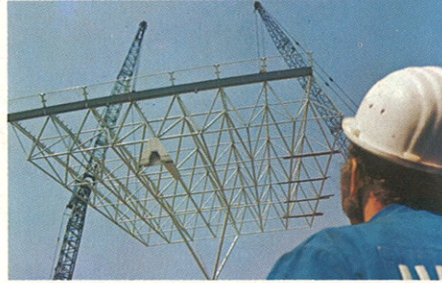
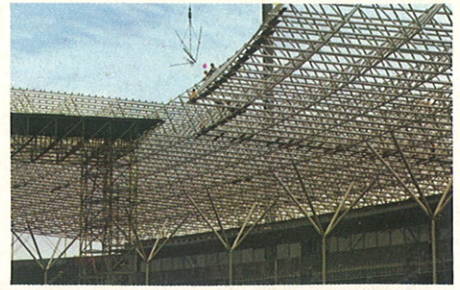
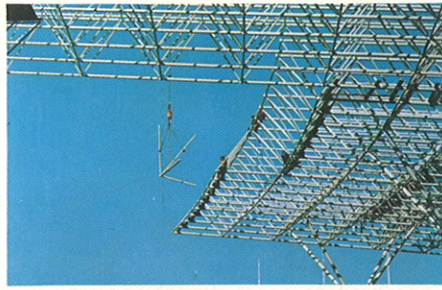
TIPO DE PROTEÇÃO		DM/M ² DE SUPERFÍCIE	DURABILIDADE (Industrial Pesado)	DM/M ² /ANO DURABILIDADE (MÉDIA)
1	desenferrujamento com escova de aço e posterior pintura	9 - 14	3 até 6 anos (média - 4,5)	2,55
2	zincagem a fogo	5 - 10	10 até 20 anos (média - 15)	0,50
3	zincagem a fogo e posterior plastificação	10 - 16	20 até 40 anos (média - 30)	0,43

(situação proporcional dos custos na Alemanha)

■ 2.5 Princípios de montagem

2.5.1 Montagem "in-loco"

Os nós e barras são montados diretamente na posição definitiva da estrutura, geralmente com o auxílio de andaimes móveis. Este método é recomendado em obras nas quais não há possibilidade de utilização de equipamentos pesados de carga, ou em caso de disponibilidade abundante de mão-de-obra não-especializada.



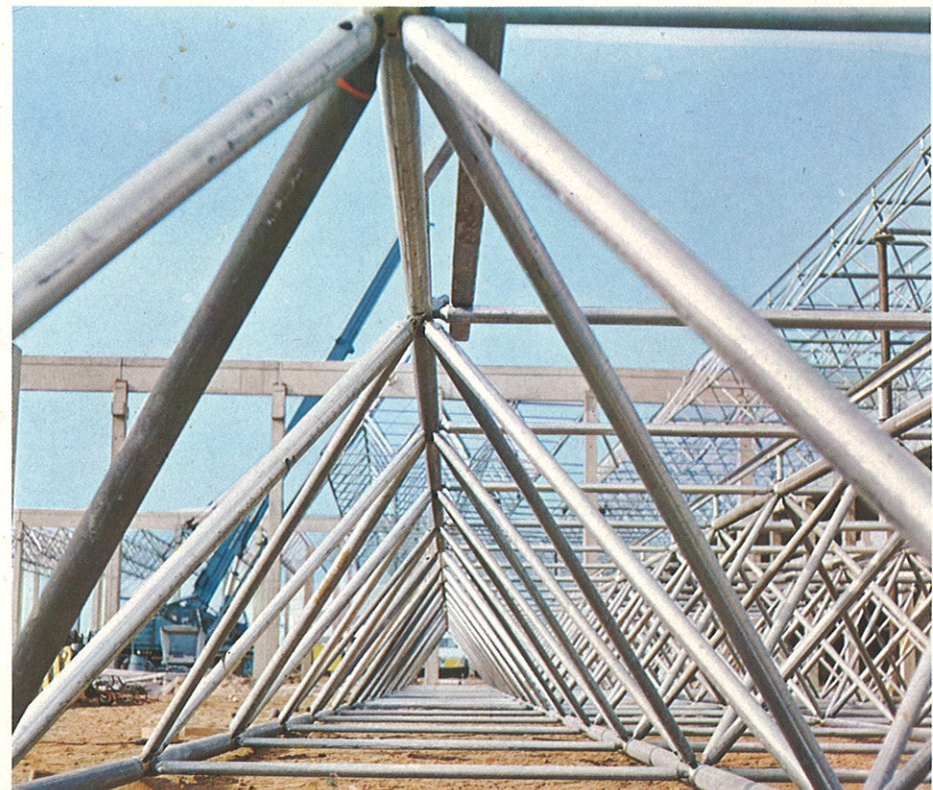
2.5.2 Método "lift-slab"

