

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

Departamento de Arquitetura e Urbanismo

COBERTURAS

**NOTAS DE AULA DA DISCIPLINA SAP0653 - TECNOLOGIA DAS
CONSTRUÇÕES II**

Prof. Dr. João Adriano Rossignolo

Prof. Dr. Márcio Minto Fabrício

Assistente de ensino

Sofia Araújo Lima

São Carlos

2007

Sumário

1. Sistemas de coberturas: partes constituintes	03
1.1. Elementos constituintes.....	04
1.1.1. Cobertura.....	04
1.1.1.1. Telhas cerâmicas	05
1.1.1.2. Telhas de fibrocimento	14
1.1.1.3. Telhas de alumínio	20
1.1.1.4. Telhas de concreto	24
1.1.1.5. Telhas plásticas	28
1.1.1.6. Telhas de aço	30
1.1.1.7. Telhas de asfalto	32
1.1.2. Estrutura	35
1.1.2.1. Estruturas de madeira	35
1.1.2.2. Materiais utilizados	36
1.1.2.3. Partes constituintes da estrutura.....	38
1.1.3. Sistemas de captação de água pluvial	48
1.1.4. Outros elementos constituintes.....	50
2. Desempenho mínimo e requisitos para sistemas de coberturas	56
2.1. Tipologia e definições	57
2.2. Exigências dos usuários	59
2.3. Análise de desempenho	60
2.3.1. Desempenho estrutural	60
2.3.2. Segurança contra incêndio.....	63
2.3.3. Segurança no uso e na operação	65
2.3.4. Estanqueidade.....	68
2.3.5. Desempenho térmico	72
2.3.6. Desempenho acústico	75
2.3.7. Desempenho iluminífico	77
2.3.8. Durabilidade e manutenibilidade.....	77
2.3.9. Saúde, higiene e qualidade do ar	83
2.3.10. Funcionabilidade e acessibilidade	83

2.3.11. Adequação ambiental.....	84
2.4. Parâmetros e condições de conforto	84
Referências	91
Anexo – Exercício para desenho de telhados	93

Sistemas de coberturas: partes constituintes

Segundo a Morfologia das Estruturas (do Grego: *morfo* = forma, e *lógia* = Estudo), as coberturas são estruturas que se definem pela forma, observando as características de função e estilo arquitetônico das edificações. As coberturas têm como função principal a proteção das edificações, contra a ação das intempéries, atendendo às funções utilitárias, estéticas e econômicas.

Em síntese, as coberturas devem preencher as seguintes funções:

- Utilitárias: impermeabilidade, leveza, isolamento térmico e acústico;
- Estéticas: forma e aspecto harmônico com a linha arquitetônica, dimensão dos elementos, textura e coloração;
- Econômicas: custo da solução adotada, durabilidade e fácil conservação dos elementos.

O Projeto de norma 02:136.01.001/5 define “sistemas de coberturas” como sendo “Cobertura disposta no topo da construção, com as funções de assegurar salubridade e estanqueidade às águas pluviais, proteger [os] demais sistemas do edifício habitacional, ou elementos e componentes, da deterioração por agentes naturais, e contribuir positivamente para o conforto termo-acústico do edifício habitacional”.

Para a especificação técnica de uma cobertura ideal, o profissional deve observar os fatores do clima (calor, frio, vento, chuva, granizo, neve etc.), que determinam os detalhes das coberturas, conforme as necessidades de cada situação.

Entre os detalhes a serem definidos em uma cobertura, deverá ser sempre especificado, o sistema de drenagem das águas pluviais, por meio de elementos de

.....

.....

proteção, captação e escoamento, tais como: a) detalhes inerentes ao projeto arquitetônico: rufos, contra-rufos, calhas, coletores e canaletas; b) detalhes inerentes ao projeto hidráulico: tubos de queda, caixas de derivação e redes pluviais.

1.1. Elementos constituintes

Os elementos constituintes de um sistema de coberturas em telhados e suas funções principais são:

- Cobertura: constituído por telhas de diversos materiais (cerâmica, fibrocimento, concreto, metálica e outros) e dimensões, tendo a função de vedação;
- Estrutura: constituída geralmente por terças, caibros e ripas, tendo como função a sustentação das telhas e distribuição do seu peso no restante da estrutura do edifício;
- Captação de águas pluviais: constituídos geralmente por rufos, calhas, condutores verticais e acessórios, tendo como função a drenagem das águas pluviais.

1.1.1. Cobertura

O mercado oferece uma diversidade de materiais para telhamento de coberturas, cuja escolha na especificação de um projeto depende de diversos fatores, entre eles o custo que irá determinar o patamar de exigência com relação à qualidade final do conjunto, devendo-se considerar as seguintes condições mínimas:

- Deve ser impermeável, sendo esta a condição fundamental mais relevante;
- Resistente o suficiente para suportar as solicitações e impactos;
- Possuir leveza, com peso próprio e dimensões que exijam menos densidade de estruturas de apoio;
- Deve possuir articulação para permitir pequenos movimentos;

-
- Ser durável e devem manter-se inalteradas suas características mais importantes;
 - Deve proporcionar um bom isolamento térmico e acústico.

1.1.1.1. Telhas cerâmicas

As telhas cerâmicas são de uso mais corrente no Brasil, sobretudo em construções residenciais unifamiliares.

Conhecidas como telhas de barro (material do qual são produzidas) são, sem dúvida, as de uso mais tradicional no Brasil, devido em grande parte, a sua popularização. Basta dar uma olhada e você notará que estas telhas têm presença marcante na arquitetura brasileira.

Um dos motivos das telhas de cerâmica simples ser muito utilizadas é que praticamente não havia outra opção de escolha no passado, aliada ao fato, este presente, de serem encontradas com facilidade nas lojas de materiais de construção.

De acordo com YAZIGI (1998) *“a fabricação das telhas cerâmicas é feita quase que pelo mesmo processo empregado para os tijolos comuns. A moldagem pode ser feita por extrusão, seguida de prensagem, ou diretamente por prensagem. A secagem tem que ser mais lenta que para os tijolos comuns, ou seja, a retenção de água deve ser maior para diminuir a deformação”*. Ainda segundo este autor, as telhas devem ser fabricadas com maior cuidado que os tijolos, apresentando menores deformações, sendo mais compactas, mais leves e tão impermeáveis quanto possível.

Conforme seu tipo deve atender às disposições da norma “NBR 9601 – Telha cerâmica de capa e canal – Especificações” ou “NBR 7172 – Telha cerâmica tipo francesa – Especificações”.

.....

A estanqueidade e o desempenho térmico constituem os dois principais pontos para a avaliação de utilização de um telhado¹. Dentre as causas das falhas de adequabilidade a esses aspectos têm-se:

- grande número de juntas;
- deslocamento dos componentes durante fortes ventos (declividades e assentamentos inadequados);
- deslocamento das telhas decorrentes de deformações excessivas das estruturas de sustentação;
- projeto inadequado de arremates (encontro de telhados e paredes), extravasores de água, etc.;
- acúmulo de algas, líquens e musgos nos encaixes;
- trasbordamento de calhas e rufos.

O desenvolvimento de musgos nos telhados obstrui os ressaltos das telhas e provocam refluxo da água, tornando os telhados escuros, e as calhas podem sofrer obstruções. A mudança de cor avermelhada para tonalidades escuras do marrom aumenta a quantidade de calor de radiação gerado na cobertura e piora as condições de conforto térmico. Os musgos podem ser eliminados por meio da escovação e de lavagem das telhas com produtos tóxicos como, por exemplo, água sanitária e cloro. A escovação é recomendada para ser executada após os períodos de temporadas úmidas. No recebimento das telhas cerâmicas no canteiro não poderão ser aceitos defeitos sistemáticos como quebras, rebarbas, esfoliações, trincas, empenamentos, desvios geométricos em geral e não uniformidade de cor.

Cada caminhão entregue na obra será considerado como um lote para efeito de inspeção. Segundo SOUZA (1996), com exceção da espessura, que deve ser verificada em uma amostra de 13 peças retiradas aleatoriamente de cada lote, todas as demais propriedades são verificadas em amostras de 20 peças.

¹ CARDOSO, F. F. **Coberturas em telhados**: notas de aula. / Francisco Ferreira Cardoso (elab.). PCC/USP. São Paulo, 2000.

.....

.....

As telhas cerâmicas têm de ser estocadas na posição vertical, em até três fiadas sobrepostas. No caso de armazenamento em laje, verificar sua capacidade de resistência para evitar sobrecarga.

As telhas e os acessórios cerâmicos para coberturas seguem a norma NBR 15310/05 - Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio;

Os principais tipos de telhas são a francesa, a capa-e-canal e a plana (ou germânica), como mostra a Figura 01.

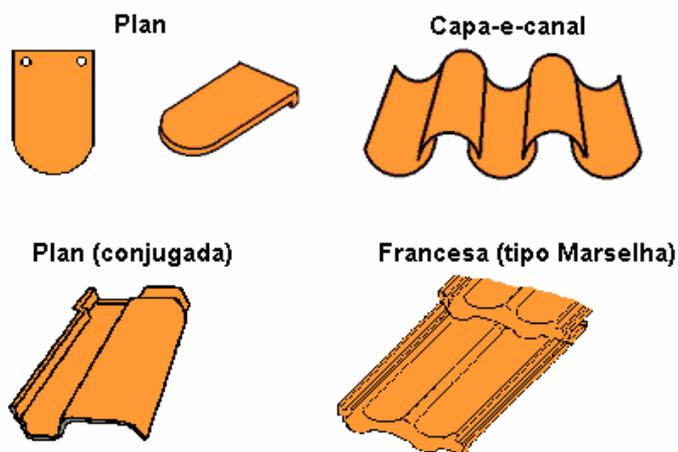


Figura 01 – Principais tipos de telhas cerâmicas. Fonte: UEPG, 2001.

As telhas são assentadas com o máximo cuidado e alinhadas perfeitamente (Figura 02). As cumeeiras e espigões são assentadas com argamassa de cimento, cal e areia no traço 1:2:8. Quando estas forem do tipo canal também as telhas dos beirais e os oitões devem ser emboçados. O consumo da argamassa é na ordem de 0,002 m³/m² de telhado.

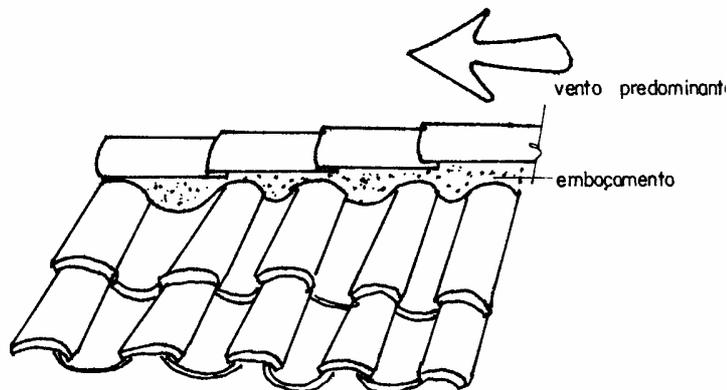


Figura 02 – Posicionamento da cumeeira. Fonte: Rossignolo e Fabrício, 2005.

Para inclinações de telhados acima de 45°, recomenda-se que as telhas sejam furadas para serem amarradas ao madeiramento, com arame galvanizado ou fio de cobre.

a) Telha francesa

Tem forma retangular, são planas e chatas, possuem numa das bordas laterais dois canais longitudinais. As telhas francesas são também conhecidas por telhas tipo *Marselha*. As telhas francesas são planas, com encaixes laterais e nas extremidades, com agarração para fixação às ripas (Figura 03). Pesam aproximadamente 2 kg e são necessárias 15 peças por metro quadrado de cobertura. As especificações se encontram na Tabela 01.

Tabela 01 – Especificações técnicas – Telha francesa

consumo	15 unid / m ²
peso	45 kgf/m ² - seca 54 kgf/m ² - saturada
dimensões (≅)	40 cm comprimento 24 cm largura
inclinação	33%
cumeeiras	3 unid / m

Fonte: FACENS, 2001.

.....

Para encaixe, nas bordas superiores e inferiores, utilizam-se cutelos em sentido oposto. Os encaixes em seus extremos servem para fixação e para evitar a passagem da água (Figura 04).

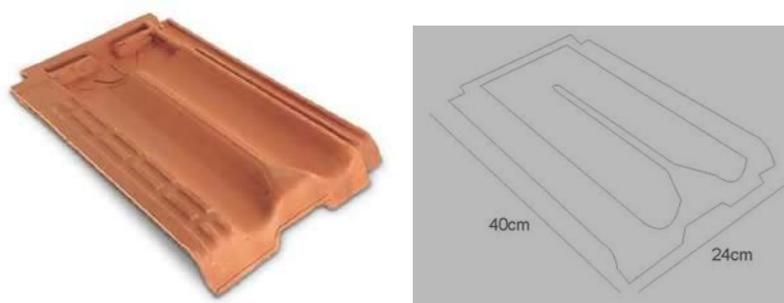


Figura 03 – Telha Francesa – detalhe e dimensões. Fonte: Cerâmicas União, 2007.

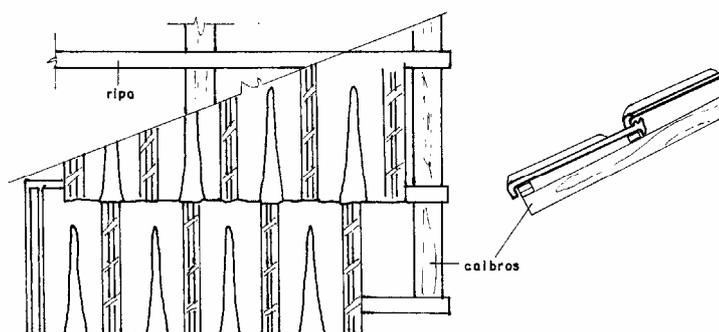


Figura 04 - Detalhe – Encaixe e suporte da telha francesa. Fonte: FACENS, 2001.

As normas técnicas dividem as telhas cerâmicas tipo Marselha em duas classificações, conforme sua resistência a uma carga aplicada sobre o centro da telha, estando ela sobre dois apoios:

- 1ª. categoria: resistência mínima de 85 kg;
- 2ª. categoria: resistência mínima de 70 kg.

Ainda segundo YAZIGI (1998), uma telha cerâmica, mesmo de 2ª. categoria, precisa resistir bem ao peso de um homem médio, estando apoiada nas extremidades.

.....

.....

Esse é um processo para verificar a qualidade no momento do recebimento, sendo que a espessura média para essas telhas é de 1 a 3 cm.

b) Telha “capa e canal”

Constituem-se de duas peças diferentes, **canal**, cuja função é de conduzir a água e **capa**, que faz a cobertura dos espaços entre dois canais (Figura 05).

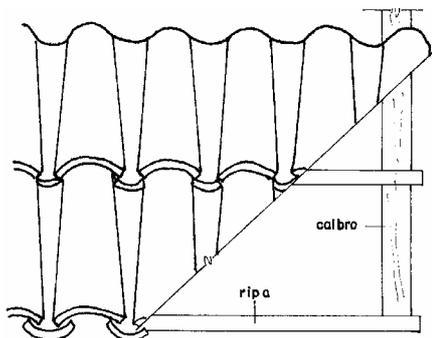


Figura 05 - Detalhe - Suporte da telha colonial. Fonte: FACENS, 2001.

A telha do tipo “capa e canal” possui algumas variações no tamanho e formato, dando origem a diversas nomenclaturas, que variam de acordo com a região do país e o fabricante. As nomenclaturas mais conhecidas, bem como suas particularidades, são as seguintes:

→ Colonial: Esta telha caracteriza-se por apresentar o mesmo tipo de peça para a capa e o canal (largura iguais), ou seja, capa e canal iguais. Inclinação mínima recomendável: 25%. Rendimento médio: 26 telhas/m² (Figura 06).



Figura 06 – Telha colonial. Fonte: Cerâmicas União, 2007.

.....

→ Colonial (Paulista): Caracteriza por apresentar a capa com largura ligeiramente inferior ao canal, conhecida como colonial redonda. Inclinação mínima recomendável: 25%. Rendimento médio: 26 telhas/m²(Figura 07).



Figura 07 – Telha colonial paulista. Fonte: Cerâmicas União, 2007.

→ Plan (Colonial): Caracteriza-se por apresentar a capa com largura ligeiramente inferior ao canal, que apresenta forma reta, conhecida como Colonial Quadrada. Inclinação mínima recomendável: 25%. Rendimento médio: 26 telhas/m² (Figura 08).



Figura 08 – Telha plan colonial. Fonte: Cerâmicas União, 2007.

→ Plan: É uma variação da telha tipo capa e canal, que apresenta formas retas, ou seja, capa e canal iguais. Conhecida como Planzinha. Inclinação mínima recomendável: 25%. Rendimento médio: 26 telhas/m²(Figura 09).

.....



Figura 09 – Telha plan. Fonte: Cerâmicas União, 2007.

A inclinação do telhado com telhas capa-e-canal varia de acordo com o vão, conforme mostra a Figura 10.

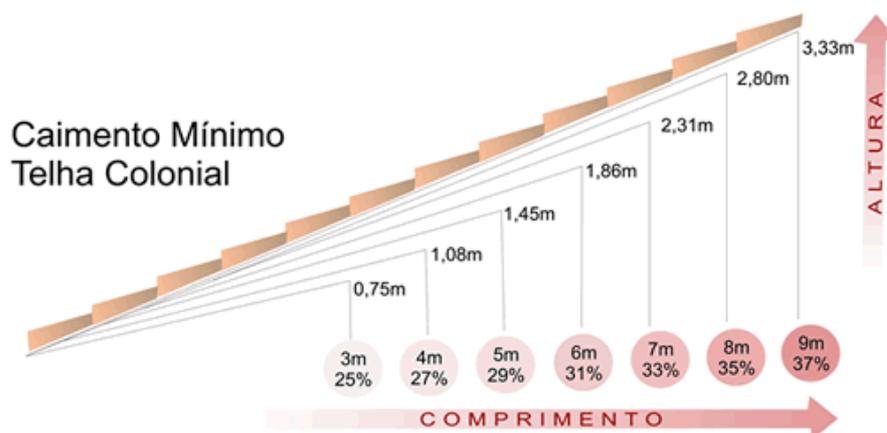


Figura 10 – Inclinação mínima – Telha colonial.
Fonte: Cerâmicas União, 2007.

c) Telha Conjugada

Esse tipo de telha é uma variação da telha capa-e-canal, uma vez que apresenta as duas faces unidas. Como vantagens, têm-se que se utilizam menos telhas por área de telhado e a colocação das peças, que se torna mais eficiente.

Os dois tipos de telhas conjugadas mais comuns são a romana e a portuguesa.

→ Portuguesa: Caracteriza-se por apresentar corpo arredondado, conhecida como Telha Dupla. Inclinação mínima recomendável: 35%. Rendimento médio: 16 telhas/m² (Figura 11 e 12).



Figura 11 – Telha portuguesa. Fonte: Cerâmicas União, 2007.

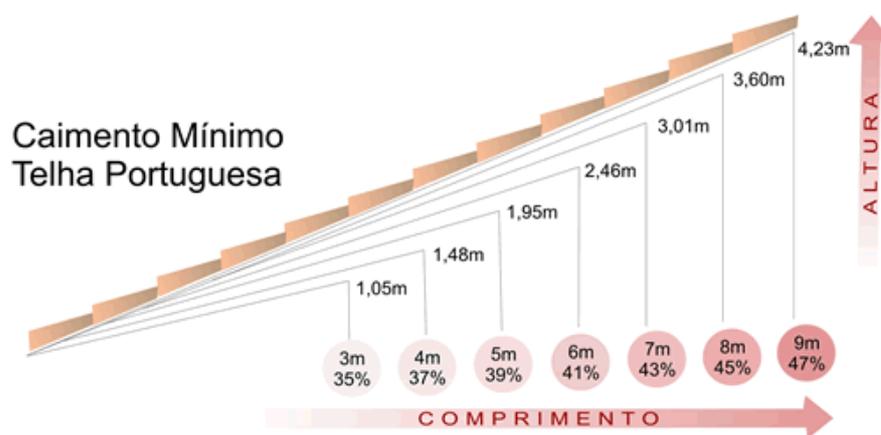


Figura 12 – Inclinação mínima – Telha Portuguesa / Americana.
Fonte: Cerâmicas União, 2007.

→ Romana: O formato da telha romana, como o próprio nome indica, foi herdada dos romanos, que por sua vez a adaptaram dos antigos gregos. Possui formato plano. Inclinação mínima recomendável: 35%. Rendimento médio: 16 telhas/m² (Figura 13).

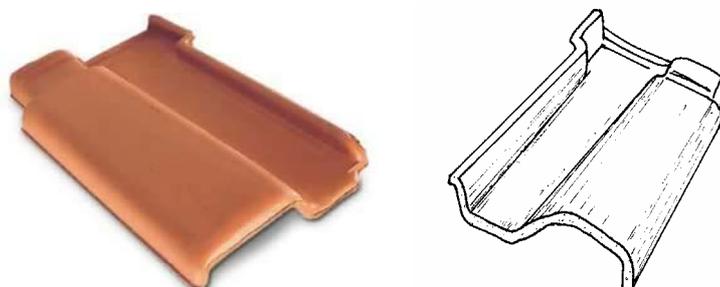


Figura 13 – Telha romana. Fonte: Cerâmicas União, 2007.

d) Telha Plana

A telha plana, também conhecida como germânica, tem origem na regiões nórdicas da Europa, onde os telhados necessitam de grande inclinação ($i > 45\%$) para evitar o acúmulo de neve por sobre as casas (Figura 14).

A montagem desse tipo de telha é feita em escamas de peixe com as seguintes características:

- 30 telhas por m^2
- peso unitário: 1.475g
- inclinação mínima: 45%,

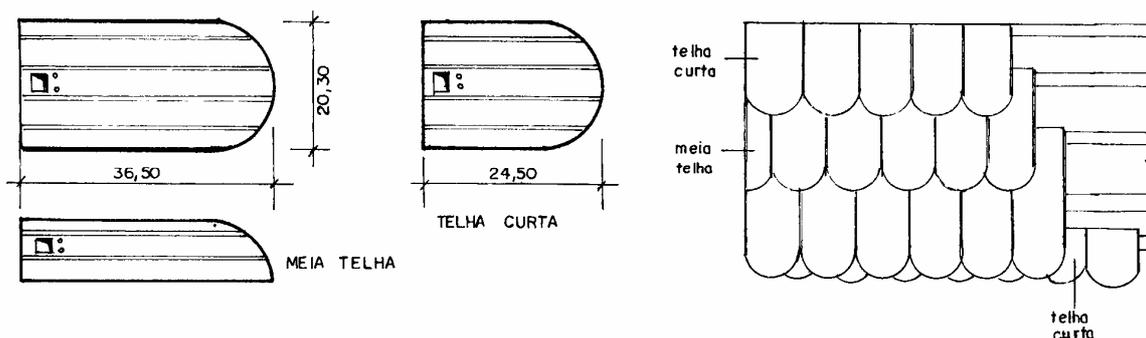


Figura 14 – Detalhes – Telha Plana Germânica. Fonte: FACENS, 2001.

