



9. IMPERMEABILIZAÇÕES E ISOLAMENTOS (09.00.00)

9.1. OBJETIVO

Este item do Caderno de Encargos da SUDECAP tem como objetivo determinar as diretrizes básicas para execução dos serviços de impermeabilizações e isolamentos.

9.2. DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA

Para melhor orientação consultar as seguintes normas:

- NBR 101 - Tratamento Acústico em recintos fechados
- NBR 5628 - Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo;
- NBR 7686 – Revestimentos têxteis de piso;
- NBR 8537 - Espuma flexível de poliuretano - Determinação da densidade;
- NBR 8681 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;
- NBR 9178 - Espuma flexível de poliuretano - Determinação das características de queima;
- NBR 9227 – Véu de fibras de vidro para impermeabilização;
- NBR 9228 – Feltros asfálticos para impermeabilização;
- NBR 9229 – Mantas de Butil para impermeabilização;
- NBR 9574 – Execução de Impermeabilização;
- NBR 9575 – Impermeabilização – Execução e Projeto;
- NBR 9685 - Emulsão asfáltica para impermeabilização;
- NBR 9686 – Solução e emulsão asfálticas empregadas como material de imprimação na impermeabilização;
- NBR 9690 - Impermeabilização - Mantas de cloreto de polivilina (PVC);
- NBR 9910 – Asfaltos modificados para impermeabilização sem adição de polímeros – características de desempenho;
- NBR 9952 - Manta asfáltica para impermeabilização;
- NBR10151 - Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento;
- NBR 10152 – Níveis de Ruído para Conforto Acústico;
- NBR10662 - Isolantes térmicos pré-moldados de silicato de cálcio – Especificação;
- NBR 10830 – Caixilhos para edificação – Acústica dos Edifícios;
- NBR 11358 – Painéis termoisolantes à base de lã de vidro;
- NBR 11360 – Isolantes térmicos de lã de vidro – flocos;
- NBR 11361 – Mantas termoisolantes à base de lã de vidro;
- NBR 11362 – Feltros termoisolantes à base de lã de vidro;
- NBR 11752 - Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial;
- NBR 11797 - Mantas de etileno-propileno-dieno-monômero (EPDM) para impermeabilização;
- NBR 11905 – Sistema de impermeabilização composto por cimento impermeabilizante e polímeros;



- NBR 11957 - Reverberação – análise do tempo de reverberação em auditórios.
- NBR11982 - Cimento isolante térmico à base de silicato de cálcio - Determinação da resistência à compressão;
- NBR12094 - Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmico - Determinação da condutividade térmica;
- NBR 12170 - Potabilidade de água aplicável em sistemas de impermeabilização;
- NBR 12171 - Aderência aplicável em sistema de impermeabilização composto por cimento impermeabilizante e polímeros;
- NBR 12179 – Tratamento acústico em recintos fechados;
- NBR 12197 – Tratamento acústico em recintos fechados.
- NBR 13121 - Asfalto elastomérico para impermeabilização;
- NBR 13321 - Membrana acrílica para impermeabilização;
- NBR 13724 - Membrana asfáltica para impermeabilização com estruturante aplicada a quente;
- NBR 13867 – Revestimento interno de paredes e tetos com pastas de gesso – materiais, preparo, aplicação e acabamento;
- NBR 14313 - Barreiras acústicas para vias de tráfego - Características construtivas;
- NBR 14432 - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento;
- NBR 14715 – Chapas de gesso acartonado – Requisitos;
- NBR 15414 - Membrana de poliuretano com asfalto para impermeabilização;
- NBR 15352 - Mantas termoplásticas de polietileno de alta densidade (PEAD) e de polietileno linear (PEBDL) para impermeabilização;
- NBR 15460 - Membrana elastomérica de isobutileno isopreno em solução para impermeabilização;
- NBR 15375 - Bocal de etileno-propileno-dieno monômero (EPDM) para impermeabilização de descida de águas;
- NBR 15487 - Membrana de poliuretano para impermeabilização;
- NBR ISO31-7 - Grandezas e unidades - Parte 7: Acústica;
- NR-15 – Norma Regulamentadora – Ministério do Trabalho e Emprego;
- TB143 - Poluição sonora.