Este método tem sido muito eficiente em obras onde há disponibilidade de grandes superfícies concretadas, possibilitando a montagem dos elementos MERO no chão. Com auxílio de guindastes móveis ou

de equipamentos elétricos de levantamento podem ser erguidas grelhas estruturais inteiras de até 100 m de vão e 1.000 toneladas de peso próprio.

2.5.3 Combinação dos métodos anteriores

O uso dos métodos combinados é recomendado quando houver equipamento de elevação de capacidade limitada e apenas algumas áreas concretadas.



■ 2.6 Elementos de cobertura, fechamento e decoração

Em princípio todos os materiais disponíveis no mercado podem ser utilizados nas estruturas espaciais MERO. A escolha depende do projeto do arquiteto e da função dos elementos de acabamento.

O setor de consulta da MERO está à disposição para sugestões de utilização. Estruturas espaciais são construções extremamente leves. Por esta razão e por motivos arquitetônicos e econômicos, as cargas adicionais deverão ser as mais leves possíveis.

Normalmente utilizam-se para a cobertura chapas trapezoidais de aço ou alumínio, com ou sem isolamento térmico. As chapas são fixadas a terças metálicas colocadas em um sentido único e apoiadas nos nós do banzo superior. As cargas das terças são transmitidas à estrutura por meio de distanciadores de altura variável fixados aos nós.

Variando-se a altura das terças obtém-se o caimento necessário para o escoamento das águas pluviais.