1.1.1.2. Telhas de fibrocimento

Depois das telhas de barro, as telhas de fibrocimento são as mais conhecidas dos brasileiros². Constituídas por fibras de amianto e cimento, estas telhas são fabricadas em diversos modelos, tamanhos e espessuras. Pelo baixo custo dos telhados executados com as telhas onduladas de fibrocimento, estas são bastante utilizadas em edifícios habitacionais de padrão popular, inclusive unifamiliares, embora não

² ETERNIT. **Catálogo:** Telhas de fibrocimento. Disponível em: <<http://www.eternit.com.br/>>. Acesso em 5 ago. 2007.

.....

proporcionem adequado conforto, sobretudo térmico. Juntamente com as telhas de aço, são bastante empregadas em edifícios comerciais e industriais.

As telhas de fibrocimento são muito versáteis e apresentam como diferencial a possibilidade de vencer vãos consideráveis sem o uso de apoios intermediários. Com isto, tem-se um ganho de espaço interno e redução de custos na estrutura de suporte do telhado. Alguns modelos autoportantes permitem vencer vãos livres (distância entre apoios) superiores a 6,0m e a execução de coberturas quase que horizontais.

Algumas características das telhas de fibrocimento são:

- fabricadas com cimento portland e fibras de amianto³, sob pressão;
- incombustíveis, leves, resistentes e de grande durabilidade;
- fácil instalação, existindo peças de concordância e acabamento, e exigindo estrutura de apoio de pouco volume;
- perfis variados e também autoportantes, com até 9,0 m de comprimento.

As telhas e os acessórios de fibrocimento para coberturas seguem as seguintes normas:

- NBR 12800/93 - Telha de fibrocimento, tipo pequenas ondas;
- NBR 12825/93 - Telha de fibrocimento, tipo canal;
- NBR 15210-1/05 - Telha ondulada de fibrocimento sem amianto e seus acessórios - Parte 1 - Classificação e requisitos;
- NBR 5640/95 - Telha estrutural de fibrocimento;
- NBR 5642/93 - Telha de fibrocimento - Verificação da impermeabilidade;
- NBR 5643/83 - Telha de fibrocimento - Verificação da resistência a cargas uniformemente distribuídas;

³ **Fibras de amianto (ou asbestos):** Tem origem mineral e são compostos de filamentos delicados, flexíveis, resistentes e incombustíveis. São utilizados na construção de refratários, como churrasqueiras e fornos, e na composição do fibrocimento em caixas d'água, telhas e algumas peças complementares.

.....

-
- NBR 6468/93 - Telha de fibrocimento - Determinação da resistência à flexão;
 - NBR 6470/93 - Telha de fibrocimento - Determinação da absorção de água;
 - NBR 7196/83 - Folha de telha ondulada de fibrocimento;
 - NBR 7581/93 - Telha ondulada de fibrocimento;
 - NBR 8055/85 - Parafusos, ganchos e pinos usados para a fixação de telhas de fibrocimento - Dimensões e tipos;
 - NBR 9066/85 - Peças complementares para telhas onduladas de fibrocimento - Funções, tipos e dimensões.

O recobrimento lateral é de $\frac{1}{4}$ de onda. O recobrimento mínimo longitudinal é de 14 cm. As telhas com comprimento superior a 1,83 m (de 6 mm) e de 2,13 m (de 8 mm) exigem terça intermediária de apoio.

Apoiadas em estrutura de madeira, metálicas ou de concreto, as telhas podem ser fixadas com acessórios apropriados, fornecidos pelo fabricante. Tal fixação é feita com ganchos, parafusos e grampos de ferro zincado, com utilização de conjunto de arruelas elásticas de vedação, massa de vedação e cordões de vedação. As telhas precisam apresentar a superfície das faces regular e uniforme, bem como obedecer às especificações de dimensões, resistência à flexão, impermeabilidade e absorção de água. A observação de trincas, quebras, superfícies das faces irregulares, arestas interrompidas por quebras, caroços, remendos e deformações, será feita visualmente, inspecionando as amostras retiradas de cada lote.

Apresentam várias tipologias, tamanhos e espessuras, mas as mais comuns são a do tipo ondulada e a do tipo canaleta.

→ Ondulada: utilizada como cobertura em obras de pequeno porte e como fechamento lateral em galpões e edificações industriais (Figura 15). Pode ser encontrada com 6 e 8mm de espessura, e vence vãos até 3,66m com 2 ou 3 apoios. A Tabela 02 apresenta algumas características da telha de fibrocimento tipo Ondulada.

Tabela 02 – Características – Telha ondulada

Vão livre máximo (m)	1.69 (6mm) e 1.99 (8mm)
Largura total (m)	1,1
Largura útil (m)	1,05
Peso médio (Kgf/m ²)	18 (6mm) e 24 (8mm)
Balanço máximo (m)	0,4
Balanço mínimo (m)	0,25
Inclinação mínima com recobrimento	9% (5°)

Fonte: ETERNIT, 2007.

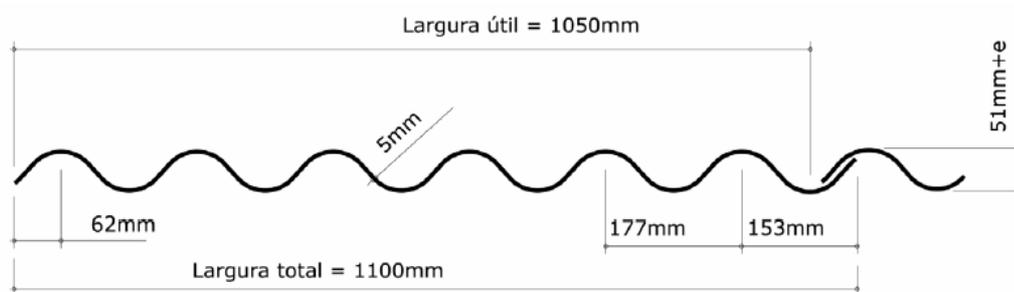


Figura 15 – Seção transversal – telha ondulada. Fonte: ETERNIT, 2007.

→ Canaleta: Encontrada com 8 mm de espessura, vence vãos até 5,5m com apenas 2 apoios. Pode ter largura útil de 49 ou 90 cm (Figuras 16 e 17).

A Tabela 03 apresenta algumas características da telha de fibrocimento tipo Canaleta.

Tabela 03 – Características – Telha tipo Canaleta

	Canaleta 49	Canaleta 90
Vão livre máximo (m)	5,5	7,0
Largura total (m)	0,521	1,008
Largura útil (m)	0,490	0,908
Peso médio (Kgf/m ²)	24	24
Balanço máximo (m)	1,50	2,00
Balanço mínimo (m)	0,20	0,20
Inclinação mínima com recobrimento	5% (3°)	9% (5°)

Fonte: ETERNIT, 2007.

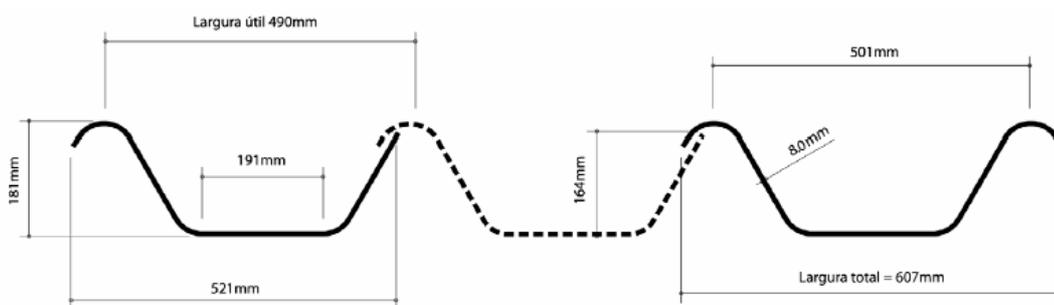


Figura 16 – Seção transversal – telha tipo Canaleta 49. Fonte: ETERNIT, 2007.

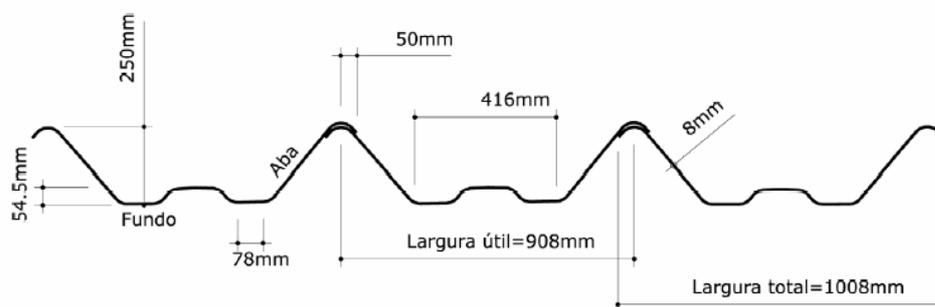


Figura 17 – Seção transversal – telha tipo Canaleta 90. Fonte: ETERNIT, 2007.

.....

Alguns fabricantes já se encontram adaptados à norma NBR 15210-1, fornecendo telhas com CRFS - Cimento Reforçado com Fio Sintético em substituição ao amianto.

No Brasil, o amianto tem sido empregado em vários produtos, principalmente na indústria da construção civil (telhas, caixas d'água de cimento-amianto etc.) e em outros setores e produtos, como guarnições de freio (lonas e pastilhas), juntas, gaxetas, revestimentos de discos de embreagem, tecidos, vestimentas especiais, pisos, tintas e outros.

O Canadá, segundo maior produtor mundial de amianto, é o maior exportador desta matéria-prima, mas consome muito pouco em seu território (menos de 3%). Tal fato aponta para uma diferença na produção e consumo do amianto entre os países do Norte e do Sul, em especial, o Brasil. Sabe-se que o amianto é uma fibra comprovadamente cancerígena, e o amianto é um exemplo de como estes países transferem a produção a populações que desconhecem os efeitos nocivos deste produto, enquanto para eles buscam outras alternativas menos perigosas, recorrendo à política do duplo-padrão (*double-standard*): produção e comercialização de produtos proibidos nos países desenvolvidos e liberados para os países em desenvolvimento (ABREA, 2007).

Entre as doenças relacionadas ao amianto estão a asbestose (doença crônica pulmonar de origem ocupacional), cânceres de pulmão e do trato gastrintestinal e o mesotelioma, tumor maligno raro que pode atingir tanto a pleura como o peritônio, e tem um período de latência em torno de 30 anos.

Destas doenças, poucas foram caracterizadas como ocasionadas pela exposição ao amianto no Brasil. Menos de uma centena de casos estão citados em toda a literatura médica nacional do século XX. Tais fatos tornam essas patologias invisíveis aos olhos da sociedade, levando a um adiamento de decisões políticas que levem ao banimento e proibição do uso do amianto no Brasil.

.....

1.1.1.3 Telhas de alumínio

As telhas de alumínio são também empregadas em coberturas e revestimentos de edificações não-residenciais. A razão desse uso crescente reside nas características e vantagens das telhas de alumínio em relação aos outros materiais, tais como:

→ Leveza: Devido ao baixo peso específico (2,7 kg/dm³), equivalente a 1/3 do aço, o alumínio usado na fabricação de telhas proporciona vantagens, tais como, reduzir o peso próprio da cobertura, não comprometendo os esforços permanentes da estrutura;

→ Resistência à corrosão: O alumínio é um material que tem elevada resistência à corrosão atmosférica, o que garante às telhas uma longa vida útil, superior às outras telhas metálicas.

→ Refletividade: As telhas de alumínio, em acabamento natural ou pintadas em cores claras, têm alto poder de reflexão dos raios solares incidentes, reduzindo a temperatura interna das instalações.

→ Resistência Mecânica: As ligas de alumínio apresentam grande resistência mecânica, o que permite o uso de chapas muito finas na confecção de telhas, tornando-as leves, econômicas e seguras.

→ Economia: As telhas de alumínio são fornecidas em qualquer comprimento, sob encomenda, e em até 12 metros. Isso reduz as sobreposições longitudinais, com economia de material, fixadores e elementos de vedação.

→ Reciclabilidade.

As telhas e os acessórios de alumínio seguem as seguintes normas:

→ NBR 14331/03 - Alumínio e suas ligas - Telhas (chapas corrugadas) – Requisitos;

→ NBR 15143/04 - Alumínio e suas ligas - Acessórios de telhas – Requisitos;

.....

.....

→ NBR 15196/05 - Alumínio e suas ligas - Projetos, instalações e aplicações de telhas e acessórios.

Comumente, dispõe-se de dois tipos de telhas de alumínio no mercado, a de perfil ondulado e a trapezoidal (Figura 18). O perfil ondulado é utilizado para coberturas de inclinação constante e, principalmente, em coberturas do tipo arco. As telhas de perfil trapezoidal podem ser utilizadas em grandes coberturas com inclinação constante e em fechamentos laterais.

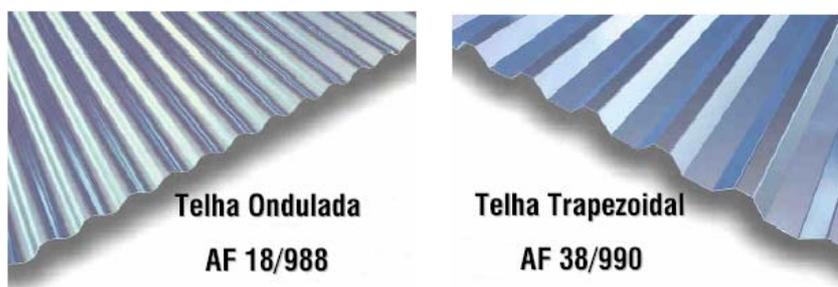


Figura 18 – Perfil ondulado e trapezoidal – telha de alumínio. Fonte: CBA, 2006.

Além das telhas, o sistema de cobertura em telhas de alumínio possui acessórios específicos, como calhas, cumeeiras e rufos, conforme Figura 19.

As telhas de alumínio permitem aplicação de pintura, do tipo eletrostática ou pintura por anodização.

A pintura eletrostática consiste na aplicação de uma tinta em pó eletrizada, que ao entrar em contato com o alumínio aterrado, adere à superfície. Após a pintura, o perfil passa por um forno a alta temperatura, onde a tinta se funde à peça. Os dois tipos de tinta utilizados para pintura eletrostática são as tintas de poliéster Classe I (à base de resinas poliéster *TGIC Superduráveis* - tipo mais utilizado no Brasil) e a de poliéster Classe II (maior dureza e menor flexibilidade em relação à classe I).

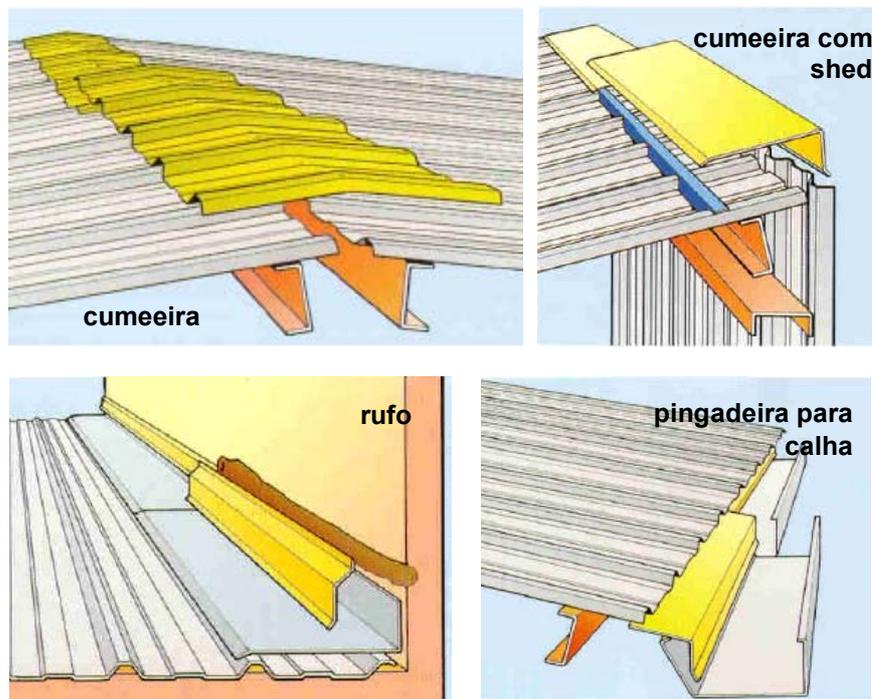


Figura 19 – Acessórios – telha de alumínio. Fonte: ALCOA, 2000.

Já a anodização consiste em um processo eletrolítico que promove a formação de uma camada controlada e uniforme de óxido na superfície do alumínio. Após a etapa de anodização, para a qual a peça deve estar limpa e neutralizada, segue a etapa de coloração, quando ocorre a deposição eletrolítica de um metal nos poros existentes na camada de óxido formada, possibilitando uma grande variedade de cores para fins estéticos e arquitetônicos. As camadas de pintura anodizada podem ser executadas com espessuras variáveis (Tabela 04), de acordo com o ambiente onde serão instaladas as telhas, conferindo assim, maior durabilidade.

Tabela 04 – Classes de espessura para pintura anodizada em perfis de alumínio

Classe	Espessura da Camada (μm)	Nível de agressividade	Ambiente Típico
A13	11 a 15	Baixa/ média	Urbano / rural
A18	16 a 20	Alta	Litorâneo
A23	21 a 25	Excessiva	Industrial / marítimo

Fonte: STARCOLOR, 2007

.....

Além do acabamento de pintura, que protege a telha de alumínio das intempéries, conferindo maior durabilidade, há ainda a possibilidade de utilizar a telha com materiais isolantes acústicos, o que proporciona melhor conforto ambiental para as edificações.

O metal alumínio possui características que facilitam a reflexão dos raios solares, propiciando maior conforto térmico na área interna dos ambientes e maior economia com os sistemas de condicionamento de ar. Possui também baixa emissividade, que caracteriza metais com pouca absorção e transmissão de calor da superfície para o ambiente interno. No alumínio, o calor que incide na superfície externa da telha reflete para o lado externo.

Mesmo com essas características, pode-se ainda, dotar as telhas de alumínio de camadas de material isolante, ainda no processo industrial ou durante a execução do telhado. As telhas “sanduíche” com camada interna de poliuretano são utilizadas para isolamento térmico dos ambientes (Figura 20). O poliuretano é um material auto-extinguível em caso de incêndio e amplia a resistência mecânica do sistema quando aplicado em telhas de alumínio.

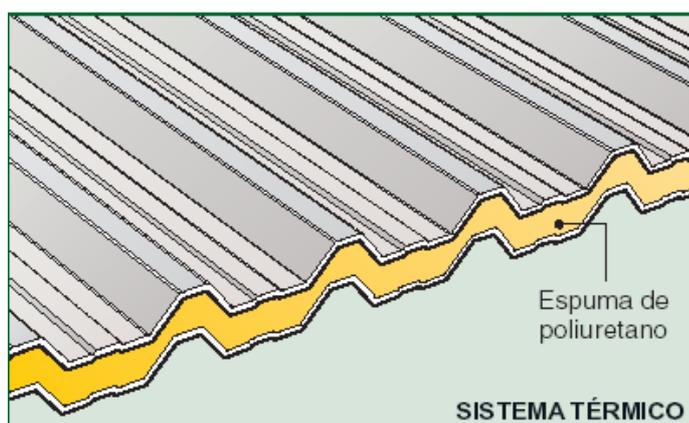


Figura 20 – Telha sanduíche com camada interna de poliuretano. Fonte: CBA, 2006.

Há também a possibilidade de isolamento termo-acústico com o uso de mantas de material isolante (lã de vidro, lã de rocha ou poliestireno expandido) entre duas camadas de telha de alumínio (Figura 21). Em casos de incêndio, tanto a lã de rocha

.....

.....

quanto o poliestireno são considerados materiais seguros, por se auto-extinguirem em presença de fogo.

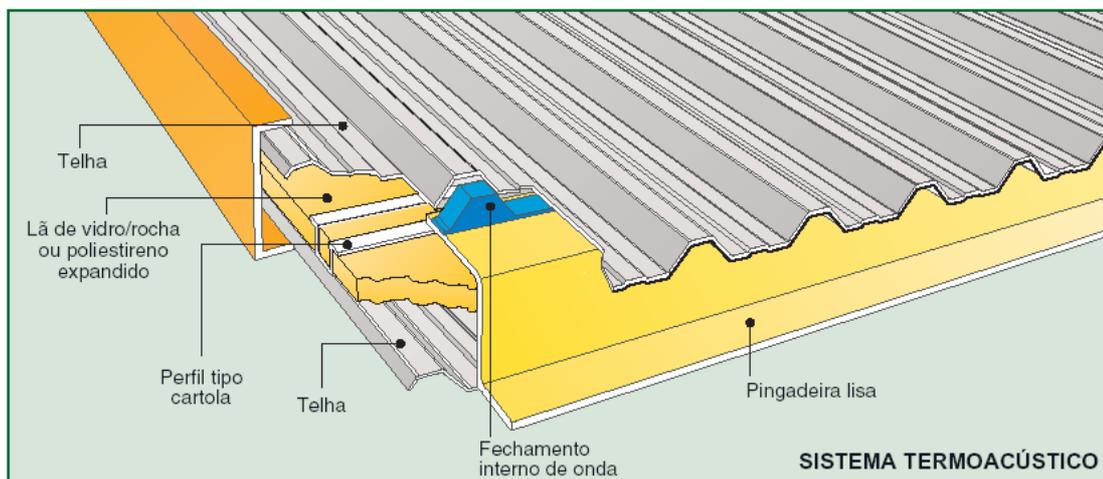


Figura 21 – Manta de lã de vidro, lã de rocha ou poliestireno expandido sob camada dupla de telhas de alumínio. Fonte: CBA, 2006.

1.1.1.4. Telhas de concreto

As telhas de concreto são fabricadas a partir de uma mistura composta basicamente de cimento, agregados, aditivos e pigmentos corantes. Têm uso ainda limitado no Brasil, sendo empregadas sobretudo em edifícios de médio e alto padrão.