9.3. IMPERMEABILIZAÇÃO

9.3.1. Objetivo

Estas especificações têm por finalidade definir qualitativamente os materiais de impermeabilização a serem utilizados na obra e as condições especiais para a execução dos serviços.

9.3.2. Definições

A impermeabilização constitui-se de um sistema de proteção contra a infiltração de água, através do emprego de materiais e técnicas apropriadas, tais como: argamassa rígida com hidrofugante, pintura, mantas especiais e feltro asfáltico, etc.

a. Manta

Produto impermeável, industrializado, obtido por calandragem, extensão ou outros processos, com características definidas.

**b. Membrana**

Produto ou conjunto impermeabilizante, moldado no local, com ou sem armadura.

9.3.3. Classificação dos Sistemas de Impermeabilização

Os sistemas de impermeabilização são classificados de acordo com suas diferenças de concepção, princípio de funcionamento, materiais, técnicas de aplicação etc. Essas variações servem de base para diversas classificações, que podem auxiliar na compreensão e comparação dos sistemas disponíveis no mercado.

a. Classificação quanto à solicitação imposta pela água

Os sistemas podem ser classificados quanto à solicitação imposta pela água: água sob pressão, água de percolação e umidade do solo.

a.1. Contra água sob pressão

Contra a água que está confinada ou não, exercendo pressão hidrostática superior a 0,10m.

a.2. Contra água de percolação

Contra a água que atua sobre superfícies, não exercendo pressão hidrostática superior a 0,10m, ou seja, é aquela que, obedecendo a lei da gravidade, escorre sobre as superfícies em direção determinada.

a.3. Contra a umidade do solo

Contra a água existente no solo, aderida e absorvida pelas partículas deste, podendo agir por contato lateral ou subpressão capilar nos materiais empregados na construção.

b. Classificação quanto à exigência de proteção**b.1. Sistemas que dispensam proteção**

São aqueles em que o próprio material impermeabilizante utilizado em todas as camadas, ou pelo menos nas mais externas, é resistente às intempéries e de cor clara, podendo ser usado sem proteção mecânica ou solar. São sistemas concebidos para ficarem expostos, atendendo a exigências estéticas e de leveza.

b.2. Sistemas auto-protegidos

São sistemas pré-fabricados cujas mantas recebem, ainda durante a fabricação, um revestimento refletivo (folha de alumínio, acabamento plástico de cor clara) que dispensa a proteção mecânica.

b.3. Sistemas que podem ser utilizados com pintura refletiva

São aqueles em que o material impermeabilizante é de cor escura não resistente ao intemperismo, exigindo proteção solar mas dispensando a proteção mecânica.

b.4. Sistemas que exigem proteção mecânica

São sistemas que não dispensam a proteção mecânica, mesmo que a cobertura seja inacessível, uma vez que uma simples proteção solar não seria suficiente para uma durabilidade satisfatória.

c. Classificação quanto à execução**c.1. Sistemas executados no local**

Argamassas impermeáveis, membranas asfálticas, membrana de elastômeros (polímeros), membranas termoplásticas, cristalização, cimento polimérico, resinas epoxídicas.

c.2. Sistemas pré-fabricados

Manta de elastômeros, mantas termoplásticas, manta de asfalto com armadura.

d. Classificação quanto à flexibilidade**d.1. Rígidos**

Baixa capacidade de absorver deformações da base (principalmente deformações concentradas, em fissuras e trincas). Dentro desse sistema encontram-se as argamassas e concretos impermeáveis, os



cimentos e cimentos cristalizantes.

- Concreto impermeável;
- Argamassa impermeável (*)
- Cimentos Poliméricos e Cristalizantes;
- Cimentos impermeabilizantes e polímeros;
- Cimentos impermeabilizantes e líquidos seladores;
- Bloqueadores hidráulicos;
- Cristalização superficial (*);
- Cristalização interior (*).

d.2. Flexíveis

Esses materiais são conhecidos também como elásticos, constituídos de materiais asfálticos ou polímeros sintéticos. Suportam deformações da base com amplitudes variáveis (em função do sistema de impermeabilização), acompanhando os movimentos normais que lhe são impostos, sem perder a continuidade pelo surgimento de fissuras, ranhuras, rompimentos ou outras falhas.