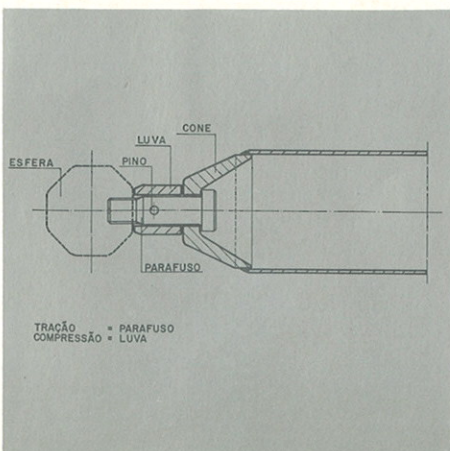
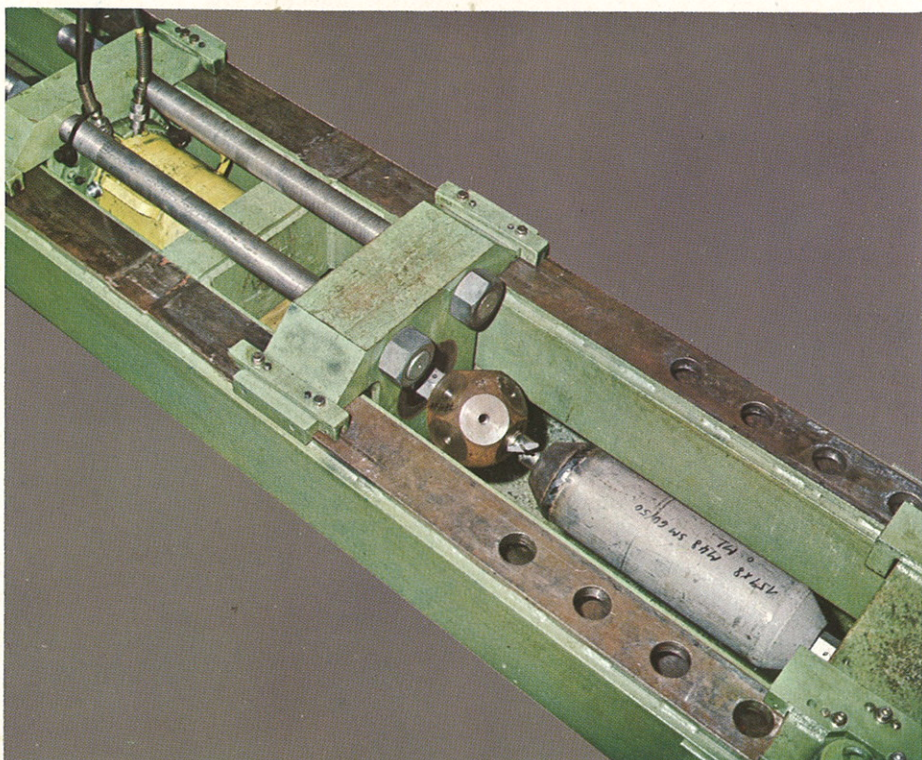
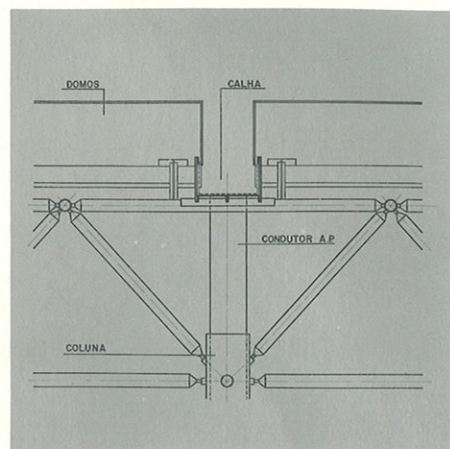
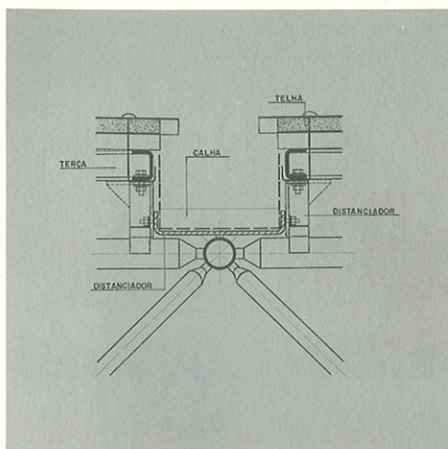
A iluminação natural pode ser feita com domos plásticos, faixas laterais de iluminação ou combinações de ambos.

Os aparelhos de iluminação deverão formar unidade harmoniosa com os módulos da estrutura. Podem ser fixados tanto no plano superior como inferior dos nós.

■ 2.7 Controle de qualidade dos elementos MERO

O controle de qualidade dos nós, barras e parafusos é executado durante o processo de fabricação.

As cargas de teste deverão atingir sempre o dobro das cargas admissíveis, calculadas de acordo com as normas técnicas.



2.8 Critérios de Planejamento

Alguns critérios básicos têm que ser considerados na elaboração de um projeto com estruturas espaciais MERO. Estes critérios por um lado deverão levar à solução ótima em termos arquitetônicos e técnicos definidos pelo arquiteto, e, por outro, obter uma estrutura econômica.