Segundo catálogo do fornecedor (TÉGULA, 2006) esta telha apresenta uma espessura média de 12 mm, absorção de água entre 7 a 10% e resistência mínima à flexão de 300 kg. Apresenta como vantagens:

→ Alta impermeabilidade: baixa absorção de água das telhas de concreto, que podem ainda, ter uma camada de verniz acrílico, evitando acúmulo de água, eflorescência e escurecimento das peças;

→ Diversidade de cores;

.....

→ Resistência à maresia e granizo;

→ Conforto térmico: As telhas de concreto garantem um bom conforto térmico por terem baixo índice de condutividade térmica e alta refletância ao sol. Os acabamentos claros (cor marfim ou cinza) desenvolvem até 5 graus centígrados abaixo de uma telha cerâmica convencional;

→ Menor Peso / m²: o metro quadrado com apenas 49 kg em média e 10,4 telhas proporciona um dos telhados mais leves do mercado, eliminando necessidade de reforço no madeiramento;

→ Maior resistência: a alta resistência do concreto e a tecnologia utilizada na produção possibilitam uma resistência superior a 250 kg. Eliminando a quebra de telhas durante a instalação e aumentando a vida útil do telhado.

As telhas e os acessórios de alumínio seguem as normas:

→ NBR 13858-1/97 - Telhas de concreto - Parte 1: Projeto e execução de telhados;

→ NBR 13858-2/97 - Telhas de concreto - Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio.

As telhas de concreto podem ser fabricadas em diversos tipos, sendo os dois mais comuns, a telha clássica e a plana, exemplificadas na Figura 22.



Figura 22 – Telhas de concreto tipo Plana e Clássica. Fonte: TÉGULA, 2006.

Para a colocação das telhas de concreto do tipo clássica devem ser seguidos os mesmos critérios para as telhas capa-e-canal, observando o espaçamento mínimo entre as terças e ripas e obedecendo a inclinação mínima de 30%. Para a telha do tipo plana, a inclinação mínima é de 50%. A Tabela 05 mostra as especificações técnicas aplicáveis às telhas de concreto.

Tabela 05 – Especificações técnicas – Telha de concreto

	Clássica	Plana
consumo	10,4 unid / m ²	10,4 unid / m ²
peso	49 kgf/m ² - seca	54 kgf/m ² - seca
	54 kgf/m ² - saturada	60 kgf/m ² - saturada
dimensões (≅)	32 cm comprimento	32 cm comprimento
	30 cm largura	30 cm largura
inclinação	30%	50%
cumeeiras	3 unid / m	3 unid / m

Fonte: TÉGULA, 2006.

Para a instalação das telhas, recomenda-se uma distância entre ripas de 32cm, conforme Figura 00. Para os acabamentos de cumeeira e bordas dos telhados, as telhas de concreto possuem acessórios específicos, conforme Figura 23 e 24.

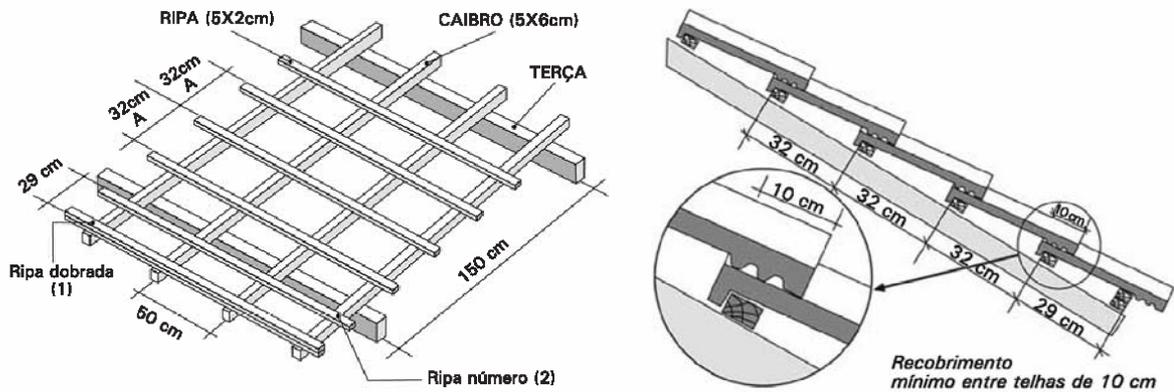


Figura 23 – Fixação e encaixe – telhas de concreto. Fonte: TÉGULA, 2006.

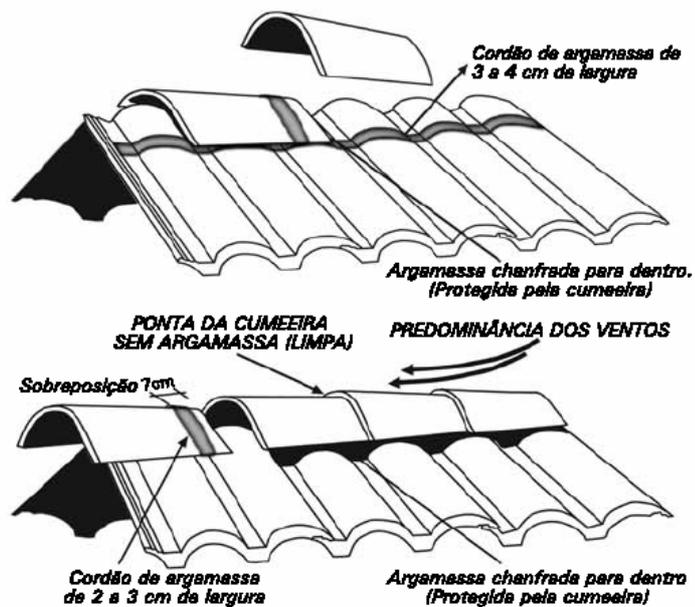


Figura 24 – Detalhe cumeeira - telhas de concreto tipo clássica. Fonte: Tégula.

A cumeeira do telhado tipo plano são montados sem sobreposição, fazendo necessário o uso de manta de impermeabilização sob a fiada de cumeeira, segundo Figura 25.

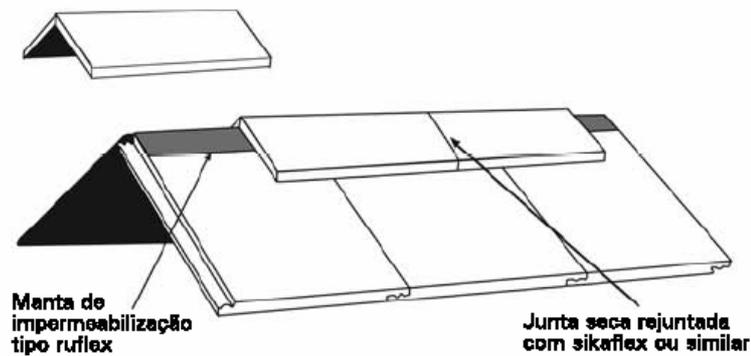


Figura 25 – Detalhe cumeeira - telhas de concreto tipo plana. Fonte: TÉGULA, 2006.

1.1.1.5. Telhas plásticas

As telhas plásticas podem ser encontradas em chapas onduladas e trapezoidais, translúcidas e opacas e em cores. Podem ser fabricadas em PVC, poliéster, polipropileno ou fibra de vidro (*fiberglass*) semelhantes às telhas de fibrocimento (Figura 26), como também em placas de telhas conjugadas, semelhantes às telhas capa e canal (Figura 27).

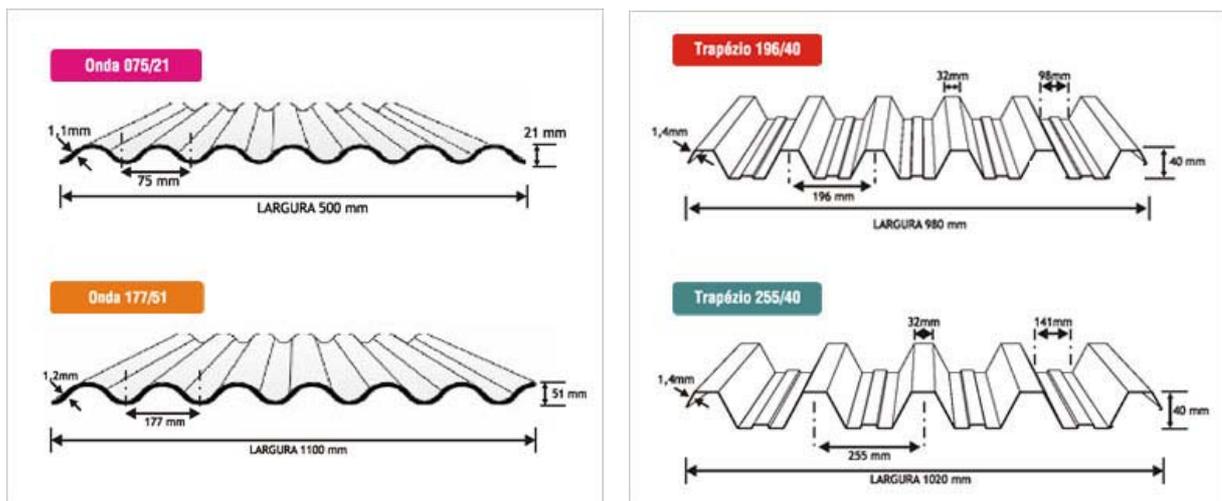


Figura 26 – Telhas translúcidas de polipropileno. Fonte: ATCO PLÁSTICOS, 2007.

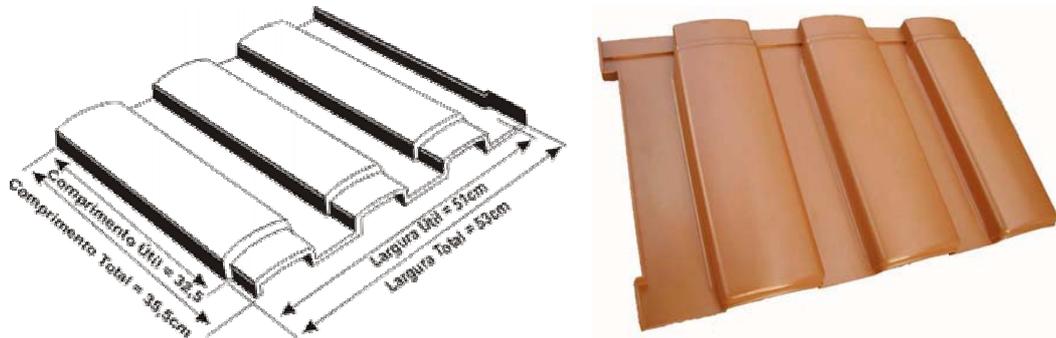


Figura 27 – Telhas plásticas conjugadas. Fonte: TELHA LEVE, 2007.

O peso varia de 1,4 kg/m² a 1,8 kg/m². São incolores, translúcidas, flexíveis, resistentes a gases industriais, óleo e agentes químicos. Sua utilização básica se dá em coberturas, com o objetivo de aumentar a luminosidade (iluminação zenital) do ambiente (YAZIGI,1998).

As telhas em painéis ondulados e trapezoidais são encontradas em diversos materiais, em placas de tamanhos padronizados, variando de acordo com o fabricante. Alguns dos perfis mais utilizados encontram-se na Tabela 06.

Tabela 06 – Perfis - Telha em chapa de poliéster

Perfil / Tipo	Altura Onda (1)	Entre Onda (2)	Largura Total	Modelo
Alumínio / Vogatex	17 mm	76 mm	530x910 mm ou 1060x1120 mm	
Amianto	51 mm	177 mm	930x1100 mm	
Max Plac	125 mm	350 mm	1060 mm	
Trapezoidal	38 mm	172 mm	1100 mm	
Grega	20 mm	75 mm	1100 mm	

Fonte: ANCAPLAST, 2007.

.....

As telhas de polipropileno suportam temperaturas de até 80°C, podem ter película contra raios tipo UV e proporcionam 70% de iluminação natural. Outras cores fornecem maior ou menor intensidade de luz, de acordo com a Tabela 07.

Tabela 07 - Passagem de luz e calor de acordo com as cores das telhas

Cores	Luz	Calor
Incolor	84%	70%
Branco Leitoso	56%	44%
Azul	46%	60%
Verde	58%	55%
Amarelo	45%	45%
Vermelho	57%	60%

Fonte: ANCAPLAST, 2007.

As telhas plásticas conjugadas, semelhantes às coloniais, possuem a vantagem de menor peso próprio em relação à estas, com opção de acabamento semelhante às telhas cerâmicas.

Essas telhas, produzidas a partir da injeção de uma blenda de resinas poliméricas com Carbonato de Cálcio (CaCO₃), pesam menos de 6,00 kg/m², o que corresponde a aproximadamente 10 vezes menos que as telhas de barro. As telhas possuem aditivos de Proteção Anti-UV (raios ultravioleta), proporcionando resistência à radiação solar. Podem ser confeccionadas em várias cores ou em material translúcido. Em relação a estrutura de sustentação, utilizam 1/3 do madeiramento necessário para um telhado semelhante, confeccionado com telhas cerâmicas. A fixação é feita através de abraçadeiras de *nylon* que prendem a telha na estrutura, não permitindo que as telhas se desloquem, mesmo com ventos fortes.

1.1.1.6. Telhas de aço

As telhas de aço têm uso predominante em edifícios comerciais e industriais e o material básico para a fabricação de seus perfis é a chapa de aço apropriada para

.....

.....

moldagem a frio, zincada ou pintada com material sintético (MENEGUETTI, 1994). Da mesma forma que as telhas de fibrocimento e as plásticas, as telhas de aço zincado também são confeccionadas em perfis ondulados e trapezoidais (Figura 28).



Figura 28 – Perfis de telhas de aço zincado. Fonte: PERKROM.

O zinco é o metal mais utilizado em condições de exposição atmosférica, usado tanto em forma de chapas como em peças fundidas, mas sua aplicação mais importante é como revestimento de proteção contra a corrosão de estruturas de aço.

A proteção pelo uso de zinco consiste em combinar o zinco com o ferro, resultando no zinco como anodo e o ferro como cátodo, prevenindo assim a corrosão do ferro, uma vez que o zinco atua como uma barreira protetora evitando a entrada de água e ar atmosférico, além de sofrer corrosão antes do ferro. Este tratamento garante à peça uma maior durabilidade, já que a corrosão do zinco é de 10 a 50 vezes menor que do aço, em áreas industriais e rurais, e de 50 a 350 vezes em áreas marinhas⁴.

A galvanização, também denominada de zincagem por imersão a quente, consiste na imersão da peça em um recipiente com zinco fundido a 460°C. O zinco adere à superfície do aço através da formação de uma camada de liga Fe-Zn, sobre a qual se deposita uma camada de zinco puro, de espessura correspondente à agressividade do meio ao qual a peça será submetida. Para garantir uma proteção ainda maior contra a corrosão, costuma-se aplicar tintas sobre as superfícies zincadas.

⁴ **Proteção contra corrosão.** Disponível em: <www.metallica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=159> . Acesso em 15 jul. 2007

.....

.....

Por esse motivo a pintura eletroquímica (aço zincado por imersão à quente) atua como uma proteção ao aço por ação catódica, sendo mais eficiente que as pinturas convencionais⁵ de base líquida.

1.1.1.7. Telha de asfalto coberta por grânulos (tipo “*shingle*”)

Apresentando características bastante particulares, e com uso ainda limitado no Brasil, as telhas de asfalto coberta por grânulos (tipo *shingle*) foram desenvolvidas para que o telhado pudesse receber várias águas sem a necessidade de emendas. Seu sistema de cobertura é formado por componentes específicos, exigindo um projeto especialmente desenvolvido, devendo-se considerar conjuntamente a estrutura e os outros componentes que dele fazem parte e que também assumem características particulares.

O sistema de cobertura tipo *shingle* é formado por 7 (sete) camadas, como segue:

1ª. camada - estrutura de suporte: composta por tesouras (no caso de vãos abertos, sem laje), ou pontaletes (quando feitos sobre lajes);

2ª. camada - base de madeira: é constituída por uma chapa de compensado, base direta da telha, sobre a qual a mesma será fixada através de pregos (Figura 29);

3ª. camada - subcobertura: manta impermeabilizante de fibras de polietileno, utilizada para assegurar proteção e vedação à base, ao mesmo tempo não permitindo a condensação de água na interface madeira-manta, através da migração de umidade;

⁵ **Eletroquímica – proteção catódica:** O metal será protegido catodicamente se na tinta de fundo for incluída uma quantidade suficiente de um metal mais negativo como o zinco (~95%, quantidade satisfatória para que o substrato contate as partículas de zinco). Informação disponível em: <www.abcem.org.br/galvanize/artigo.php>. Acesso em 16 jul. 2007.



Figura 29 – Fixação das telhas *shingle* sobre a base de madeira.
Fonte: TC SHINGLE, 2007.

4ª. camada - telhas tipo *shingle*

5ª. camada - sistema de ventilação: sendo composto por uma abertura na cumeeira, painéis de vinil, canaletas de poliestireno localizadas sob o compensado, direcionando a circulação de ar dos painéis de vinil até a cumeeira. A ventilação é essencial neste tipo de cobertura, uma vez que não há passagem de ar através das telhas tipo *shingle*. Geralmente a ventilação é dimensionada para obter 1,00 m² de abertura na cumeeira a cada 150 m² de área coberta (Figura 30);



Figura 30 – Sistema de ventilação – telha *shingle*. Fonte: TC SHINGLE, 2007.

.....

6ª. camada - manta de fibra de vidro: contribui para melhorar o desempenho térmico do sistema;

7ª. camada - coletor de águas pluviais: o sistema de coleta de águas pluviais geralmente é análogo aos utilizados nos telhados convencionais, ou seja, composto por rufos, calhas e condutores verticais, se necessários. Nesta parte do telhado, normalmente considerada crítica, as próprias telhas sobrepõem-se proporcionando além de estanqueidade, bom acabamento estético. Elimina-se, portanto, calhas e rufos (Figura 31).



Figura 31 – Calhas executadas com telhas *shingle*. Fonte: TC SHINGLE, 2007.

A telha tipo *shingle* é uma manta asfáltica composta por elementos descontínuos, que possui na composição camadas a base de asfalto, fibra de vidro e acabamento superficial em grânulos ceramizados, lâmina de cobre ou titânio-zinco (Figura 32).

Os grânulos são feitos de material cerâmico, podendo ter diversas cores. Os grânulos são também responsáveis pela resistência à abrasão e ao fogo. Para evitar a proliferação de algas e fungos é necessário se ter camada superficial de óxido de cobre.

A sobreposição das *shingles* varia normalmente entre 4 a 7 polegadas (10 a 17,8 cm) conforme o tipo. O peso varia entre 9 a 11 Kg/m² e a inclinação do telhado pode variar entre 15° a 90°, sem prejuízos para o sistema.

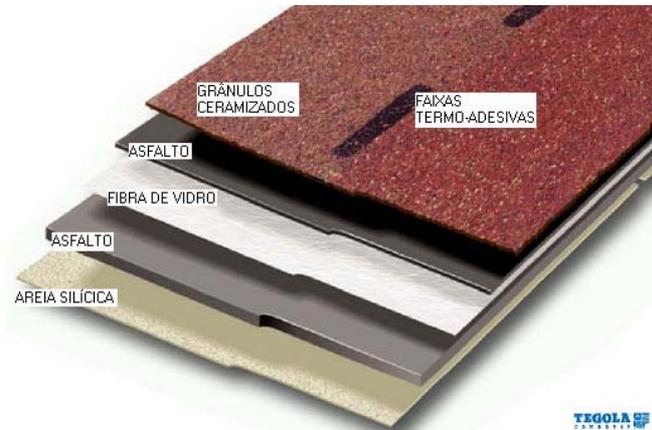


Figura 32 – Camadas - telhas *shingle*. Fonte: Fonte: TC SHINGLE, 2007.

1.1.2. Estrutura

A estrutura dos telhados tem como funções principais a sustentação e fixação das telhas e a transmissão dos esforços solicitantes para os elementos estruturais, garantindo assim a estabilidade do telhado.

1.1.2.1. Estruturas de madeira

A trama é a estrutura que serve de sustentação e fixação das telhas. Para telhas com pequenas dimensões, tais como as telhas cerâmicas e de concreto, a trama geralmente é constituída por terças, caibros e ripas de madeira (Figura 33). Para telhas de dimensões maiores, tais como as telhas metálicas, plásticas e de fibrocimento, é possível eliminar os caibros e ripas.

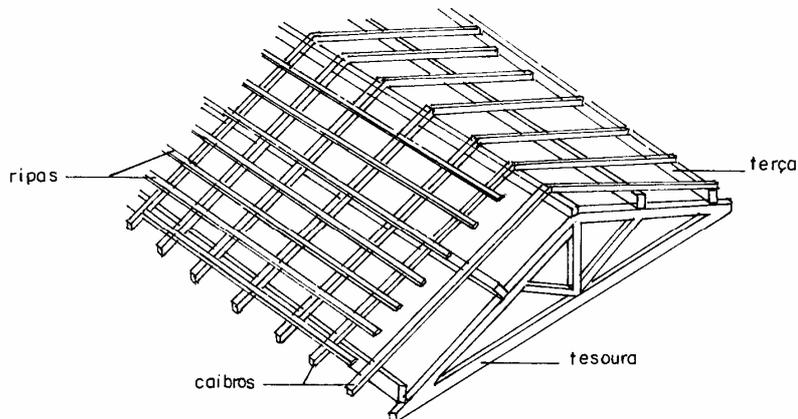


Figura 33 – Estrutura de madeira. Fonte: FACENS, 2001.

As terças são peças horizontais colocadas na direção perpendicular à estrutura de apoio. Elas geralmente se apóiam sobre pontaletes, tesouras (ou treliças), oitões⁶ ou paredes intermediárias.

1.1.2.2. Materiais utilizados

a) Madeira

Podemos utilizar todas as madeiras de lei para a estrutura de telhado, no entanto a peroba tem sido a madeira mais utilizada. Outras madeiras também podem ser usadas, mas deverão ter características físicas e mecânicas a seguir:

- Resistência à compressão , a 15% de umidade, igual ou superior a 55,5 MPa.
- Módulo de ruptura à tração igual ou superior a 13,5 MPa.

⁶ **Oitão:** Cada uma das paredes laterais da casa, situadas nas linhas de divisa do lote:

.....

Tabela 08 - Algumas espécies indicadas para as estruturas de telhado

A	B	C
amendoim	angelim	anjico preto
canafístula	cabriúva parda	guaratã
guarucaia	cabriúva vermelha	taiuva
jequitibá branco	caovi	
laranjeira	coração de negro	
peroba rosa	cupiuba	
	faveiro	
	garapa	
	guapeva	
	louro pardo	
	mandigau	
	pau cepilho	
	pau marfim	
	sucupira amarela	

Fonte: FACENS, 2001.