- Feltro asfáltico;
- Solução asfáltica;
- Resina epoxídica;
- Membranas de emulsão asfáltica;
- Membranas de emulsão polimérica;
- Membranas de emulsão - Asfalto modificado;
- Membrana de Neoprene Hypalon;
- Manta butil ou EPDM;
- Manta de PVC;
- Mantas de asfalto oxidado (*);
- Mantas de asfalto modificado (*);
- Mastique (*).

d.3. Observações

Os asteriscos (*) sinalizam os sistemas mais utilizados.

9.3.4. Proteção da impermeabilização

A proteção mecânica é uma camada sobrejacente à impermeabilização, necessária para minimizar os danos eventuais do sistema impermeabilizante, protegendo-a da ação de agentes atmosféricos e mecânicos.

Os principais danos são causados por ações físicas, como de puncionamento dinâmico e estático, ou abrasão. Os danos causados pelo intemperismo também deverão ser considerados, especialmente a ação dos raios ultravioleta. Devem ser consideradas também as ações dos ventos e o efeito de sucção.

A proteção mecânica deverá se adequar ao tipo de solicitação; portanto, adota-se como áreas transitáveis aquelas que possuem trânsito de veículos, e não transitáveis aquelas que possuem apenas trânsito de pessoas.

Poderá ainda ser utilizado isolamento térmico ou não.

**a. Tipos de proteção****a.1. Pinturas Refletivas**

São proteções somente contra a radiação solar, sendo utilizados em situação em que a proteção mecânica possa ser dispensada, como em coberturas inacessíveis ou onde haja trânsito ocasional de manutenção, por exemplo. As pinturas refletivas são aplicadas sobre as mantas ou membranas, e geralmente são elaboradas à base de alumínio.

a.2. Proteção Mecânica Simples

Constitui o piso final, sendo utilizada em áreas acessíveis, podendo ser constituída de argamassa, concreto armado ou piso (cerâmica, pedra natural).

a.3. Proteção Mecânica do tipo Material Solto

Constituída pela colocação de materiais granulares soltos (brita, argila expandida), podendo ser utilizada em cobertura inacessíveis e de pequena inclinação.

a.4. Proteção Mecânica do tipo Sombreamento

Utilizada em coberturas acessíveis aos pedestres, é constituída de placas sobre pilaretes, de forma a obter colchão de ar entre as placas e cobertura. Atua também como um isolamento térmico.

9.3.5. Condições Específicas**a. Projeto de impermeabilização****a.1. Introdução**

O projeto de impermeabilização deverá ser desenvolvido conjuntamente com o projeto geral e os demais projetos complementares, de modo a serem previstas as correspondentes especificações em termos de dimensões, cargas e detalhes. Sua função é elaborar, analisar, planificar, detalhar, discriminar e adotar todas as metodologias adequadas visando o bom comportamento da impermeabilização, compatibilizando os possíveis sistemas impermeabilizantes a serem adotados com a concepção da edificação.

Alguns procedimentos básicos são: camada de regularização, caimento mínimo, cantos e arestas arredondados, para evitar danos às mantas, preocupação com a isolação térmica e mecânica.

Ao projetar uma impermeabilização, deve-se levar em consideração não apenas o desempenho do material isoladamente, mas o comportamento deste, integrado no conjunto. Portanto, é fundamental a análise da interdependência dos materiais com o projeto em questão.

Deve-se observar também a condição local de trabalho, que pode ser determinante, influenciando a exequibilidade da impermeabilização ou o cronograma da obra, por exemplo.

O projeto de impermeabilização deve conter a solução de todos os problemas de impermeabilização possíveis, especificar os materiais que serão utilizados em cada caso, e a técnica de aplicação desses materiais, em cada local. É necessário também que o projeto de impermeabilização determine os serviços complementares à impermeabilização.

A especificação de um sistema de impermeabilização deve ser analisada também considerando os custos dos materiais e mão-de-obra, a durabilidade prevista para a impermeabilização, os riscos e segurança patrimonial e a possibilidade de manutenção e conservação.

a.2. Desenvolvimento do projeto

O especialista em impermeabilizações deverá participar do desenvolvimento do projeto arquitetônico desde a sua concepção inicial, informando ao arquiteto sobre as possibilidades e opções de sistemas e materiais impermeabilizantes, sua especificação e dimensionamento.