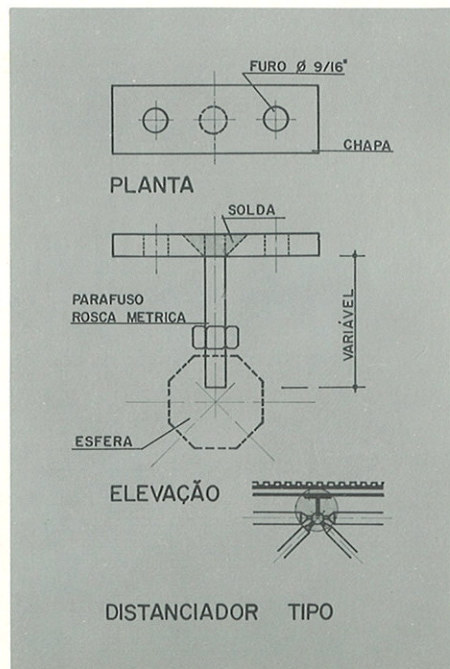
2.8.1 Sistema Geométrico

A escolha da configuração geométrica depende antes de mais nada do projeto arquitetônico básico. Em cada caso específico, no entanto, a configuração geométrica a ser adotada deverá ser discutida com um especialista da MERO, a fim de assegurar a correlação ideal entre módulo e altura construtiva em função de vãos, cargas atuantes e posição de pilares de apoio.

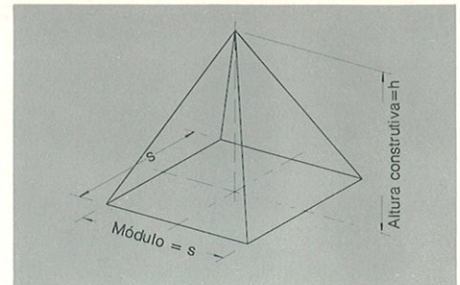
2.8.2 Regras básicas

- Principalmente em relação às estruturas espaciais, aplicá-se a lei de que **à medida que crescem as dimensões da unidade modular, maior é a economicidade** da estrutura. (vide gráfico)
- Paralelamente, é importante considerar ainda a capacidade de carga das barras.
- A altura construtiva normal da estrutura é obtida pela multiplicação do módulo básico pelo fator 0,707.

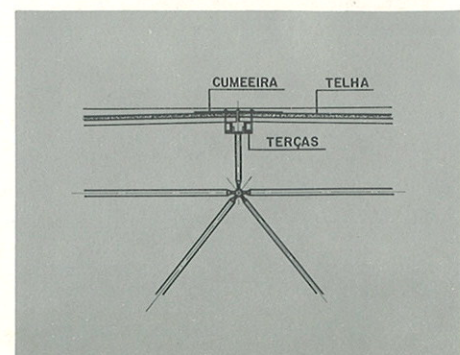
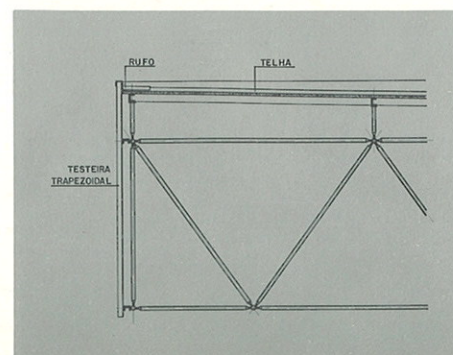
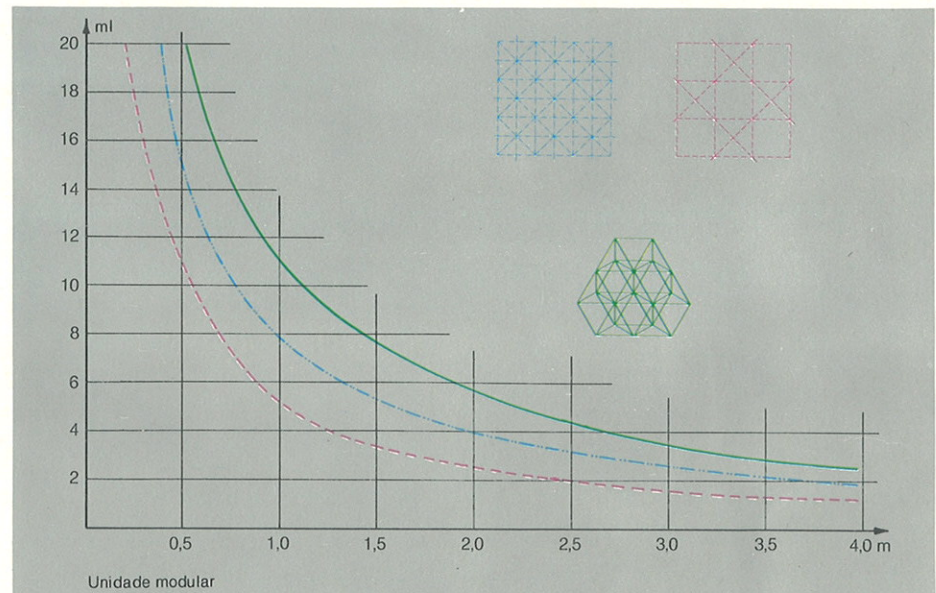
Resultam então barras de comprimentos iguais nos banzos superiores, inferiores e diagonais. Nos casos em que uma determinada altura não puder ser ultrapassada, a solução econômica é obtida através de uma redução da altura construtiva do sistema, como, por exemplo, uma altura de 1,5 m para uma modulação horizontal de 3 m. (Esta solução é mais econômica do que módulos de 1,5 m com altura também igual a 1,5 m.)