Estão divididas em grupos segundo as suas características mecânicas. A cabreúva vermelha, coração de negro, faveiro, anjico preto, guaratã e taiuva têm alta dureza, portanto devemos ter cuidado ao manuseá-las. As madeiras serradas das toras já são padronizadas em **bitolas** comerciais. No entanto, existem casos onde o dimensionamento das peças exigem peças maiores ou diferentes, assim sendo deve-se partir para seções compostas.

→ Vigas: 6 x 12cm ou 6 x 16cm, comprimento 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0m

→ Caibros: 5 x 6cm ou 5 x 7 (6 x 8) cm, comprimento 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0m

→ Ripas: 1,0 x 5,0cm; geralmente com 4,50m de comprimento e são vendidas por dúzia. Para bitolas diferentes ou comprimentos maiores, o preço das peças aumenta.

b) Peças metálicas

Os pregos mais utilizados são: i) 22 x 42 ou 22 x 48 - para pregar as vigas; ii) 22 x 42 ou 19 x 39 - para pregar os caibros; iii) 15 x 15 - para pregar as ripas.

1.1.2.3. Partes constituintes da estrutura

a) Tesouras

As tesouras são muito eficientes para vencer vãos sem apoio intermediários. São estruturas planas verticais que recebem cargas paralelamente ao seu plano, transmitindo-as aos seus apoios. A Figura 34 mostra com detalhes e seções a estrutura de uma tesoura de telhado.

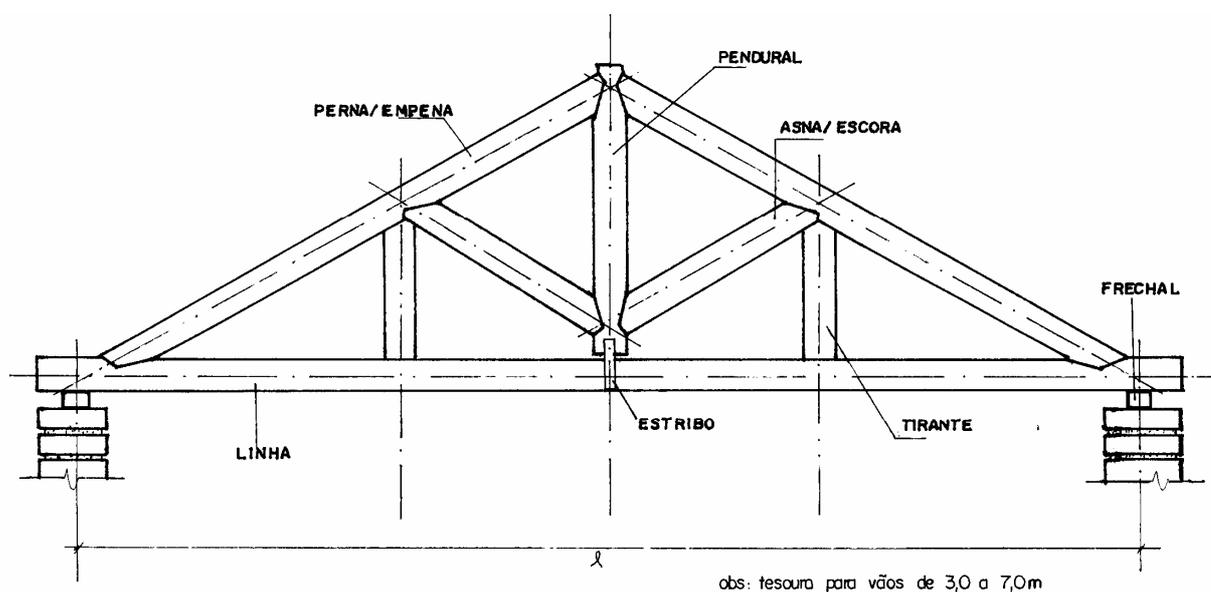


Figura 34 – Tesoura de telhado executada em madeira. Fonte: FACENS, 2001.

As principais partes constituintes da tesoura são:

→ Frechal: Peça colocada sobre a parede e sob a tesoura, para distribuir a carga do telhado;

.....

→ Perna: Peças de sustentação da terça, indo do ponto de apoio da tesoura do telhado ao cume, geralmente trabalham à compressão;

→ Linha: Peça que corre ao longo da parte inferior de tesoura e vai de apoio a apoio, geralmente trabalham à tração;

→ Estribo: São ferragens que garantem a união entre as peças das tesouras. Podem trabalhar à tração ou cisalhamento;

→ Pendural e tirante: Peças que ligam a linha à perna e se encontram em posição perpendicular ao plano da linha. Denomina-se pendural quando a sua posição é no cume, e nos demais tirante. Geralmente trabalham à tração;

→ Asna e escoras: São peças de ligação entre a linha e a perna, encontram-se, geralmente, em posição oblíqua ao plano da linha, denomina-se asna a que sai do pé do pendural, as demais de escoras. Geralmente trabalham à compressão.

Algumas considerações sobre o projeto de tesouras:

→ Vãos até 3,00m não precisam de escoras;

→ Vãos acima de 8,00m deve-se colocar tirantes;

→ O espaçamento ideal para as tesouras deve ficar na ordem de 3,0m;

→ O ângulo entre a perna e a linha é chamado de inclinação;

→ O ponto é a relação entre a altura da cumeeira e o vão da tesoura;

→ A distância máxima entre o local de intersecção dos eixos da perna e da linha é a face de apoio da tesoura deverá ser $\leq 5,0\text{cm}$;

→ As tesouras devem ser contraventadas (Figura 35), com mãos francesas e diagonais na linha da cumeeira.

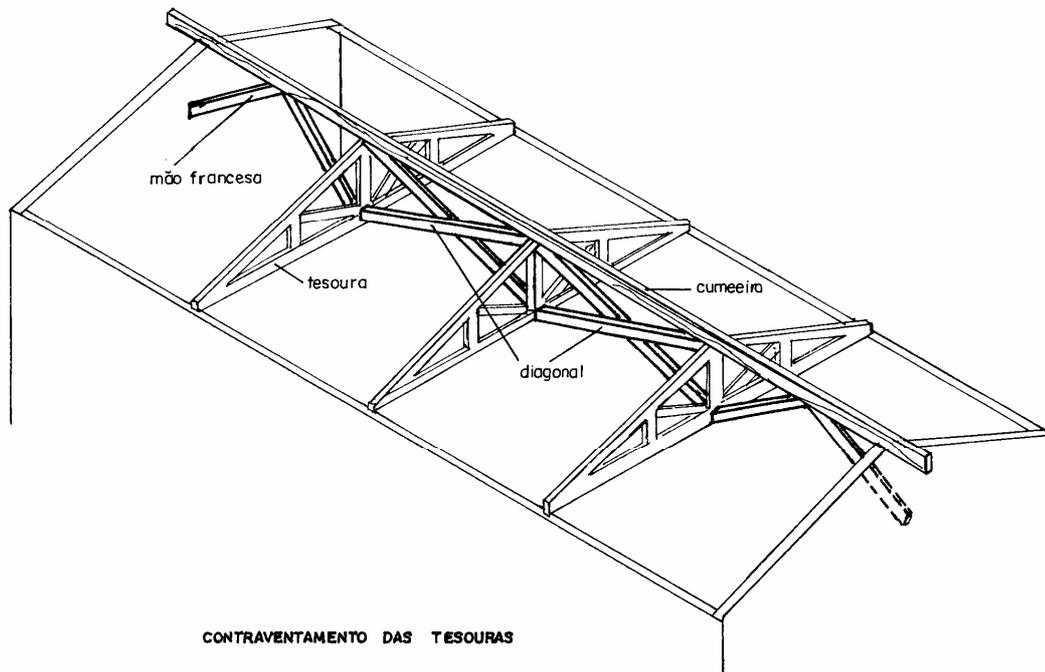


Figura 35 – Contraventamento de tesouras. Fonte: FACENS, 2001.

b) Terças

As terças apóiam-se sobre as tesouras consecutivas, pontaletes, e suas bitolas dependem do espaço entre elas (vão livre entre tesouras), do tipo de madeira e da telha empregada. Pode-se adotar, em geral:

→ bitolas de 6 x 12 se o vão entre tesouras não exceder a 2,50m.

→ bitolas de 6 x 16 para vãos entre 2,50 a 3,50m.

Para vãos maiores que 3,50m deve-se utilizar bitolas especiais, o que não é aconselhável pelo custo mais elevado dessas peças.

Tabela 09 - Vão máximo das terças (m)

Vão entre os caibros (m)	Tipos de telhas											
	Francesa, Romana, Portuguesa ou Plan						Colonial ou paulista					
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1,00 a 1,20	2,70	2,85	3,10	3,30	3,50	3,85	2,50	2,65	2,90	3,20	3,40	3,75
1,21 a 1,40	2,55	2,70	2,95	3,15	3,30	3,60	2,40	2,50	2,75	3,05	3,20	3,50
1,41 a 1,60	2,40	2,60	2,80	3,00	3,15	3,45	2,30	2,40	2,60	2,90	3,10	3,35
1,61 a 1,80	2,30	2,45	2,70	2,85	3,05	3,30	2,20	2,30	2,50	2,80	2,45	3,20
1,81 a 2,00	2,25	2,40	2,60	2,75	2,90	3,20		2,20	2,40		2,85	3,10
2,01 a 2,20		2,30	2,50		2,80	3,10			2,35			3,00
2,21 a 2,40			2,45			3,00						
2,41 a 2,60			2,35			2,90						
Seção transversal (cm)	6 x 12			6 x 16			6 x 12			6 x 16		

Nota: As letras A, B e C referem-se aos tipos de madeira especificados na Tabela 08.

Fonte: FACENS, 2001.

As terças são peças horizontais colocadas em direção perpendicular às tesouras e recebem o nome de cumeeiras quando são colocadas na parte mais alta do telhado (cume), e contra frechal na parte baixa. As terças devem ser apoiadas nos nós das tesouras.

c) Caibros

Os caibros são colocados em direção perpendicular às terças, portanto paralela às tesouras. São inclinados, sendo que seu declive determina o caimento do telhado. A bitola do caibro varia com o espaçamento das terças, com o tipo de madeira e da telha. Os caibros são colocados com uma distância máxima de 0,50m (eixo a eixo) para que se possa usar ripas comuns de peroba 1x5cm.

Pode-se adotar, em geral:

→ terças espaçadas até 2,00m usamos caibros de 5 x 6 cm.

→ quando as terças excederem a 2,00m e não ultrapassarem a 2,50m, usamos caibros de 5x7 (6x8).

Tabela 10 - Vão Máximo dos Caibros (m)

Tipo de Madeira	Francesa, Romana, Portuguesa ou Plan		Colonial ou Paulista	
	A	B	C	D
A	1,40	1,90	1,40	1,80
B	1,60	2,20	1,60	2,00
C	2,00	2,50	2,00	2,20
Seção transversal (cm)	5x6	5x7	5x6	5x7

Nota: As letras A, B e C referem-se aos tipos de madeira especificados na Tabela 08.

Fonte: FACENS, 2001.

d) Ripas

As ripas são a última parte da trama e são pregadas perpendicularmente aos caibros. São encontradas com seções de 1,0x5,0cm (1,2x5,0cm). O espaçamento entre ripas depende da telha utilizada. Para a colocação das ripas é necessário que se tenha na obra algumas telhas para medir a sua galga (Figura 36). Portanto, para se garantir esse espaçamento constante, o carpinteiro deve preparar uma guia (galga).

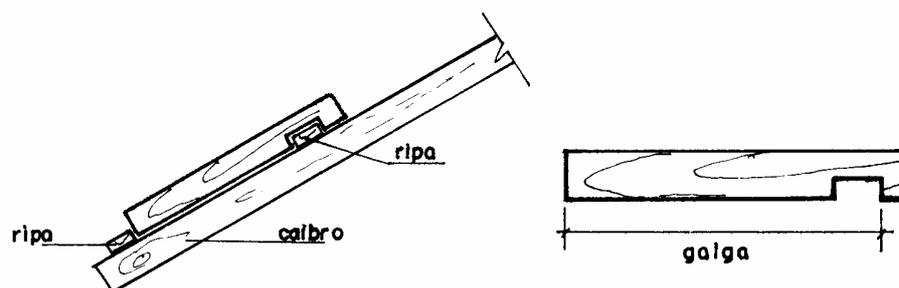


Figura 36 – Montagem das ripas. Fonte: FACENS, 2001.

As ripas suportam o peso da telhas, devemos portanto, verificar o espaçamento entre os caibros. Se este espaçamento for de 0,50 em 0,50m, podemos utilizar as ripas 1,0x5,0m. Se for maior, utilizamos sarrafos de 2,5x5,0m (peroba).

e) Ligações e emendas

As Figuras 37 a 42 mostram os tipos de ligações que podem ser executadas entre a tesouras e os demais elementos de estrutura.

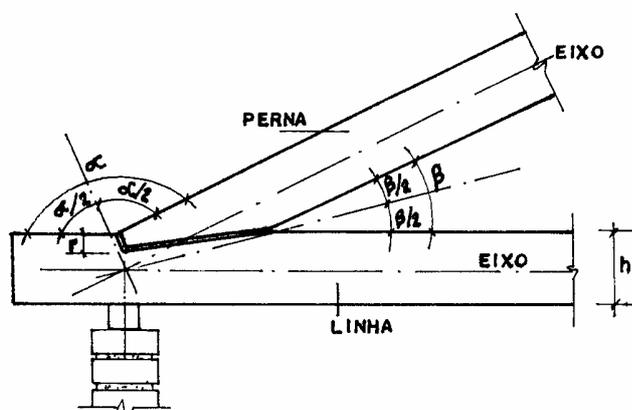


Figura 37 – Ligação da perna com a linha com chanfro em ângulo. Fonte: FACENS, 2001.

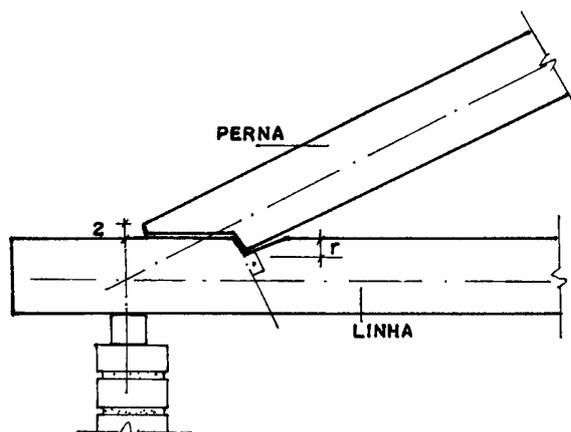


Figura 38 – Ligação da perna com a linha com recorte. Fonte: FACENS, 2001.

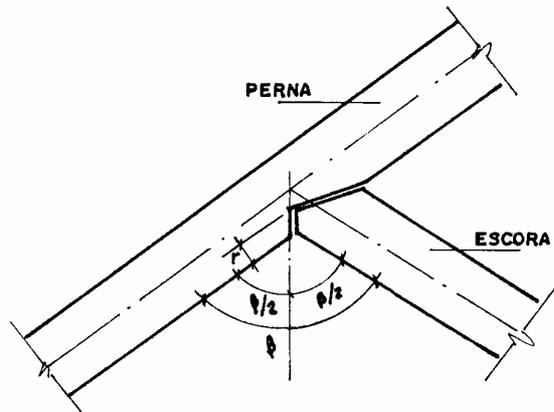


Figura 39 – Ligação da escora com a perna. Fonte: FACENS, 2001.

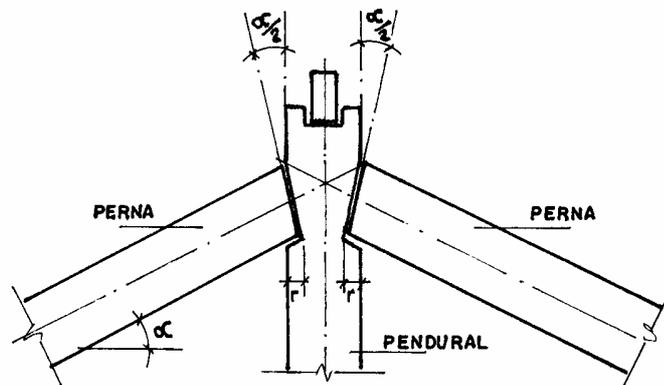


Figura 40 – Ligações das pernas com o pendural com chanfro em ângulo. Fonte: FACENS, 2001.

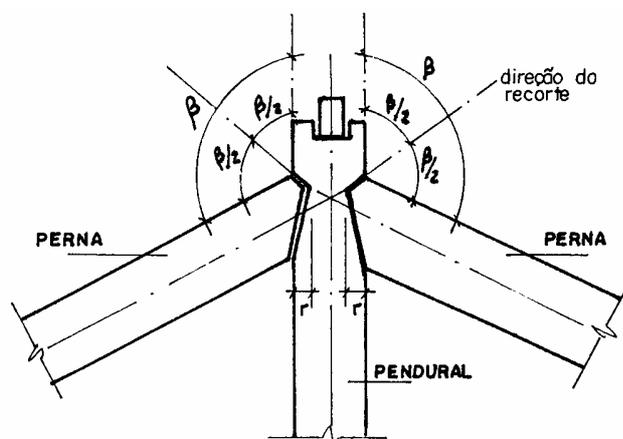


Figura 41 – Ligações das pernas com o pendural com recorte. Fonte: FACENS, 2001.

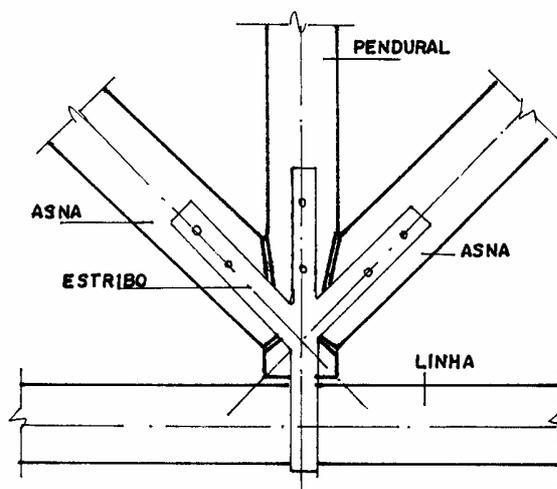


Figura 42 – Ligações da linha com o pendural utilizando elemento de fixação metálico.
 Fonte: FACENS, 2001.

As emendas das terças devem estar sobre os apoios, ou aproximadamente a 1/4 do vão, no sentido do diagrama dos momentos fletores, com chanfros à 45° para o uso de pregos ou parafusos, conforme Figura 43.

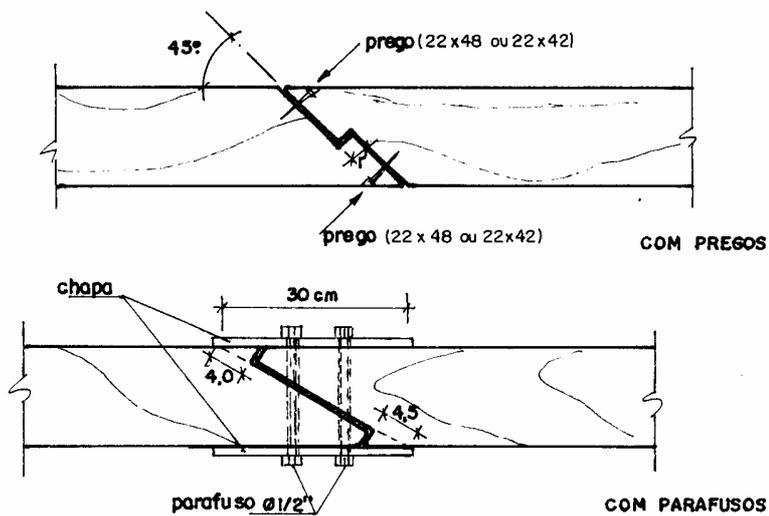


Figura 43 – Tipos de emendas nas terças. Fonte: FACENS, 2001.

f) Pontaletes

Pode-se construir o telhado sem o uso de tesouras. Para isso, deve-se apoiar as terças em estruturas de concreto ou em pontaletes. Em construções residenciais, as paredes internas e as lajes oferecem apoios intermediários. Nesses casos, portanto, o custo da estrutura pode se tornar menor.

O pontalete trabalha à compressão e deve fixado em um berço de madeira apoiado na laje (Figura 44). Sendo assim, a laje recebe uma carga distribuída. Nas lajes maciças, pode-se apoiar em qualquer ponto. Havendo necessidade de se colocar um pontalete fora das paredes, é necessário que se faça uma viga de concreto invertida para vãos grandes ou vigas de madeira para vãos pequenos.

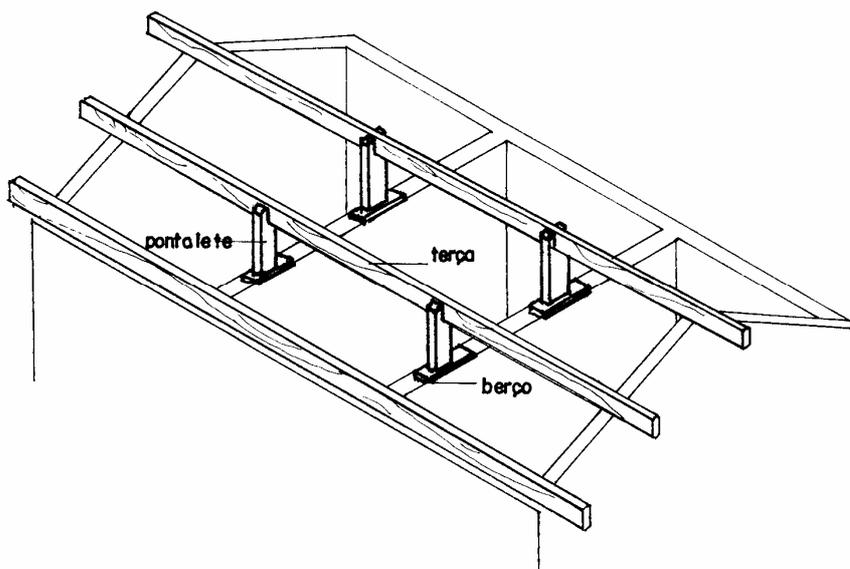


Figura 44 – Apoio dos pontaletes em paredes. Fonte: FACENS, 2001.

Para execução de telhado com pontaletes, deve-se ainda atentar para alguns pontos:

- a distância dos pontaletes deve ser igual a das tesouras;
- a distância entre as terças deve ser igual à distância das mesmas quando apoiadas nas tesouras;

→ para distribuir melhor os esforços, deverá ser acrescentado aos pontaletes berço (de no mínimo 40cm), mãos francesas nas duas direções do pontalete (Figura 45) ou tirantes chumbados nas lajes para dar estabilidade ao conjunto.