Em seguida, identifica-se os locais da edificação que serão impermeabilizados, fazendo-se, então, um levantamento indicando cotas, níveis, pontos de revestimentos, etc. É desejável que tais locais sejam identificados antes do lançamento definitivo da estrutura.

Após a finalização dos projetos definitivos de arquitetura, fundações e estrutura, passa-se à fase de



dimensionamento dos sistemas e às correções necessárias, preparando então o que chamamos de anteprojeto de impermeabilização.

O projeto executivo da obra permitirá o término do projeto definitivo de impermeabilização.

a.3. Projeto de arquitetura

Para cada trecho da construção sujeito à ação da água ou umidade deverá ser prevista uma solução técnica, acompanhada da definição de detalhes construtivos.

a.4. Projeto de instalações

Tem profunda relação com a impermeabilização, pois os seus elementos interferem diretamente nesta última, seja por causa das tubulações emergentes e transpassantes, elétricas e hidráulicas ou porque os condutores de águas pluviais são a seqüência do caminho percorrido pela água sobre a lâmina impermeabilizante.

O dimensionamento das redes coletoras de águas pluviais deve ser consoante com projeto de impermeabilização, cabendo aí a análise da quantidade de ralos e distâncias entre os mesmos.

Este tópico costuma causar sérios problemas se não for visto a tempo, pois impedirá a obediência à norma no tocante a caimentos ou então causará dificuldades quanto a níveis (alturas) disponíveis para soleiras ou desníveis para interiores.

a.5. Projeto de estruturas

Partindo do princípio de que as estruturas nas edificações deverão ser dimensionadas para suportar diversos tipos de movimentos, cargas e mutações climáticas de acordo com a umidade relativa, a temperatura, o vento, a chuva, faz-se necessário protegê-las de infiltrações e do calor, para se obter maior vida útil dos materiais de construção, do concreto e dos materiais plásticos, dando melhor desempenho e conforto às edificações.

O calculista precisa ser informado sobre o tamanho da sobrecarga em função dos revestimentos devidos às argamassas de regularização e caimentos e, em alguns casos, pavimentação e proteções mecânicas que a impermeabilizarão requer. Outra informação importante no relacionamento com o calculista diz respeito à possibilidade de se dar caimentos nas próprias lajes, evitando-se, com isto, as regularizações.

Devem ser observadas características específicas do projeto estrutural (tipo e finalidade da estrutura, deformações previstas e posicionamento das juntas etc.) e condições externas às estruturas (solicitação imposta às estruturas pela água: água sob pressão unilateral, água sob pressão bilateral, água de percolação, umidade do solo).

Considerar também as solicitações impostas à impermeabilização:

- Cargas estáticas (como o peso da proteção e cargas estáticas de jardins etc.);
- Cargas dinâmicas (passagem de veículos etc.);
- Água sob pressão, que tende a comprimir a impermeabilização contra a estrutura (reservatório, piscinas);
- Água sob pressão, que tende a destacar a impermeabilização da estrutura (subsolo com lençol freático com a aplicação da impermeabilização pelo lado interno);
- Variação de temperatura;
- Choque;
- Abrasão;
- Trânsito;
- Vibrações;
- Agressividade do meio (ex.: tanques de rejeitos industriais, etc.).



a.6. Projeto de Detalhamento e Acabamento

Os projetos de detalhamento e acabamento deverão ser elaborados prevendo a execução da impermeabilização.

a.7. Projeto de Drenagem

Os projetos de drenagem em jardineiras ou em lajes de subsolo deverão ser concebidos e compatibilizados com a impermeabilização.

a.8. Projeto de ar condicionado

As técnicas de economia de energia elétrica em instalações de ar condicionado conduzem a construções de grandes sistemas de resfriamento (ex.: torres de água gelada etc); este tipo de estrutura não poderá ser impermeabilizada sem que se faça um detalhado projeto.

a.9. Projeto de isolamento térmica

Quase sempre que se faz necessário o isolamento térmico de uma laje, este está associado à impermeabilização. Também neste caso, é desejável a participação do especialista para o correto dimensionamento e posicionamento

a.10. Pavimentação

Com exceção das coberturas expostas, normalmente as impermeabilizações são protegidas e ficam sob algum tipo de pavimentação. É o caso de grandes pátios descobertos, áreas de estacionamento, etc.