É possível variar a altura construtiva da estrutura de um mínimo de 0,3 - 0,4 vezes o módulo, como altura mínima, até uma altura construtiva de aprox. 1,1 vezes as dimensões do módulo.

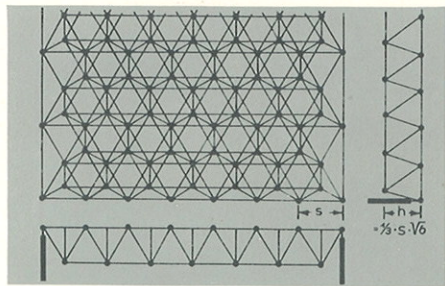
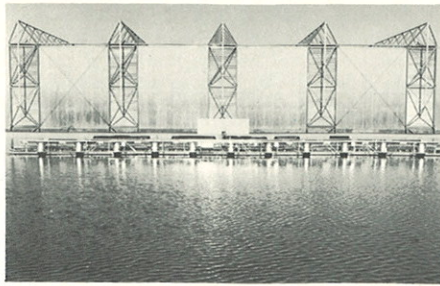
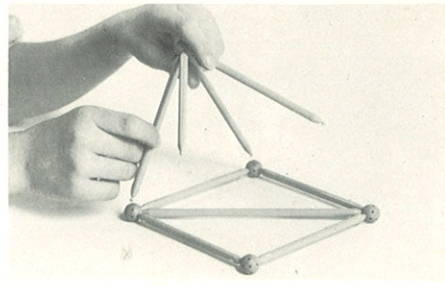
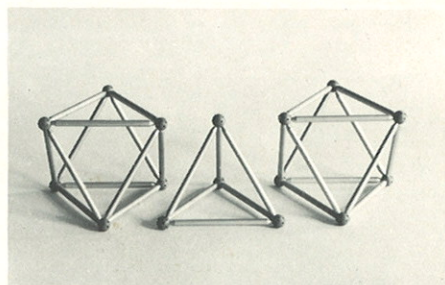
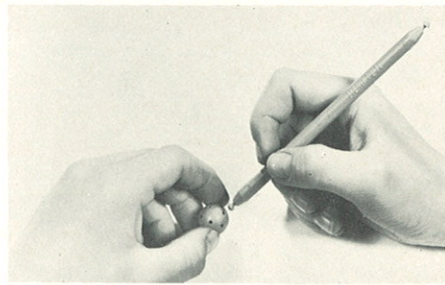
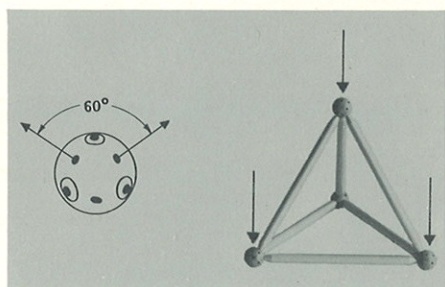
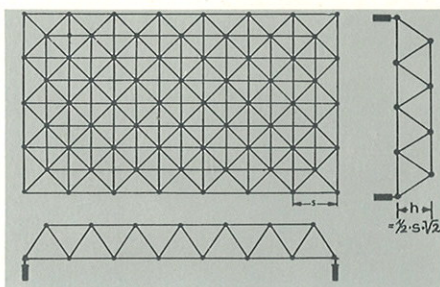
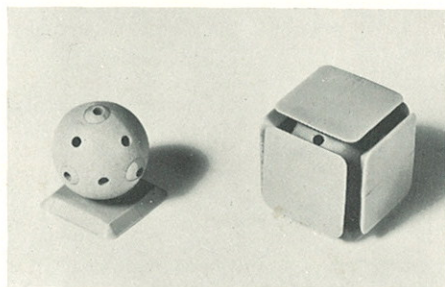
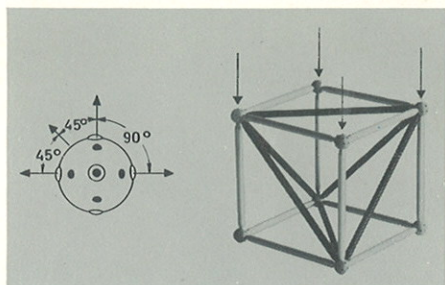
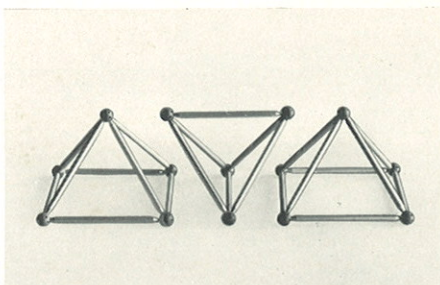
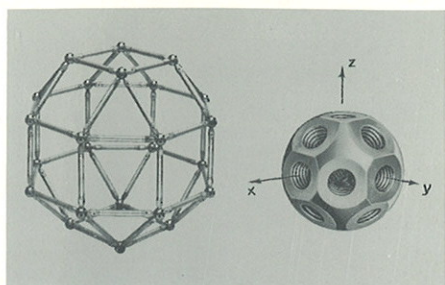


Vão	Módulo = s	Altura construtiva = h
até 15 m	2,0 - 3,0 m	1,0 até 1,5 m
de 15,0 - 27,5 m	2,4 - 3,0 m	de 1,5 - 2,1 m
de 27,5 - 36,0 m	3,0 - 3,6 m	de 2,1 - 2,5 m
de 36,0 - 50,5 m	3,0 - 4,8 m	de 2,5 - 4,0 m
de 50,5 - 100,0 m	4,0 - 6,0 m	de 3,6 - 4,8 m



3. - Modelos Plásticos MERO

Freqüentemente, em casos de estudos de estruturas espaciais complexas, é recomendável que o arquiteto recorra ao emprego de modelos estruturais reduzidos. Para esta finalidade foi desenvolvido o Kit de modelos MERO, constituído de esferas e barras com encaixe, de material plástico.



MERO®



Estruturas Tubulares Espaciais
Coberturas espaciais planas
e curvas para:
indústrias
supermercados
centros de esporte e convenções
arquibancadas
igrejas
torres
galpões desmontáveis

SEDE:

MANNESMANN S.A.
Depto. Estruturas Espaciais MERO
Av. Conde Francisco
Matarazzo, 838
Caixa Postal 190
09500 São Caetano do Sul / SP
Tel.: 453-3722
Tlx. (011) 4177



MANNESMANN S.A.