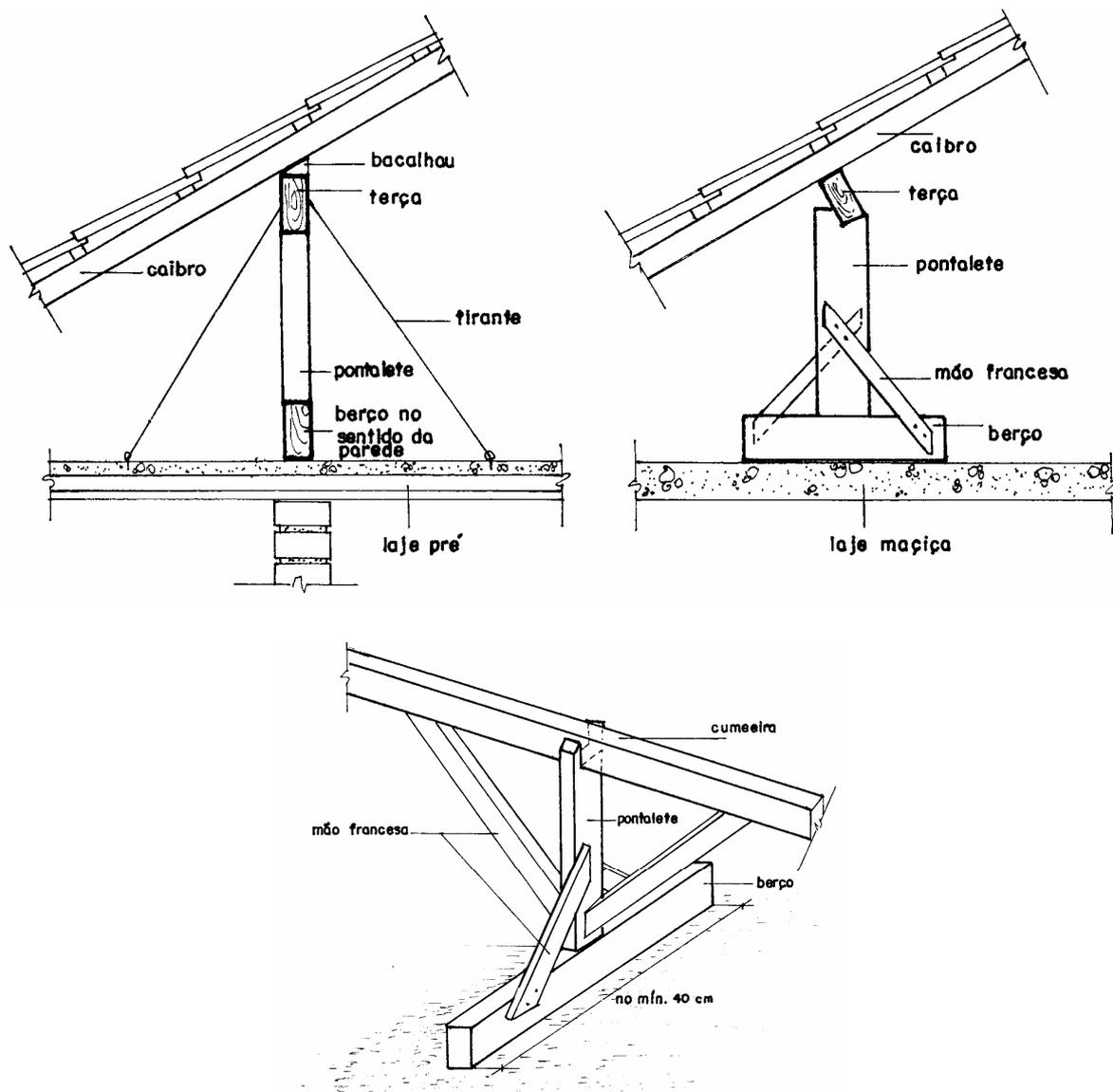


Figura 45 – Detalhes de apoio dos pontaletes, com berço ou com mãos francesas. Fonte: FACENS, 2001.

1.1.3. Sistemas de captação de água pluvial

Os condutores são os complementos das coberturas, dando-lhes o arremate e evitando com isso as infiltrações de águas de chuvas. As partes constituintes do sistema de águas pluviais são:

→ **Calhas:** São captadoras de águas pluviais e são colocadas horizontalmente. São confeccionadas com chapas galvanizadas nº 26 e 24, mas geralmente se utiliza a chapa nº26. As chapas galvanizadas geralmente medem 1,00m de largura por diversos valores de comprimento. Portanto, para maior aproveitamento das chapas, quanto a sua largura, e para reduzir o preço das peças, as mesmas são "cortadas" em medidas padrões. Os principais modelos de calhas são as internas, que ficam escondidas pelas platibandas⁷, e as externas, que são fixadas aparentes (Figuras 46 a 47).

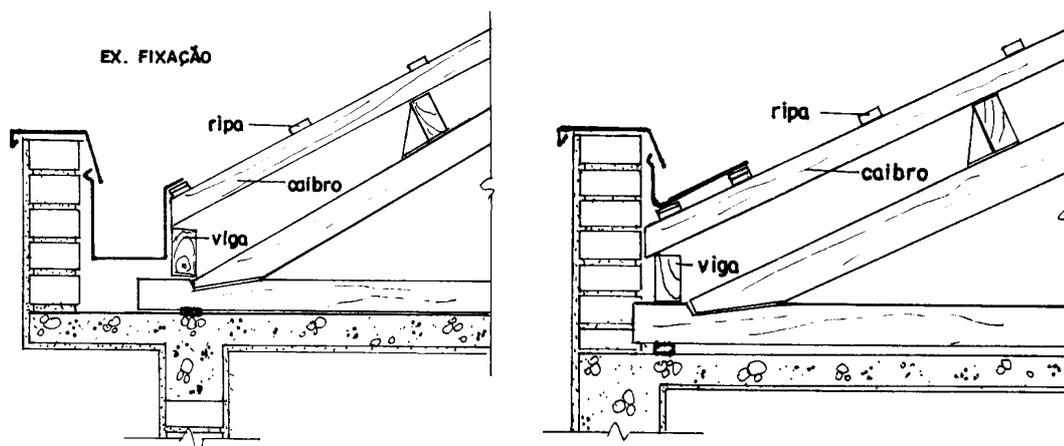


Figura 46 – Modelos de calhas internas, escondidas pelas platibandas. Fonte: FACENS, 2001.

⁷ **Platibandas:** Mureta de alvenaria maciça ou vazada, construída no topo das paredes externas de uma edificação, contornando-a acima da cobertura, e que se destina a proteger ou camuflar o telhado e compor ornamentalmente a fachada (Fonte: Dicionário Aurélio, 2005)

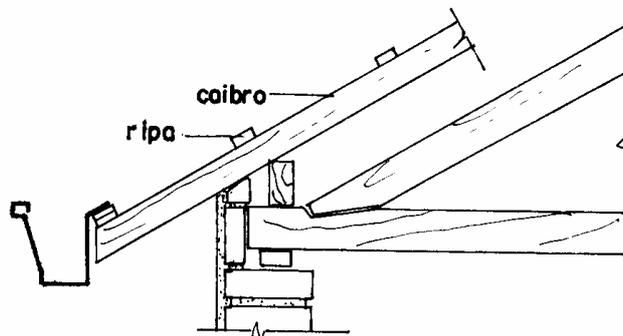


Figura 47 – Modelo de calha externa. Fonte: FACENS, 2001.

→ **Água furtada:** São captadoras de águas pluviais e são colocadas inclinadas, entre os panos de água. São confeccionadas, como as calhas, com chapas galvanizadas nº 26 e 24.

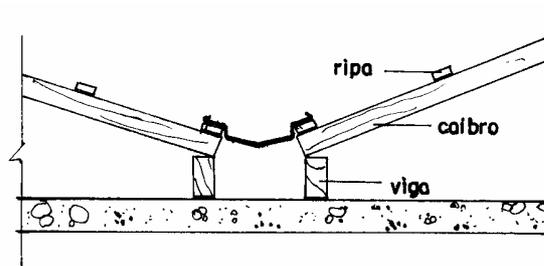


Figura 48 – Água furtada. Fonte: FACENS, 2001.

→ **Condutores:** São canalizações verticais que transportam as águas coletadas pelas calhas e pelas águas furtadas aos coletores. Podem ser feitas de chapas galvanizadas ou de PVC.

→ **Coletores:** São canalizações compreendidas entre os condutores e o sistema público de águas pluviais.

→ **Rufos e Pingadeiras:** Os rufos são elementos metálicos que protegem a junção entre o final do telhado a parede interna das platibandas, para evitar a penetração de água pluvial. A pingadeira é um elemento externo às fachadas,

.....

constituído de um sulco ou saliência, destinado a desviar as águas pluviais, impedindo que escorram ao longo das paredes. Um modelo simplificado de rufo e pingadeira encontra-se na Figura 49.

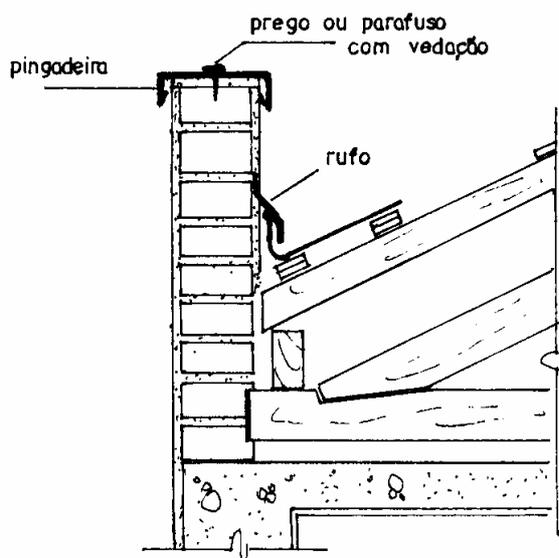


Figura 49 – Rufo e pingadeira. Fonte: FACENS, 2001.

1.1.4. Outros elementos constituintes

a) **Beirais:** Beiral é a parte do telhado que avança além dos alinhamentos das paredes externas. Geralmente possui largura variando entre 0,40 a 1,00 m, sendo o mais comum entre 0,60 e 0,80m (Figuras 50 e 51).

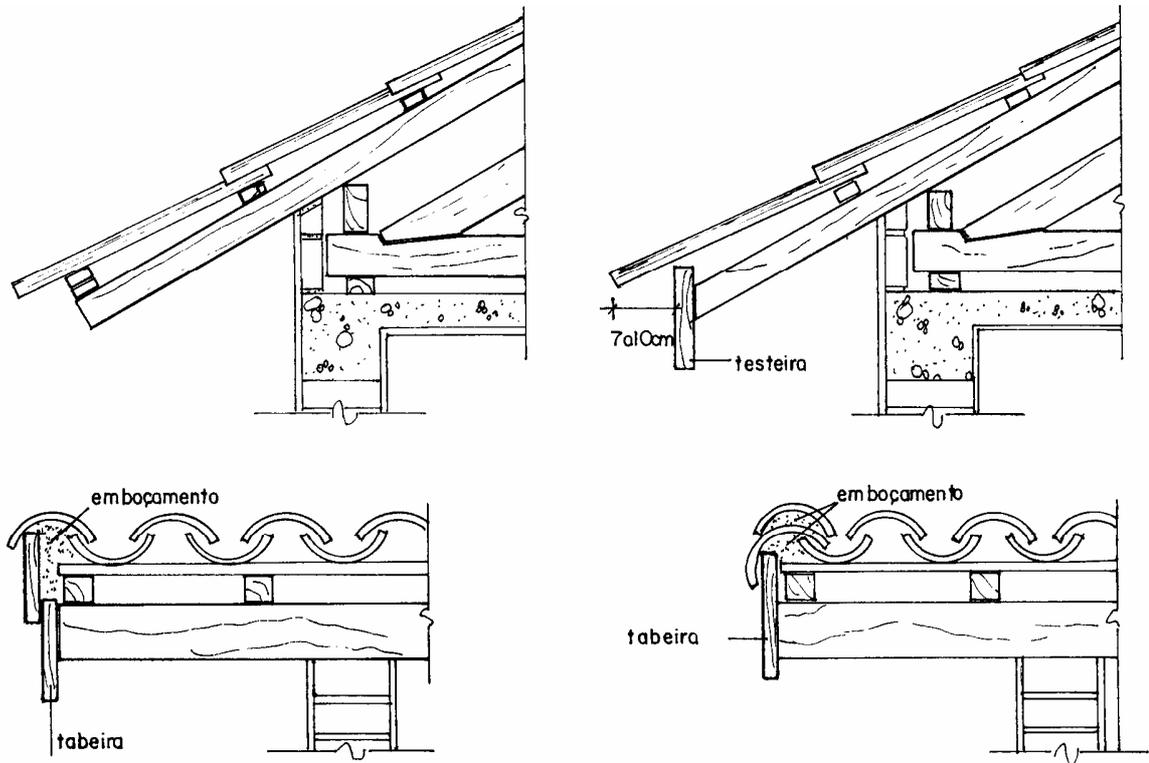


Figura 50 – Tipo de beiral em telha vã. Fonte: FACENS, 2001.

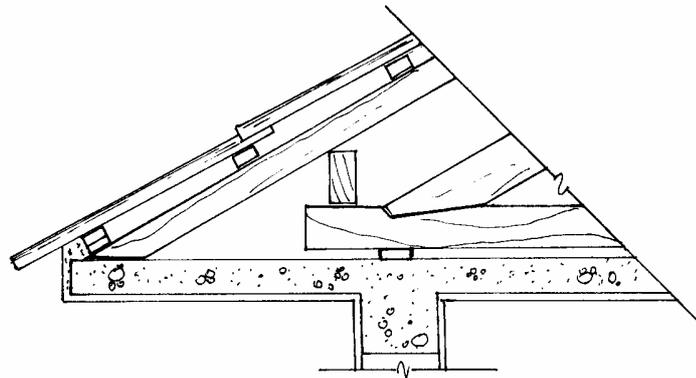


Figura 51 – Tipo de beiral com laje. Fonte: FACENS, 2001.

b) Platibanda: São peças executadas em alvenaria que escondem os telhados e eliminam os beirais. Neste caso, sempre se coloca uma calha (Figura 52).

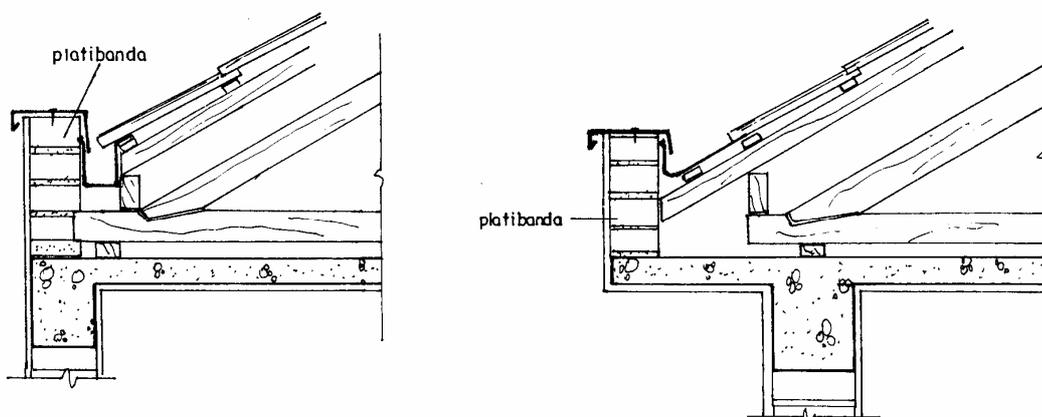


Figura 52 – Tipos de platibandas. Fonte: FACENS, 2001.

c) Linhas do telhado:

As principais linhas do telhado são as cumeeiras, os espigões e as águas-furtadas ou rincões. Na Figura 53 a cumeeira apresenta-se como um divisor de águas horizontal sendo representada pela letra **A**; os espigões são divisores de águas inclinados, marcados pela letra **B**; e as águas-furtadas ou rincões são receptoras de água inclinados, identificados pela letra **C**.

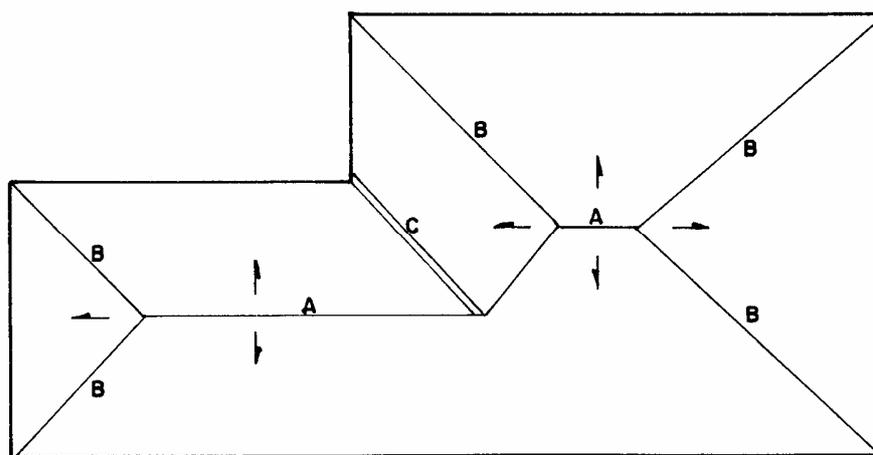


Figura 53 – Marcações representando a cumeeira, os espigões e as águas-furtadas. Fonte: FACENS, 2001.

.....

O telhado pode terminar em um oitão⁸ ou em água. Na Figura 54 apresenta-se um telhado com duas águas terminando em dois oitões, ou um telhado de quatro águas, sem oitões.

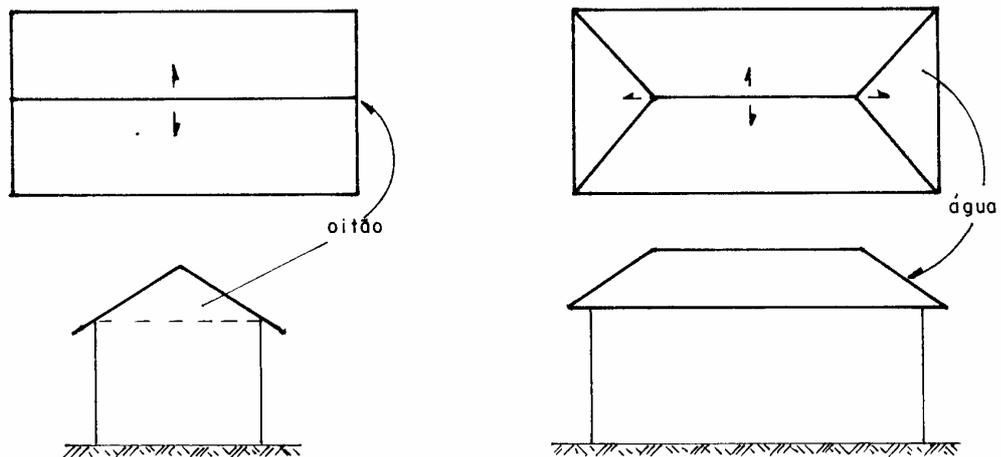


Figura 54 – Telhados com águas e oitões. Fonte: FACENS, 2001.

d) Tipos de águas de um telhado:

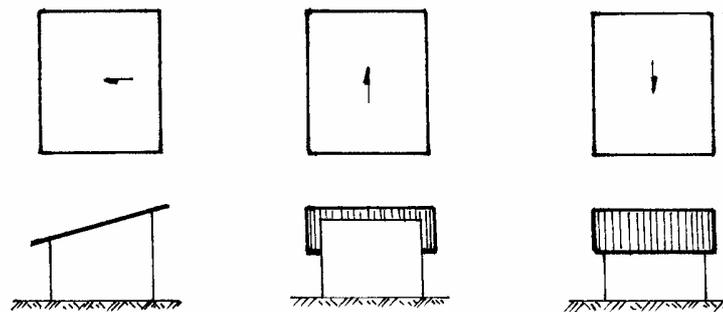


Figura 55 – Telhados com apenas 1 água. Fonte: FACENS, 2001.

⁸ **Oitão:** Cada uma das paredes laterais da casa, situadas nas linhas de divisa do lote

.....

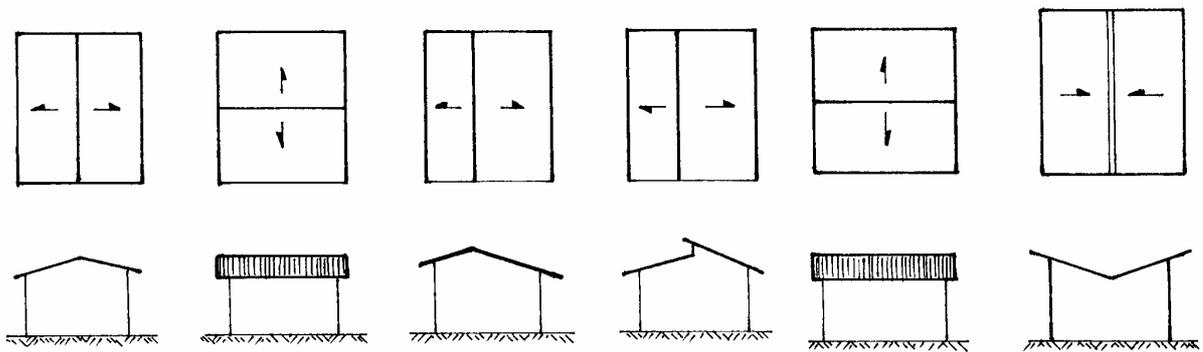


Figura 56 – Telhados com 2 águas. Fonte: FACENS, 2001.

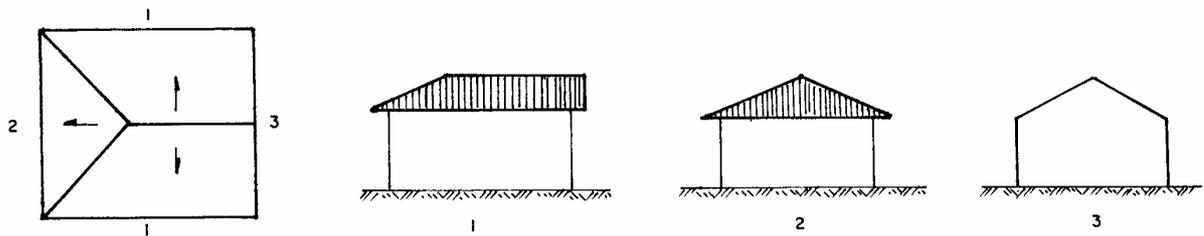


Figura 57 – Telhados com 3 águas. Fonte: FACENS, 2001.

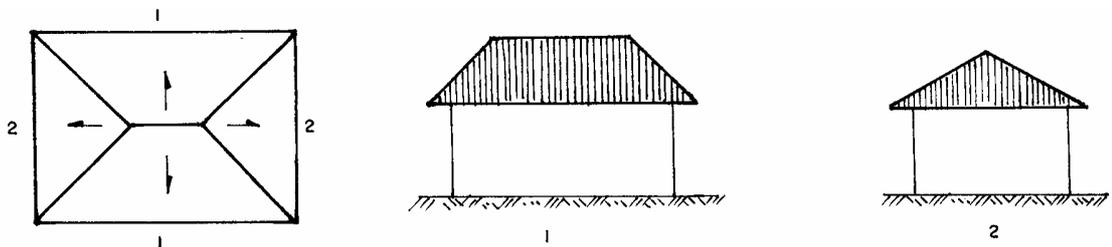


Figura 58 – Telhados com apenas 1 água. Fonte: FACENS, 2001.

e) Regra geral para desenho das linhas do telhado

O telhado é geralmente representado na mesma escala da planta, isto é, geralmente na escala 1:100. Também é usual representá-lo na escala 1:200.

Os contornos da construção são indicados por linhas interrompidas, pois a cobertura deverá ultrapassar as paredes da edificação no mínimo 0,50m, formando os beirais ou platibanda, que são representados por linhas cheias.

.....

As águas do telhado ou os panos, tem seu caimento ou inclinação de acordo com o tipo de telha utilizada.

Ao se projetar uma cobertura, deve-se lembrar de algumas regras práticas:

→ As águas-furtadas são as bissetrizes do ângulo formado entre as paredes e saem dos cantos internos.

→ Os espigões são as bissetrizes do ângulo formado entre as paredes e saem dos cantos externos.

→ As cumeeiras são sempre horizontais e geralmente ficam no centro.

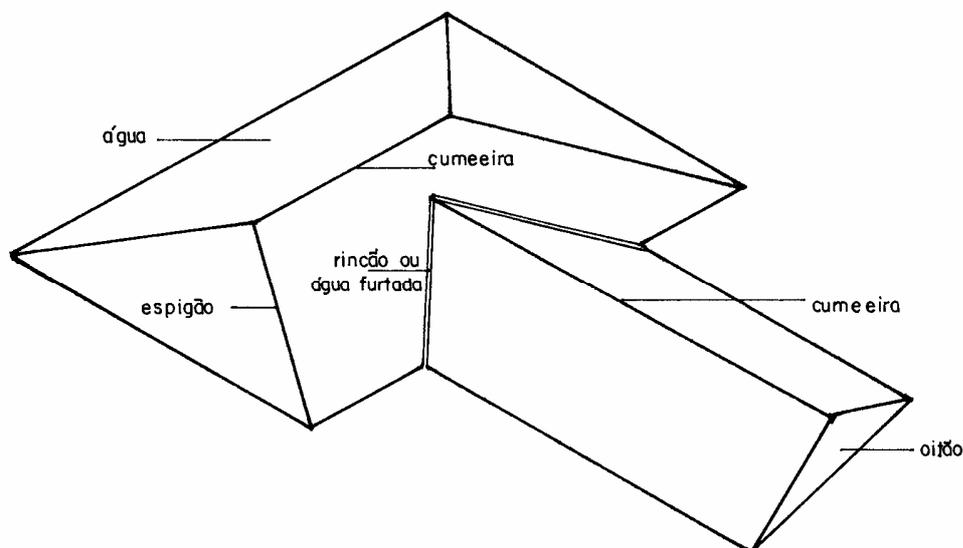


Figura 59 – Partes do telhado. Fonte: FACENS, 2001.

→ Quando se tem uma cumeeira em nível mais elevado que a outra, faz-se a união entre as duas com um espigão, e no encontro deste com a cumeeira mais baixa nasce uma água-furtada.

Desempenho mínimo e requisitos para sistemas de coberturas

Segundo o Projeto de norma 02:136.01.001/5 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho - Parte 5: Requisitos para Sistemas de Coberturas, os Sistemas de Coberturas exercem funções importantes nos edifícios habitacionais, desde a contribuição para preservação da saúde dos usuários até a própria proteção do corpo da construção, interferindo diretamente na durabilidade dos demais elementos que a compõem.

Os sistemas de coberturas impedem a infiltração de umidade oriunda das intempéries para os ambientes habitáveis; previnem a proliferação de microorganismos patogênicos, e de diversificados processos de degradação dos materiais de construção - incluindo apodrecimento, corrosão, fissuras de origem higrotérmica e outros. Por esses motivos, devem ser planejados e executados de forma a proteger os demais Sistemas.

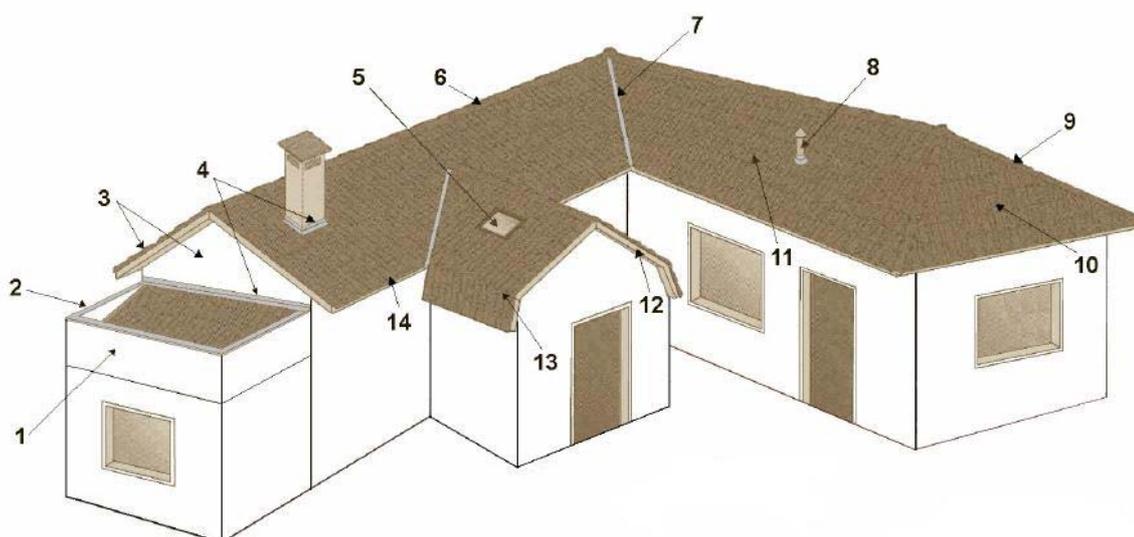
A cobertura é parte do edifício habitacional mais exposta à radiação direta do sol. Exerce predominante influência na carga térmica transmitida aos ambientes (casas térreas e último pavimento de sobrados ou prédios), influenciando diretamente no conforto térmico dos usuários e no consumo de energia para acionamento de equipamentos de ventilação forçada e/ou o condicionamento artificial do ar.

Para efeito deste Projeto de norma são especificados alguns requisitos e critérios de desempenho para os sistemas de coberturas, como forma de estabelecer regras para uma melhor avaliação, melhorando tecnicamente a qualidade mínima requerida para as moradias.

.....

2.1 Tipologia e definições

O Projeto de norma 02:136.01.001/5 define “sistemas de coberturas” como sendo “Cobertura disposta no topo da construção, com as funções de assegurar salubridade e estanqueidade às águas pluviais, proteger [os] demais sistemas do edifício habitacional, ou elementos e componentes, da deterioração por agentes naturais, e contribuir positivamente para o conforto termo-acústico do edifício habitacional”. Para a uniformização das informações, o citado projeto aplica definições às suas partes, apresentadas na Figura 60, a seguir.



1 – platibanda	6 – cumeeira	11 – água mestra
2 – cobre-muro	7 – rincão	12 – tabeira
3 – empena	8 – ventilação de esgoto	13 – quebra
4 – rufo	9 – espigão	14 – beiral
5 – clarabóia	10 - tacaniça	15 - ático

Figura 60 – Partes constituintes do sistema de coberturas. Fonte: Projeto de norma 02:136.01.001/5, 2006.

Apresenta também, definições das partes constituintes do sistema de coberturas, e algumas tipologias, como a seguir:

-
- Telhado: elemento constituído pelas telhas, peças complementares, acessórios, e estrutura suporte, indicados na Figura 60;
 - Telhado de alpendre ou simplesmente alpendre: telhado constituído ou formado por uma única água;
 - Telhado de duas águas: telhado formado por dois planos inclinados que concorrem na linha de cumeeira;
 - Telhado de quatro águas: telhado constituído por quatro planos inclinados, todos em formato de triângulo isósceles (formando uma pirâmide), ou dois trapézios com bases menores concorrentes (formando a linha de cumeeira) e dois triângulos opostos cujos lados concorrem com os lados inclinados dos trapézios (formando espigões);
 - Telhado em arco: telhado com águas côncavas, geralmente com forma de parábola;
 - Água (pano ou vertente): cada um dos planos inclinados que constituem um telhado;
 - Água-mestra: água principal de maior área, geralmente trapezoidal, existente em telhados de três ou quatro águas;
 - Ático ou desvão: espaço compreendido entre o telhado e o forro (ou laje de forro inclinada);
 - Caimento: declividade da água;
 - Entreforro ou plenum: espaço compreendido entre o forro e uma laje ou pano de telhado que lhe é paralelo;
 - Cobertura-terraço: cobertura de ambientes habitáveis que disponibiliza sua área, em parte ou em todo, por meio de acesso, para desenvolvimento de atividades;
 - Laje plana: laje de cobertura com declividade menor ou igual a 5%;
 - Lanternim: trecho de telhado sobreposto e afastado das águas, destinado a ventilar e/ou iluminar o ambiente coberto;
 - Ponto: relação entre a altura e a soma das larguras (em projeção) de duas águas simétricas em relação à linha de cumeeira;
-

-
- Selamento: flecha ou deslocamento vertical ocorrido numa viga, numa tesoura ou num pano de telhado;
 - Sótão: espaço ático acessível e passível de utilização pelos usuários do edifício habitacional;
 - Subcobertura: manta impermeável aplicada sob as telhas, com a finalidade de impedir que pequenas infiltrações de água atinjam o forro ou a laje de cobertura.
 - Telheiro: telhado com uma única água.
 - Teto: superfície horizontal ou inclinada que delimita internamente a parte superior de um cômodo ou de uma casa.
 - Viga-calha: viga com formato de canal aberto, destinada à captação e condução da água de chuva para fora dos limites do edifício habitacional.
 - Estrutura principal: conjunto resistente apoiado diretamente nos pilares ou paredes do edifício habitacional; pode ser constituída por lajes, vigas, treliças e outros componentes ou subsistemas estruturais.
 - Estrutura secundária: conjunto de componentes estruturais intercalados entre a estrutura principal e o telhado, é normalmente constituído por terças, caibros e ripas;
 - Trama: conjunto integrado pelas terças, caibros e ripas;
 - Tesoura: subsistema apoiado sobre pilares ou paredes, funcionando como sustentação da trama.

2.2 Exigências dos usuários

Em função das necessidades básicas de segurança, saúde, higiene e economia, são estabelecidos, para os diferentes Sistemas de Coberturas ou, conforme o caso, para componentes ou sub-sistemas, requisitos mínimos de desempenho (“Nível M” - mínimo), que devem ser considerados e obrigatoriamente atendidos. O Projeto de norma 02:136.01.001/5 também prevê atendimento às premissas de projeto,

.....

.....

formuladas de modo qualitativo, e quando da avaliação ao atendimento à elas, o nível M deve ser entendido como condição obrigatória quando da análise do projeto.

Considerando as diferentes possibilidades de agregação de qualidade aos sistemas de coberturas e componentes, o que implica inclusive em diferentes relações custo/benefício, para além dos desempenhos mínimos estabelecidos, foram fixados outros níveis classificatórios, a saber, os níveis “I” (intermediário) e “S” (superior).

2.3 Análise de desempenho

2.3.1 Desempenho estrutural

Quanto ao desempenho estrutural, esta norma define os seguintes requisitos:

a) Requisitos de resistência e deformabilidade: Apresentar um nível satisfatório de segurança contra a ruína, e não apresentar avarias ou deformações excessivas que prejudiquem a funcionalidade do sistema de cobertura ou dos sistemas contíguos, considerando-se as combinações de ações passíveis de ocorrerem durante a vida útil⁹ do edifício habitacional.

Nível de desempenho: o nível mínimo para aceitação é o M (mínimo), ou seja, atende às premissas de projeto.

b) Requisitos de solicitações de montagem ou manutenção: Suportar cargas transmitidas por pessoas e objetos nas fases de montagem ou de manutenção.

⁹ **Vida útil:** A partir da disponibilização ao consumidor, período de tempo durante o qual o produto pode ser utilizado sob condições satisfatórias de segurança, saúde e higiene. A partir do atual estado da arte é impossível estabelecer com precisão esse período. Recorrendo-se ao conhecimento disponível sobre os agentes agressivos, os diferentes processos degenerativos e as características físicas e químicas dos materiais constituintes de um produto, pode-se apenas estabelecer estimativas tecnicamente fundamentadas da vida útil de projeto.

.....

→ *Critério para as cargas concentradas:* A estrutura principal e secundária, quer sejam reticuladas ou treliçadas, devem suportar a ação de carga vertical concentrada de 1 kN aplicada na seção mais desfavorável, sem que ocorram falhas ou que sejam superados os seguintes limites de deslocamento (dv) em função do vão (L): i) $dv \leq L / 350$ (barras de treliças); ii) $dv \leq L / 300$ (vigas principais e terças); ou iii) $dv \leq L / 180$ (vigas secundárias). *Nível de desempenho:* o nível mínimo para aceitação é o M (mínimo).

→ *Critério para as cargas distribuídas:* Os sistemas de coberturas, acessíveis aos usuários, devem suportar a ação simultânea de três cargas, de 1KN cada uma, com pontos de aplicação constituídos de um triângulo equilátero com 45 cm de lado, sem que ocorram rupturas ou deslocamentos. *Nível de desempenho:* o nível mínimo para aceitação é o M (mínimo).

c) Requisito de solicitações dinâmicas em sistemas de coberturas e em coberturas-terraço acessíveis aos usuários: Permitir a transitabilidade, o lazer ou outros usos rotineiros do usuário final sem ocasionar danos aos sistemas.

→ *Crítérios para impactos de corpo mole em sistemas de coberturas-terraço acessíveis aos usuários:* Os sistemas de cobertura devem ser projetados, construídos e montados de forma a atender às exigências do projeto 02:136.01.001/2 (item 7.3.1 - Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo mole em pisos), conforme Tabela 11.

→ *Crítérios para impactos de corpo duro em sistemas de coberturas acessíveis aos usuários:* Os sistemas de coberturas devem ser projetados, construídos e montados de forma a atender às exigências do projeto 02:136.01.001/2 (item 7.3.2 - Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo duro em pisos), conforme Tabela 12.

Tabela 11 – Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo mole em pisos (item 7.3.1 - projeto 02:136.01.001/2)

Energia de impacto de corpo mole	Critério de desempenho	Nível de desempenho
960	- Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas	M
720	- Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas	
480	- Não ocorrência de falhas	
480	- Não ocorrência de falhas	
360	- Não ocorrência de falhas	
240	- Não ocorrência de falhas; - Limitação de deslocamento horizontal: $d_v \leq L/300$; $d_{vr} \leq L/1500$.	
120	- Limitação da ocorrência de falhas	
960	- Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas	S
720	- Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas	
480	- Não ocorrência de falhas	
360	- Não ocorrência de falhas	
240	- Não ocorrência de falhas; - Limitação de deslocamento horizontal: $d_v \leq L/300$; $d_{vr} \leq L/1500$.	
120	- Não ocorrência de falhas	

Tabela 12 – Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo mole em pisos (item 7.3.2 - projeto 02:136.01.001/2)

Energia de impacto de corpo duro (J)	Critério de desempenho	Nível de desempenho
5	- Não ocorrência de falhas	M
30	- Não ocorrência de ruína e transpassamento do piso; são admitidas falhas superficiais	
5	- Não ocorrência de falhas - Profundidade da moosa: $p \leq 2$ mm	S
30	- Não ocorrência de ruína e transpassamento do piso; - São admitidas falhas superficiais	

d) Requisito para solicitações em forros: Possibilitar a fixação de luminárias e outras pequenas cargas de ocupação. O construtor / incorporador deve informar a carga máxima no manual de uso e operação.

.....

→ *Critério para peças fixadas em forros:* Os forros devem suportar a ação da carga vertical correspondente ao objeto que se pretende fixar, adotando-se coeficiente de majoração no mínimo igual a 3,0. *Nível de desempenho:* o nível mínimo para aceitação é o M (mínimo).

e) Requisito para a ação do granizo e outras cargas acidentais em telhados:
Não sofrer avarias sob a ação de granizo e de outras pequenas cargas acidentais.

→ *Critérios e níveis de desempenho para a resistência das telhas ao impacto:* Sob a ação de impactos de corpo duro o telhado não deve sofrer ruptura ou traspassamento em face das energias especificadas na Tabela 13. É tolerado a ocorrência de fissuras, lascamentos e outros danos que não impliquem em perda de estanqueidade do telhado. *Nível de desempenho:* o nível mínimo para aceitação é o M (mínimo).

Tabela 13 – Critérios e níveis de desempenho para resistência ao impacto de telhas

Energia de impacto de corpo duro (J)	Critério de desempenho	Nível de desempenho
1,0	Não ocorrência de ruptura ou traspassamento São admitidas falhas superficiais	M
1,5		I
2,5		S

2.3.2 Segurança contra incêndio

a) Requisito para dificultar o risco de inflamação generalizada: Dificultar a ocorrência da inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio.

→ *Critério para a propagação superficial de chamas de componentes ou materiais aparentes nos tetos:* Os componentes e materiais aparentes nos tetos (telhas, subcoberturas, forros, materiais de revestimento, acabamento e isolamento termo-

.....

.....

acústico) devem apresentar índice de propagação de chamas menor ou igual a 25, quando ensaiados de acordo com a NBR 9442. *Nível de desempenho*: o nível mínimo para aceitação é o M (mínimo).

→ *Critério para a resistência ao fogo das estruturas dos sistemas de cobertura*: A resistência ao fogo dos componentes que constituem a estrutura principal do sistema de cobertura (lajes, treliças, vigas, etc) deve atender às exigências da NBR 14432. *Nível de desempenho*: o nível mínimo para aceitação é o M (mínimo).

→ *Critério para propagação de chamas de materiais aparentes na face externa da cobertura*: o índice máximo de propagação superficial de chamas dos componentes telhas, mantas, membranas, materiais de revestimento, acabamento e isolamento termo-acústico que resultam aparentes nas faces externas da cobertura deve ser igual ou menor de 25. Os materiais que resultem aparentes na face superior da cobertura devem ser ensaiados reproduzindo-se as respectivas condições de utilização, de acordo com a NBR 9442. *Nível de desempenho*: o nível mínimo para aceitação é o M (mínimo).

b) Requisito para visibilidade em situação de incêndio nos sistemas de coberturas: Não criar impedimento visual que dificultem a fuga em situações de incêndio.

→ *Critério para a densidade ótica da fumaça*: Os sistemas de coberturas, os componentes dos forros e os materiais de revestimento, acabamento e/ou de isolamento termoacústico empregados nos tetos devem atender ao índice máximo de 450 para o desenvolvimento de fumaça. Os materiais incombustíveis, classificados de acordo com o método de ensaio definido na norma ISO 1182 atendem ao critério estabelecido. *Nível de desempenho*: o nível mínimo para aceitação é o M (mínimo).

.....

2.3.3 Segurança no uso e na operação

a) Requisito para a integridade do sistema de cobertura ao longo da sua vida

útil: Não apresentar partes soltas ou destacáveis sob ação do peso próprio ou de cargas acidentais.

→ *Critério para o risco de deslizamento de telhas e outros componentes:* Sob ação do peso próprio, eventual deslizamentos dos componentes não devem permitir perda da estanqueidade e da estabilidade do sistema de cobertura. Quando houver mantas impermeabilizadas, o mesmo não deve apresentar escorrimento ou delaminação.

O projeto, nesse caso, deve: i) determinar a inclinação máxima do sistema de cobertura para o tipo de componente, a fim de assegurar o não deslizamento dos mesmos, e em condições acima da inclinação máxima, deve estabelecer os meios de fixação. ii) correlacionar os produtos especificados às normas vigentes de projeto e execução, e quando não as houver, deve determinar ensaio representativo de modo a atender, sob as mesmas condições de uso, os comportamentos relativos ao trânsito, carregamentos, ou de estanqueidade dos produtos usuais para este fim. *Nível de desempenho:* o nível mínimo para aceitação é o M (mínimo).

→ *Critério para o risco de arrancamento de componentes do sistema de cobertura pela ação do vento:* Sob ação do vento, calculada conforme NBR 6123, não deve ocorrer remoção ou deformação de nenhum componente do sistema de cobertura.

A Análise das Premissas de projeto do Sistema de Cobertura, verificação e validação dos cálculos estruturais, execução de ensaios tipo, conforme adaptações para cada telhado ao NBR 5643. No caso de telhados “impermeáveis” ao ar e deformáveis, a resistência característica às cargas uniformemente distribuídas, com 95% de confiança, do conjunto telhas/sistema de fixação, deve ser superior à ação dos ventos, aplicando-se o carregamento através de balão inflável de acordo com as características gerais segundo NBR 5643. Caso seja esperado ou constatado

.....

deformações excessivas, de comum acordo entre Fornecedor e Consumidor, devem ser estabelecidos limites para esta deformação, de tal sorte que não prejudiquem a estanqueidade, trânsito, estabilidade ou a estética ou impeçam o trânsito para manutenção conforme 9.2.

O projeto deve mencionar: i) as considerações sobre a ação do vento, principalmente nas zonas de sucção; ii) detalhes de fixação; iii) influência positiva ou não das platibandas; iv) no caso de se optar pelo emprego de lastro sobre o sistema de impermeabilização, a resistência de aderência.

Nível de desempenho: o nível mínimo para aceitação é o M (mínimo), ou seja além de atender às premissas de projeto, atende aos esforços do vento calculados segundo NBR 6123 e o sistema de cobertura resiste à ação do vento quando ensaiados segundo NBR 5643, ou se for o caso à NBR 13528.

b) Requisito para manutenção e operação: Propiciar condições seguras para sua montagem e manutenção, bem como para a operação de dispositivos instalados sobre ou sob a mesma.

→ *Critério para os guarda-corpos em coberturas acessíveis aos usuários:* Lajes de cobertura das edificações, destinadas à utilização corrente dos usuários da habitação (solários, terraços, jardins e semelhantes), devem ser providas de platibandas com altura mínima de 1,10m, capaz de suportar cargas horizontais ou verticais de 1kN (concentrada em qualquer ponto ao longo da extremidade superior da platibanda), e carga de 1,5kN/m (linearmente distribuída em qualquer trecho ao longo da extremidade superior da platibanda).

O projeto deve correlacionar os produtos especificados à NBR 14718 e às normas vigentes de produtos. O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo), ou seja, atende às premissas de projeto, além de que, resistem às cargas verticais e horizontais mencionadas no critério.

.....

→ *Critério para platibandas:* Sistemas ou platibandas, previstas para sustentar andaimes suspensos ou balancins leves, devem suportar a ação dos esforços assim previstos. O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo).

→ *Critério para segurança no trabalho em sistemas de coberturas inclinadas:* Os sistemas de cobertura inclinados com declividade superior a 30% devem estar providos dispositivos de segurança suportados pela estrutura principal.

O projeto deve definir: i) para inclinações inferiores a 30 %, e em função do material, quais os meios de fixação; ii) para aquelas declividades superiores a 30% devem ser providos dispositivos ancorados na estrutura principal, de forma a possibilitar o engate de cordas, cintos de segurança e outros equipamentos de proteção individual; iii) os meios de acesso para a realização de manutenções. O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo).

→ *Critério para a possibilidade de caminhamento de pessoas sobre o sistema de cobertura:* Telhados e lajes de cobertura devem propiciar o caminhamento de pessoas, em operações de montagem ou instalação, suportando carga vertical concentrada maior ou igual a 1,2 kN em qualquer posição, inclusive extremidades de beirais ou de balanços de lajes, sem apresentar ruptura, fissuras, deslizamentos ou outras falhas.

O projeto deve: i) delimitar as posições dos componentes dos telhados que não possuem resistência mecânica suficiente para o caminhamento de pessoas; ii) indicar a forma das pessoas deslocarem-se sobre os telhados. O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo).

→ *Critério para o aterramento de sistemas de coberturas metálicas:* sistemas de coberturas constituídas por componentes telhas metálicas devem ser aterradas, a fim de propiciar dissipação de cargas eletrostáticas eventualmente acumuladas nas telhas

.....

.....

pelo atrito com o vento, bem como para inibir eventuais problemas de corrosão por corrente de fuga (contato acidental com componentes eletrizados).

O projeto deve: i) levar em consideração o projeto de Sistema Proteção de Descargas Atmosféricas (SPTA) e aterramento de cargas eletro-estáticas; ii) mencionar o atendimento à NBR 13571 e NBR 5419. O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo).

2.3.4 Estanqueidade

a) Requisitos para as condições de salubridade no ambiente habitável: Ser estanques à água de chuva; não permitir a estagnação externa de água; evitar a formação de umidade; e evitar a proliferação de insetos e microorganismos.

→ *Critério de impermeabilidade:* O sistema de cobertura não deve apresentar escorrimento ou gotejamento de água ou manchas de umidade. O projeto deve prever detalhes construtivos que assegurem a não ocorrência de umidade e de suas conseqüências estéticas no ambiente habitável.

Os requisitos mínimos exigidos são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Nível de desempenho para a estanqueidade de telhas

Condição	Nível de desempenho
- Sem gotejamento de água - Com manchas de umidade e gotas aderentes na superfície inferior da telha	M
- Sem gotejamento de água - Com manchas de umidade, sem gotas aderentes na superfície inferior da telha	I
- Sem gotejamento de água - Sem manchas de umidade ou gotas aderentes na superfície inferior da telha	S

Fonte: Projeto 02:136.01.001/5:2005

.....

→ *Critério para a estanqueidade do sistema de cobertura:* Durante a vida útil de projeto¹⁰, o sistema de cobertura não deve permitir a penetração, infiltração de água que acarrete escoamento ou gotejamento, considerando-se as condições de exposição indicadas na Tabela 15 e Figura 61; deve manter a não penetração ou infiltração de água, que acarrete escoamento ou gotejamento, considerando as interações com os demais componentes e subsistemas da edificação.

Tabela 15 – Condições de ensaio de estanqueidade de telhas

Regiões	Condições de ensaio	
	Pressão estática (Pa)	Vazão de água
I	10	4 L / m ² / min
II	20	
III	30	
IV	40	
V	50	

Fonte: Projeto 02:136.01.001/5:2005

Este critério enfoca a estanqueidade das regiões centrais dos panos. Tal característica é determinada pelas propriedades físicas do material constituinte das telhas (porosidade, absorção de água, permeabilidade), pelas sobreposições laterais e longitudinais, pelos tipos de encaixes/sistema de fixação ou acoplamento das telhas, pela regularidade dimensional das peças e pela declividade/extensão dos panos. Também é determinada pelos índices pluviométricos, a direção e a intensidade do vento na região do edifício habitacional (Figura 61).

¹⁰ **Vida útil de projeto:** A partir da disponibilização ao consumidor, período estimado de tempo em que o componente, elemento, instalação ou sistema construtivo atende todos os critérios previstos nesta norma, no respectivo nível de desempenho informado pelo fornecedor, devendo-se para tanto cumprir programa de manutenção por ele especificado. Para o atendimento à vida útil de projeto, mantidas as condições de exposição inicialmente presentes, o produto deverá ser aplicado, utilizado e mantido em estrita obediência às especificações do fornecedor.

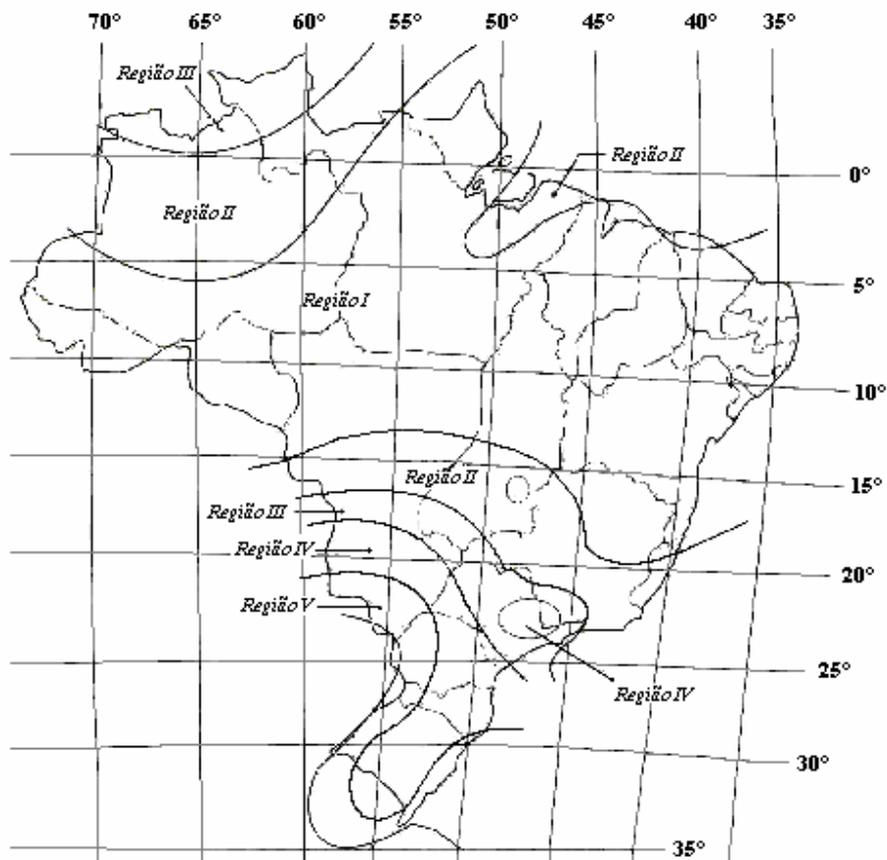


Figura 61 – Condições de exposição de acordo com regiões do Brasil.
 Fonte: Projeto 02:136.01.001/5:2005

O projeto deve: i) estabelecer a necessidade do cumprimento da regularidade geométrica da trama da cobertura, estabelecendo como referência os requisitos, valores e tolerâncias conforme indicados na Tabela 16; ii) mencionar as normas brasileiras dos componentes para os telhados; ou na inexistência de normas brasileiras, o projeto deve mencionar as indicações do fabricante do componente telha ou de normas internacionais; iii) detalhar os materiais, componentes e especificidades do sistema de cobertura, de modo a atender as premissas do item 2.3.4.

Tabela 16 – Regularidade geométrica

Requisitos	Valores	Tolerâncias
variações máximas no comprimento e na largura dos panos	L / 300	± 5 % não superior a 50 mm
variação máxima na projeção de beirais	Nominal de projeto	- 20 mm + 50 mm
variação máxima em relação à declividade do pano		± 0,6%
máximo desvio de esquadro ou em relação a qualquer ângulo do pano		± 0,1°
Afastamento máximo da retitude dos lados do pano (incluindo as tabeiras)	L / 300	Não superando 20 mm
Empeno - flecha máxima em relação ao pano	Definido em projeto	----
A disposição geométrica dos elementos estruturais que compõe a cobertura devem possuir espaçamentos de tal forma previstos que impeçam deformações		

Projeto 02:136.01.001/5:2005

→ *Critério para a estanqueidade das aberturas de ventilação:* o sistema de cobertura não deve permitir infiltrações de água ou gotejamentos nas regiões das aberturas de ventilação, constituídas por entradas de ar nas linhas de beiral e saídas de ar nas linhas das cumeeiras, ou de componentes de ventilação. As aberturas e saídas de ventilação não devem permitir o acesso de pequenos animais para o interior do ático ou da habitação.

O projeto deve detalhar e posicionar os sistemas de aberturas e de saídas que atendam ao critério de estanqueidade e ventilação de maneira que o ático permaneça imune à entrada de água e de animais em situações severas. O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo).

→ *Critério para captação e escoamento de águas pluviais:* O sistema de cobertura deve ter capacidade para drenar a máxima precipitação, passível de ocorrer, na região do edifício habitacional, não permitindo empoçamentos ou extravases para o interior do edifício habitacional, para os áticos ou quaisquer outros locais não previstos no projeto da cobertura. O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo).

.....

→ *Critérios para estanqueidade e durabilidade para sistemas de coberturas impermeabilizados:* Os sistemas de coberturas impermeabilizados devem: i) ser estanques por, no mínimo de 72 horas; ii) manter a estanqueidade, ao longo da vida útil de projeto; iii) não permitir a formação de umidade nos tetos, e nem infiltrações por um período mínimo de 5 anos.

O nível mínimo para aceitação atende ao projeto e às premissas de projeto, mantendo as características de estanqueidade conforme os níveis indicados na Tabela 17.

Tabela 17 – Níveis de desempenho

Período em anos	Nível
5	M
8	I
12	S

Projeto 02:136.01.001/5:2005

2.3.5 Desempenho térmico

O edifício habitacional deve reunir características que atendam às exigências de conforto térmico dos usuários, considerando-se a região de implantação da obra e as respectivas características bioclimáticas definidas na NBR 15220-3.

A NBR 15220-3 estabelece 3 (três) procedimentos alternativos para avaliação da adequação de habitações às 8 diferentes Zonas Bioclimáticas¹¹, assim designados:

- *Procedimento 1 ou Simplificado:* Verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos para coberturas, e fachadas, conforme projeto 02:136.01-001/4.

¹¹ Ver item 3.2 – Parâmetros e condições de conforto

.....

.....

- *Procedimento 2 ou Simulação:* Verificação ao atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos no documento 02:136.01-001/1, por meio da simulação computacional do desempenho térmico do edifício;

- *Procedimento 3 ou Medição:* Verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos no documento 02:136.01-001/1, por meio da realização de medições em edificações ou protótipos em escala real.

Segue-se a lista de requisitos e seus respectivos critérios para que os sistemas de coberturas atendam às especificações do item referente ao desempenho térmico.

a) Requisito para Isolação térmica da cobertura: Proporcionar nível de satisfação térmica próprio, para cada zona climática conforme NBR 15220-3, em função de valores das propriedades térmicas.

→ *Critérios e níveis de desempenho para a transmitância térmica:* Os valores máximos admissíveis para a Transmitância Térmica (U) das coberturas, considerando fluxo térmico descendente, e os respectivos níveis de desempenho, em função das zonas bioclimáticas, encontram-se indicados na Tabela 18.

Tabela 18 – Critérios e níveis de desempenho de coberturas quanto à transmitância térmica

Transmitância Térmica ⁽¹⁾ (U, em W/(m ² .K))		Nível de desempenho
Zonas 1 a 7	Zona 8 ⁽²⁾	
U ≤ 2,30	U ≤ 2,30 FV	M ⁽³⁾
U ≤ 1,50	U ≤ 1,50 FV	I
U ≤ 1,00	U ≤ 1,00 FV	S

⁽¹⁾ Valores de transmitância Térmica (U) considerando-se a resistência superficial interna com valor de 0,17 m².K/W e a resistência superficial externa com valor de 0,04 m².K/W.
⁽²⁾ Na Zona Bioclimática 8 também estão atendidas coberturas com componentes de telhas cerâmicas em estado natural (não pintadas e não esmaltadas), mesmo que a cobertura não tenha forro.
⁽³⁾ A edificação, para ser classificada neste nível, deve cumprir também os requisitos de transmitância e capacidade térmica de paredes, transmitância e absorvância da cobertura, sombreamento e área de ventilação, como um todo.
A área das portas não deve ser incluída na área efetiva de ventilação.

Fonte: Projeto 02:136.01.001/5:2005

.....

A determinação da transmitância térmica, por meio de cálculo, conforme procedimentos apresentados na NBR 15220-2, e levando-se em conta, para áticos ventilados, o Fator de Ventilação (FV), calculado segundo a expressão:

$$FV = 1,17 - (1,07 \times h^{-1,04}),$$

Onde h é igual à altura das aberturas, expressa em centímetros.

Os áticos são considerados como ventilados quando as suas aberturas ocupem, no mínimo, toda a extensão de dois beirais opostos, e desde que a altura destas aberturas (h) seja igual ou superior a 6cm, conforme indicado na Figura 62. Para coberturas sem forro ou com áticos não ventilados, considerar o valor de $FV = 1$.

Em todas as zonas bioclimáticas, com exceção da zona 7, recomenda-se que elementos com capacidade térmica maior ou igual a 150 kJ/(m².K) não sejam empregados sem isolamento térmico ou sombreamento.

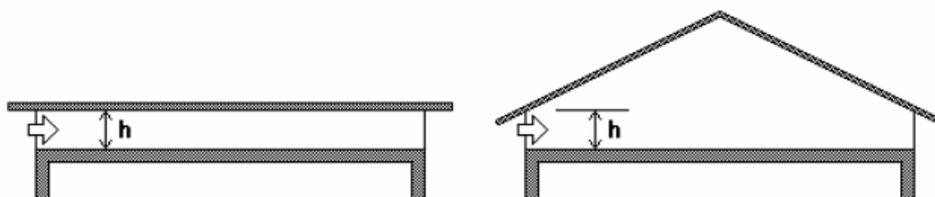


Figura 62 – Abertura H para beirais com ventilação no atico.
Fonte: Projeto 02:136.01.001/5:2005

→ *Critério e níveis de desempenho para a absorvância térmica:* O valor máximo admissível de absorvância à radiação solar das superfícies externas das coberturas, quando novas, e o nível de desempenho, em função das zonas bioclimáticas correspondentes encontram-se indicados na Tabela 19. A medição da absorvância à radiação solar será efetuada conforme procedimentos da Norma ANSI / ASHRAE 74.

Tabela 19 – Critério e nível de desempenho de coberturas quanto à absorção das superfícies externas

Absortância (α coeficiente adimensional) Zonas bioclimáticas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	Nível de desempenho
Sem exigência	M
$0,26 < \alpha \leq 0,40$	I
$\alpha \leq 0,25$	S

Fonte: Projeto 02:136.01.001/5:2005

2.3.6 Desempenho acústico

O nível de desempenho deve ser compatível com o nível de ruído de fundo do local de implantação da obra. Para ruídos ambientes que excedam esse valor, de acordo com a norma NBR 10151, devem ser especificados níveis de desempenho “I” ou “S”, a fim de que sejam atendidos os níveis de conforto estabelecidos na NBR 10152.

a) Requisito para Isolação acústica da cobertura devido a sons aéreos: Proporcionar condições de isolamento acústico para: i) repouso noturno nos dormitórios; ii) para atividades intelectuais nas salas de estar; e iii) descanso e lazer doméstico nas salas de estar.

→ *Critério e níveis de desempenho relacionados com o ensaio de campo para casas térreas:* A vedação externa da unidade habitacional deve apresentar Diferença Padronizada de Nível Ponderada conforme os limites e níveis de desempenho indicados na Tabela 20.

Tabela 20 – Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa ($D_{2m,nT,w}$)

Elemento	$D_{2m,nT,w}$ (dB)	$D_{2m,nT,w}+5$ (dB)	Nível de Desempenho
Vedação externa (fachada + cobertura)	30 a 34	35 a 39	M
	35 a 39	40 a 44	I
	≥ 40	≥ 45	S

Fonte: Projeto 02:136.01.001/5:2005

→ *Critérios e níveis de desempenho relacionados com o ensaio de laboratório adotando-se o Índice de Redução Sonora Ponderado da cobertura:* A cobertura da unidade habitacional deve apresentar Índice de Redução Sonora Ponderado (R_w) conforme os limites e níveis de desempenho indicados na Tabela 21.

Tabela 21 – Índice de Redução Sonora Ponderado da cobertura (R_w)

Elemento	R_w (dB)	$R_w + 5$ (dB)	Nível de Desempenho
Cobertura	35 a 39	40 a 44	M
	40 a 44	45 a 49	I
	≥ 45	≥ 50	S

Fonte: Projeto 02:136.01.001/5:2005

b) Requisito para Isolação de ruído de impacto para as coberturas acessíveis de uso coletivo: Apresentar nível de isolamento acústico, frente aos ruídos transmitidos por impactos, naqueles edifícios, que facultam acesso coletivo à cobertura.

→ *Critério para isolação de ruídos de impactos em coberturas acessíveis de uso coletivo:* As coberturas acessíveis, de uso coletivo, devem apresentar Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado Ponderado ($L'_{nT,w}$) conforme os níveis de desempenho apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 – Critérios de Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado Ponderado, $L'_{nT,w}$, para ensaios de campo

Elemento	$L'_{nT,w}$ (dB)	Nível de Desempenho
Cobertura acessível, de uso coletivo	56 a 65	M
	46 a 55	I
	≤ 45	S

Fonte: Projeto 02:136.01.001/5:2005

2.3.7 Desempenho iluminítico

Este requisito se encontra melhor especificado na NBR 15215.

2.3.8 Durabilidade e manutenibilidade

a) Requisito para a vida útil dos materiais e componentes das coberturas: Apresentar vida útil de projeto conforme períodos especificados projeto 02:136.01-001/1, desde que o sistema de cobertura seja submetido à intervenções periódicas de manutenção e conservação. Este projeto de norma define o grau de agressividade do meio ambiente ao qual os diversos subsistemas de uma edificações serão expostos, conforme Tabela 23, e a partir destas informações, lista requisitos e critérios de durabilidade para todos estes subsistemas.

Tabela 23 – Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental (CAA)	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de Projeto	Risco de deterioração
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1) 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1) 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1) 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um micro-clima com classe de agressividade um nível mais branda para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço, com paredes e tetos revestidos).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade um nível mais branda em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes do edifício protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos.

Fonte: Projeto 02:136.01.001/5:2005

.....

Os materiais e componentes referentes aos sistemas de coberturas, seus respectivos requisitos e critérios de durabilidade, são descritas a seguir.

a.1) Requisito – Proteção contra a corrosão atmosférica de elementos em aço: Promover condições de durabilidade de edifícios habitacionais e sistemas pela proteção contra a corrosão atmosférica do aço.

Aços aclimáveis ou resistentes à corrosão somente desenvolvem camada protetora (pátina) quando a superfície metálica for submetida a ciclos alternados de molhamento, secagem e na presença de SO₂ em concentrações moderadas. O emprego desse material sem pintura de proteção não é admitido em atmosferas marinhas ou industriais. Para outras regiões devem existir aplicações anteriores (mínimo de dois anos) ou estudos que comprovem a formação da camada de pátina contínua e aderente.

a.2) Requisito – Proteção contra a corrosão bimetálica: Promover condições de durabilidade de edifícios habitacionais e seus sistemas pela proteção contra a corrosão bimetálica onde haja a presença de metais de diferentes naturezas.

Nas edificações ou sistemas constituídos por metais de diferentes naturezas (por exemplo: estruturas de *dry wall* em aço, tubos de cobre, caixilhos de alumínio, parafusos de aço, estrutura de aço e telhas de cobre,) submetidas às classes de agressividade III a IV, não deve ocorrer contato direto entre metais cuja diferença de potencial possibilite o desenvolvimento de corrosão galvânica.

Considerando a significativa diferença de potencial, não devem ser admitidos em projeto o contato direto entre: i) cobre e ferro; ii) cobre e alumínio; iii) zinco e ferro; iv) ferro e alumínio; v) zinco e cobre.

O contato direto pode ser evitado: i) pela galvanização dos elementos de ferro; ii) pelo uso de isoladores de borracha ou plástico; iii) por pinturas orgânicas com espessura da película 80 µm; iv) outro procedimento que leve aos mesmos resultados.

.....

a.3) Requisito – Durabilidade de componentes em aço zincado e pré-pintado:
Promover condições de durabilidade de edifícios habitacionais e sistemas que utilizem componentes em aço zincado e/ou pré-pintado.

Nas edificações ou seus sistemas onde se utilize componentes em aço zincado ou pré-pintado, deve ser verificada a possibilidade de desenvolvimento de processos de corrosão.

Caixilhos, gradis, tubulações, telhas e outros componentes fabricados com aço zincado, com ou sem a aplicação de pintura, devem sofrer processo de galvanização preferencialmente por imersão a quente, de acordo com as normas brasileiras aplicáveis.

não devem aparecer pontos característicos de corrosão (observáveis a olho nú), quando os componentes forem submetidos à exposição em câmara de névoa salina, de acordo com a NBR 8094, após os períodos de indicados na Tabela 24.

Tabela 24 – Resistência de chapa de aço galvanizada, com ou sem pintura, à névoa salina

Componente	Período de exposição em função das classes de agressividade ambiental (CAA)		
	CAA I	CAA II	CAA III ou IV
Telhas, chapas e perfis	360 h	420 h	500 h
Parafusos, porcas e outros	120 h	150 h	200 h

NOTA – CAA é a classe de agressividade ambiental em que o edifício está inserido, conforme tabela C1.

Fonte: Projeto 02:136.01.001/5:2005

Não devem aparecer pontos característicos de corrosão (observáveis a olho nú), quando os componentes forem submetidos à exposição em câmara de dióxido de enxofre, de acordo com a norma NBR 8096, pelo número de ciclos indicados na Tabela 25.

.....

Tabela 25 – Resistência de chapa de aço galvanizada, com ou sem pintura, ao dióxido de enxofre

Componente	Número de ciclos de exposição em função das classes de agressividade ambiental (CAA)		
	CAA I	CAA II	CAA III ou IV
Telhas, chapas e perfis	12	16	20
Parafusos, porcas e outros	4	5	7

NOTA – CAA é a classe de agressividade ambiental em que o edifício está inserido, conforme tabela C.1.

Fonte: Projeto 02:136.01.001/5:2005

a.4) Requisito – Durabilidade da madeira: Promover condições de durabilidade de edifícios habitacionais e sistemas pelo tratamento dispensado à madeira utilizada para fins construtivos.

A madeira utilizada para fins construtivos deve ter resistência natural ou ser convenientemente protegida ou tratada contra o ataque de microorganismos, de tal forma que os valores obtidos pelo método de avaliação sejam menores do que os estabelecidos na Tabela 26. Recomenda-se também que a madeira utilizada para fins construtivos tenha resistência natural, ou seja, convenientemente protegida ou tratada contra o ataque de insetos xilófagos, de tal forma que os valores obtidos pelo método de avaliação sejam menores do que os estabelecidos na Tabela 27.

Tabela 26 – Resistência da madeira contra o ataque de microorganismos

Condição da madeira	Máxima perda de massa		
	<i>M</i>	<i>I</i>	<i>S</i>
Natural	10%	8%	5%
Tratada com preservativo	3%	2%	1%

Fonte: Projeto 02:136.01.001/5:2005

Tabela 27 – Resistência da madeira contra o ataque de insetos xilófagos

Condição da madeira	Graus de desgaste superficial – Publicação IPT N° 1157		
	<i>M</i>	<i>I</i>	<i>S</i>
Natural ou tratada com preservativo	4	2 ou 3	Zero ou 1
Grau zero: nenhum orifício produzido Grau 1: no máximo 5% do número de orifícios produzidos no testemunho Grau 2: no máximo 10% do número de orifícios produzidos no testemunho Grau 3: no máximo 15% do número de orifícios produzidos no testemunho Grau 4: no máximo 20% do número de orifícios produzidos no testemunho Recomenda-se consultar a Publicação IPT no. 157.			

Fonte: Projeto 02:136.01.001/5:2005

a.5) Requisito – Durabilidade de componentes em alumínio anodizado:

Promover condições de durabilidade de edifícios habitacionais e sistemas pela verificação da durabilidade de componentes de alumínio anodizado.

A anodização, ou a pré-pintura aplicada sobre anodização, deve atender aos limites estabelecidos nas Tabelas 28 e 29, respeitadas as normas brasileiras pertinentes.

Tabela 28 – Limites para durabilidade de componentes de alumínio anodizado

Determinação	Limite	Método de ensaio
Dureza Vickers(camada anódica)	≥ 350	ABNT NBR 14155
Selagem/perda de massa da camada anódica	$\leq 3 \text{ g/m}^2$	ABNT NBR 9243
Selagem/absorção de corantes (camada anódica)	Ausência de manchas ou, mancha com tonalidade 1	ABNT NBR 12613
Resistência ao dobramento (camada anódica ou em placas pré-pintadas)	Não deve apresentar fissuras ou exposição do metal	Dobramento a 180°, em torno de mandril com diâmetro de 2 mm (observação com aumento de 10 vezes), conforme a ABNT NBR 7398
Resistência à corrosão	tabela 19	ABNT NBR 8094

Fonte: Projeto 02:136.01.001/5:2005

.....

Tabela 29 - Resistência do alumínio anodizado, com ou sem pintura, à névoa salina

Componente	Período de exposição em função das classes de agressividade ambiental (CAA)		
	CAA I	CAA II	CAA III ou IV
Caixilhos, telhas, chapas, perfis e outros componentes de alumínio anodizado	400 h	500 h	600 h
Os componentes, pré-pintados ou não, não devem apresentar pontos característicos de corrosão nem deposições esbranquiçadas (observação a olho nú) após os períodos de ensaio.			

Fonte: Projeto 02:136.01.001/5:2005

O requisito para a vida útil dos materiais e componentes das coberturas, determina ainda dois critérios, estabelecidos especificamente pelo projeto de norma 02:136.01.001/5, que tratam da estabilidade da cor das telhas e o manual de operação, uso e manutenção das coberturas.

→ *Critério e níveis de desempenho para a estabilidade da cor de telhas e outros componentes das coberturas:* A superfície exposta dos componentes pigmentados, coloridos na massa, pintados, esmaltados, anodizados ou qualquer outro processo de tingimento devem apresentar grau de alteração, conforme índices limites índices indicados na Tabela 30, após exposição acelerada durante 1600 horas em câmara (lâmpada com arco de xenônio).

Tabela 30 – Estabilidade da cor para componentes telhas e outros componentes artificialmente coloridos

Tipo de tratamento	Graus de alteração na escala cinza (NBR 8430) para os respectivos níveis de desempenho:		
	M	I	S
Pigmentação na massa, pintura, esmaltação, anodização colorida ou outra	3	3/4 ou 4	4/5 ou 5

Fonte: Projeto 02:136.01.001/5:2005

Avaliação da alteração da cor segundo a NBR 8430 – escala cinza, após exposição acelerada conforme anexo 65, do projeto de norma 02:136.01.001/5.

→ *Critério para o manual de operação, uso e manutenção das coberturas:* Os fabricantes, quer do sistema de cobertura, componentes ou subsistemas, bem como o construtor e o incorporador público ou privado, isolada ou solidariamente, devem

.....

.....

especificar todas as condições de uso, operação e manutenção dos sistemas de coberturas, como definido nas premissas de projeto.

2.3.9 Saúde, higiene e qualidade do ar

Este item se encontra detalhado no projeto 02:136.01-001/1.

2.3.10 Funcionabilidade e acessibilidade

a) Requisito para manutenção dos equipamentos e dispositivos, ou componentes constituintes e integrantes do sistema de cobertura: Possibilitar a instalação, manutenção, e desinstalação de dispositivos e equipamentos necessários à operação do edifício habitacional.

→ *Critério para a instalação, manutenção e desinstalação de equipamentos e dispositivos da cobertura:* O sistema de cobertura deve ser passível de proporcionar meios pelos quais permitam atender fácil e tecnicamente às vistorias, manutenções e instalações previstas em projeto.

O projeto deve: i) compatibilizar o disposto nas normas NBR 5419,10844, 9575; ii) prever todos os componentes, materiais e seus detalhes construtivos integrados ao sistema de cobertura; iii) prever meios de acesso incluindo-se: condições de segurança; condições ergonômicas para inspeções e realização dos serviços de manutenção, bem como desinstalação. O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo), ou seja, atende ao projeto e às premissas de projeto.

2.3.11 Adequação ambiental

Considerando-se que a avaliação técnica do impacto gerado ao meio-ambiente, pelas atividades da cadeia produtiva da construção, ainda é objeto de muitas pesquisas, e que no atual estado da arte não é possível estabelecer Critérios, Métodos de Avaliação e Níveis de Desempenho, recomenda-se para as Edificações a consideração dos aspectos relacionados no item 18 do projeto de norma 02:136.01.001/1. Tal item aborda as questões de racionalização do uso dos recursos naturais, da minimização do consumo de água, e que, de forma geral, os empreendimentos e sua infra-estrutura (arruamento, drenagem, rede de água, gás, esgoto, telefonia, energia) devem ser projetados, construídos e mantidos de forma a minimizar as alterações no ambiente.

2.2 Parâmetros e condições de conforto

Em complementação aos requisitos e critérios estabelecidos no item 11 do Projeto de Norma 02:136.01.001/5, referente ao desempenho térmico dos sistemas de cobertura, serão abordados, neste item, os parâmetros e as condições de conforto estabelecidos pela NBR 15220 (ABNT, 2005).

O citado projeto estabelece um zoneamento bioclimático para o Brasil, o qual compreende 8 (oito) diferentes zonas (Figura 63), como também aponta diretrizes construtivas relativas ao sistema de coberturas, para cada uma dessas zonas, conforme demonstra a Tabela 31. Para a formulação das diretrizes construtivas para cada Zona bioclimática brasileira e para o estabelecimento das estratégias de condicionamento térmico passivo, foram considerados os parâmetros e condições de contorno seguintes:

- a) tamanho das aberturas para ventilação;
- b) proteção das aberturas;

c) vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura); e

d) estratégias de condicionamento térmico passivo.

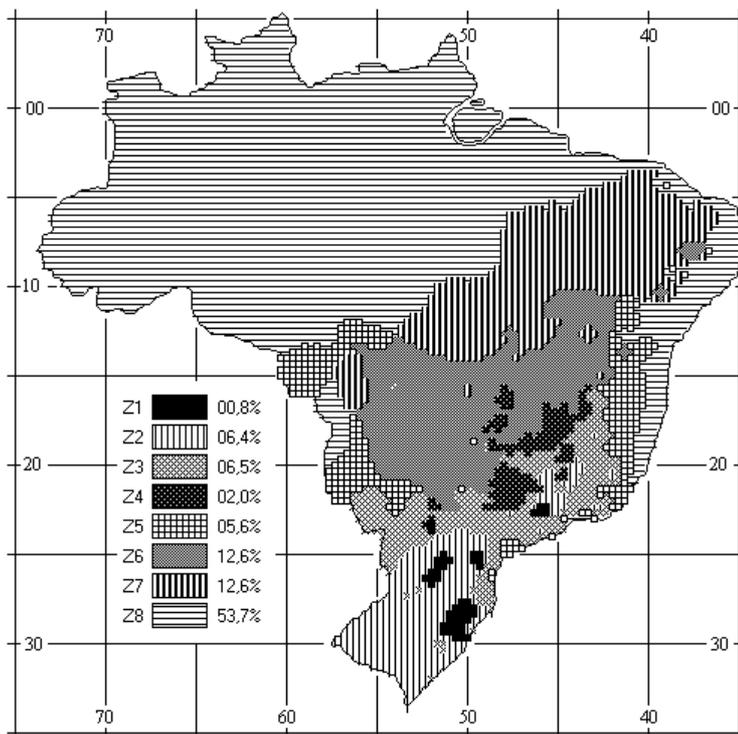


Figura 63 - Zoneamento bioclimático brasileiro. Fonte: NBR 15220/05

Tabela 31 – Diretrizes construtivas de cada zona bioclimática

ZONAS	ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO	SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS	COBERTURA	EXEMPLO
Z 1	médias	permitir sol durante período frio	leve isolada	Caxias do Sul, RS
Z 2	médias	permitir sol durante o inverno	leve isolada	Ponta Grossa, PR
Z 3	médias	permitir sol durante o inverno	leve isolada	Florianópolis, SC
Z 4	médias	sombrear aberturas	leve isolada	Brasília, DF
Z 5	médias	sombrear aberturas	leve isolada	Santos, SP
Z 6	médias	sombrear aberturas	leve isolada	Goiânia, GO
Z 7	pequenas	sombrear aberturas	pesada	Picos, PI
Z 8	grandes	sombrear aberturas	leve refletora	Belém, PA

Fonte: NBR 15220/05

Esta norma também apresenta as definições relativas ao tamanho das aberturas para ventilação e os parâmetros térmicos, proposto pelas diretrizes construtivas para paredes e coberturas, conforme Tabelas 32 e 33.

Tabela 32 - Aberturas para ventilação

Aberturas para ventilação	A (em % da área de piso)
Pequenas	$10\% < A < 15\%$
Médias	$15\% < A < 25\%$
grandes	$A > 40\%$

Fonte: NBR 15220/05

Tabela 33 - Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico admissível para cada tipo de vedação externa

Vedações externas	Transmitância térmica – U (W/m ² .K)	Atraso térmico - φ (horas)	Fator solar – FSo (%)	
Coberturas	Leve isolada	$U \leq 2,00$	$\varphi \leq 3,3$	FSo $\leq 6,5$
	Leve refletora	$U \leq 2,30.FT$	$\varphi \leq 3,3$	FSo $\leq 6,5$
	Pesada	$U \leq 2,00$	$\varphi \leq 6,5$	FSo $\leq 6,5$

Fonte: NBR 15220/05

A partir desses dados, pode-se adotar diferentes soluções de tipos de cobertura para cada zona bioclimática brasileira, como mostram as Tabelas 34, 34a e 34b.

Tabela 34 - Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico admissível para cada tipo de cobertura

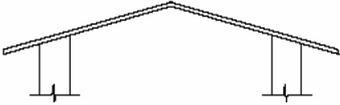
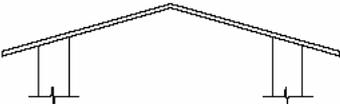
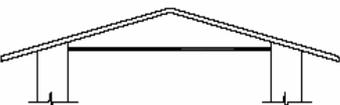
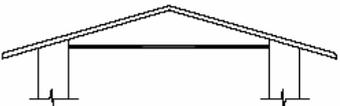
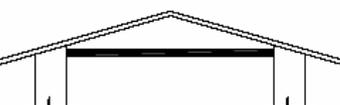
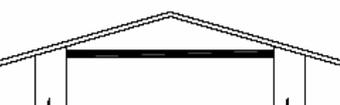
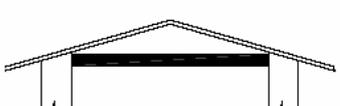
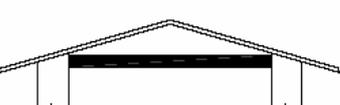
Cobertura	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Cobertura de telha de barro sem forro Espessura da telha: 1,0cm	4,55	18	0,3
	Cobertura de telha de fibrocimento sem forro Espessura da telha: 0,7cm	4,60	11	0,2
	Cobertura de telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0cm Espessura da madeira: 1,0cm	2,00	32	0,3
	Cobertura de telha de fibrocimento com forro de madeira Espessura da telha: 0,7cm Espessura da madeira: 1,0cm	2,00	25	0,3
	Cobertura de telha de barro com forro de concreto Espessura da telha: 1,0cm Espessura da madeira: 3,0cm	2,24	84	2,6
	Cobertura de telha de fibrocimento com forro de concreto Espessura da telha: 1,0cm Espessura da madeira: 3,0cm	2,25	77	2,6
	Cobertura de telha de barro com forro de laje mista Espessura da telha: 1,0cm Espessura da laje: 12,0cm	1,92	113	3,6
	Cobertura de telha de fibrocimento com forro de laje mista Espessura da telha: 0,7cm Espessura da laje: 12,0cm	1,93	106	3,6

Tabela 34a – Continuação - Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico admissível para cada tipo de cobertura

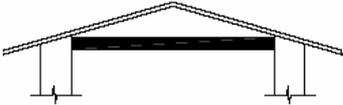
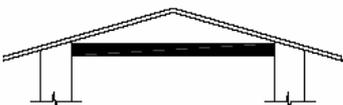
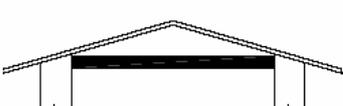
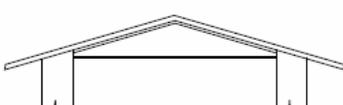
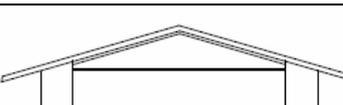
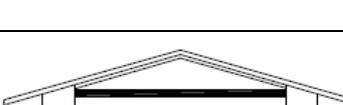
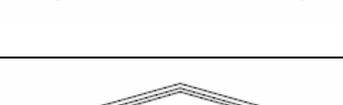
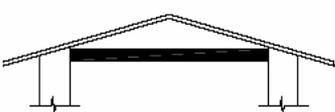
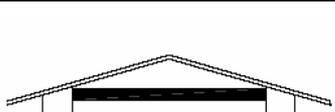
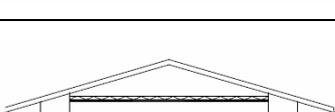
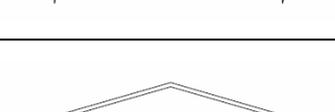
Cobertura	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 20cm Espessura da telha: 1,0cm	1,84	458	8,0
	Cobertura de telha de fibrocimento com laje de concreto de 20cm Espessura da telha: 0,7cm	1,99	451	7,9
	Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 25cm Espessura da telha: 1,0cm	1,75	568	9,3
	Cobertura de telha de fibrocimento com laje de concreto de 25cm Espessura da telha: 0,7cm	1,75	561	9,2
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 1,0cm Espessura da madeira: 1,0cm	1,11	32	2,0
	Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 0,7cm Espessura da madeira: 1,0cm	1,16	25	2,0
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de concreto Espessura da telha: 1,0cm Espessura do concreto: 3,0cm	1,18	84	4,2
	Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de concreto Espessura da telha: 0,7cm Espessura do concreto:	1,18	77	4,2

Tabela 34b – Continuação - Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico admissível para cada tipo de cobertura

Cobertura	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de laje mista Espessura da telha: 1,0cm Espessura da laje: 12,0cm	1,09	113	5,4
	Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de laje mista Espessura da telha: 0,7cm Espessura da laje: 12,0cm	1,09	106	5,4
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de laje de concreto de 20cm Espessura da telha: 1,0cm	1,06	458	11,8
	Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de laje de concreto de 20cm Espessura da telha: 0,7cm	1,06	451	11,8
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de laje de concreto de 25cm Espessura da telha: 1,0cm	1,03	568	13,4
	Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de laje de concreto de 25cm Espessura da telha: 0,7cm	1,03	561	13,4
	Cobertura de telha de barro, com 2,5cm de lã de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0cm Espessura madeira: 1,0cm	0,95	33	2,3
	Cobertura de telha de barro, com 5,0cm de lã de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0cm Espessura madeira: 1,0cm	0,62	34	3,1

Os dados referentes às propriedades térmicas dos materiais constituintes dos sistemas de coberturas encontram-se listados na Tabela 35.

Tabela 35 – Propriedades térmicas dos materiais utilizados nas tabelas 34, 34a e 34b

Material	ρ (kg/m ³)	λ (W/(m.K))	c (kJ/(kg.K))
Cerâmica	2000	1,05	0,92
Fibro-cimento	1900	0,95	0,84
Madeira	600	0,14	2,30
Concreto	2200	1,75	1,00
Lâmina de alumínio polido ($\varepsilon < 0,2$)	2700	230	0,88
Lã de vidro	50	0,045	0,70

Fonte: NBR 15220/05

Deve-se atentar que, apesar da semelhança entre a transmitância térmica da cobertura com telhas de barro e aquela com telhas de fibrocimento, o desempenho térmico proporcionado por estas duas coberturas é significativamente diferente pois as telhas de barro são porosas e permitem a absorção de água (de chuva ou de condensação). Esse fenômeno contribui para a redução do fluxo de calor para o interior da edificação, pois parte deste calor será dissipada no aquecimento e evaporação da água contida nos poros da telha. Dessa forma, sugere-se a utilização de telhas de barro em seu estado natural, ou seja, isentas de quaisquer tratamentos que impeçam a absorção de água.

Referências

ABREA. **Associação Brasileira dos Expostos ao Amianto**. Disponível em: <www.abrea.com.br/02amianto.htm> . Acesso em 10 jul. 2007.

ALCOA. **Telhas Alcoflon**: Catálogo do fabricante. Janeiro/2000.

ANCAPLAST. **Catálogo do fabricante**. Disponível em: <www.ancaplast.com.br>. Acesso em: 10 jul. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações** - Parte 1 a Parte 5. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Projeto 02:136.01-001/5**. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho Parte 5: Requisitos para sistemas de cobertura. Versão: Mai 2006.

ATCO PLÁSTICOS. **Catálogo do fabricante**. Disponível em: <www.atco.com.br/produtos/telhas_pp.asp>. Acesso em 11 jul. 2007.

CARDOSO, F. F. **Coberturas em telhados**: notas de aula. / Francisco Ferreira Cardoso (elab.). PCC/USP. São Paulo, 2000.

CBA - COMPANHIA BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. **Catálogo do fabricante**. Grupo Votorantim, Agosto/2006.

CERÂMICAS UNIÃO. **Catálogo de Produtos**. Disponível em: <www.ceramicauniao.com.br/produtos_telhas.htm> Acesso em 20 jul. 2007

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL - FACENS. **Coberturas**: anotações de aula 06/ disciplina de Técnicas de Construção Civil. Sorocaba : DENGE, 2001.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL - UEPG. **Notas de aulas** / disciplina de Construção Civil. Carlan Seiler Zulian; Elton Cunha Doná (elab.). Ponta Grossa: DENGE, 2001.

DICIONÁRIO AURÉLIO. **Novo Dicionário Eletrônico Aurélio versão 5.0**. 3ª. Edição. Edição eletrônica Positivo Informática Ltda. Positivo, 2005.

ETERNIT. **Catálogo**: Telhas de fibrocimento. Disponível em: <<http://www.eternit.com.br/>>. Acesso em 5 ago. 2007.

.....

PERKROM. **Perfilor Perkrom Heironville**: Catálogo do fabricante. Disponível em: <<http://www.perkrom.com.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2007.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de construção** / Eládio G. R. Petrucci. – 10. ed. – São Paulo : Globo, p. 342-344, 1995.

ROSSIGNOLO, J. A.; FABRÍCIO, M. M. **Coberturas**. Notas de aula / João Adriano Rossignolo e Márcio Minto Fabrício (elab.). EESC/USP. São Carlos, 2005.

STARCOLOR. **Anodização**. Disponível em: <<http://www.starcolor.com.br/servicos/anodizacao/index.asp>>. Acesso em: 16 ago. 2007.

SOUZA, R. et al. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de obras**. São Paulo: Pini, 1996. 275p.

TC SHINGLE. **Catálogo do fabricante**. Disponível em: <www.tcshingle.com.br/>. Acesso em 20 jul. 2007.

TÉGULA. **Catálogo 2006**. Disponível em: <www.tegula.com.br/especificador.asp> . Acesso em 10 jul. 2007.

TELHA LEVE. **Informações do fabricante**. Disponível em: <www.telhasleve.com.br/>. Acesso em: 11 jul. 2007

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. São Paulo, Editora Pini – SindusCon-SP, 1998.

Exercício para desenho de telhado