As solicitações decorrentes da pavimentação deverão ser levadas em consideração na impermeabilização, sendo também importante a participação de especialista na definição do sistema.

a.11. Outros Projetos

Eventualmente, outros projetos poderão ter alguma vinculação com a impermeabilização, tais como:

- Acústico;
- Sonorização;
- Luminotécnico;
- Instalações de prevenção e combate a incêndio;
- Barreira de vapor.

b. Materiais

b.1. Cimentos impermeabilizantes

São cimentos de diversos tipos, com incorporação de outros produtos químicos, que proporcionam características de impermeabilidade. Podem ser de dois tipos: osmóticos e não osmóticos.

Os primeiros, também chamados de cristalização, possuem características de pequena penetração nos capilares do concreto, colmatando-os.

O segundo tipo, também chamado de revestimento polimérico, é utilizado com resina (do tipo acrílico), possui melhor aderência ao substrato e maior flexibilidade.

São sistemas considerados rígidos e, nas estruturas sujeitas a fissuras, necessitam de tratamento com mastiques nestes locais. O substrato deverá ser concreto, argamassa ou alvenarias.

Utilizados para impermeabilização de locais onde o conjunto estrutural apresenta rigidez, com pequenas variações de temperatura, como reservatórios inferiores com fundação independente da do edifício, piscinas, tanques, floreiras, estações de tratamento de água, solos, galerias e cortinas submetidas a pressões hidrostáticas positivas ou negativas (águas que percolam para o interior do ambiente, onde é somente possível impermeabilizar pelo lado interno, como em lençóis freáticos).

Também aplicável na impermeabilização de banheiros, cozinhas, lavanderia e outros locais sujeitos à umidade.



Os cimentos com incorporação de polímeros são, no entanto, menos rígidos, podendo, em alguns casos, ser utilizados em reservatórios elevados. Deve-se reforçar os pontos críticos com incorporação de tela de poliéster ou nylon.

b.2. Concreto impermeável

Sistema de impermeabilização constituído por agregados, cimento e água com utilização de aditivos. É utilizado mais freqüentemente em obras enterradas, tais como galerias, sub-solos, muros de arrimo, reservatórios de água etc.

b.3. Argamassa impermeável

Sistema rígido de impermeabilização, constituído de areia, cimentos, aditivo impermeabilizante e água.

O aditivo impermeabilizante é um produto à base de estereato, ácido graxo etc. que, adicionado às argamassas, confere às mesmas características impermeáveis.

A argamassa, aplicada em superfície, forma uma pasta que, quando endurecida, apresenta propriedades impermeabilizantes. É um sistema destinado a locais onde o conjunto estrutural apresenta rigidez, onde há pequenas variações de temperatura. O substrato deverá ser concreto, podendo ser aplicado com restrição sobre argamassas ou alvenarias.

Adequa-se bem em pressões negativas (águas que percolam para o interior do ambiente, onde é somente possível impermeabilizar pelo lado interno). Utilização: subsolos, reservatórios inferiores, com fundação independente a do edifício, túneis e galerias.

b.4. Asfalto oxidado

É aquele produzido a partir do asfalto de destilação direta através da passagem de ar em temperaturas elevadas. A oxidação diminui a termo-sensibilidade do asfalto de destilação direta e produz alterações em suas propriedades, principalmente quanto à diminuição de suscetibilidade térmica, isto é, da tendência a modificar a sua consistência pelo efeito da temperatura.

Os asfaltos oxidados não são elásticos, apenas possuem plasticidade. Deformam-se em torno de 10% (sem modificação com óleos e polímeros), são quebradiços em baixas temperaturas e possuem baixa resistência à fadiga.

São utilizados para o sistemas de membranas de feltro e asfalto, mantas asfálticas, e como adesivo para mantas asfálticas. É um sistema de uso decrescente na impermeabilização.

b.5. Emulsão asfáltica / Adesivo Hidro-asfáltico

É produzida através da emulsificação em água do asfalto CAP (cimento asfáltico de petróleo). Normalmente, são adicionadas cargas com o objetivo de melhorar sua resistência ao escorrimento em temperaturas mais elevadas.

Possui um teor de sólidos entre 50% a 65%.

Apresenta baixa flexibilidade, principalmente depois de envelhecido, não tendo resistência à fadiga e elasticidade, restringindo a sua utilização em situações de menor exigência de desempenho.

Alguns FABRICANTES incorporam polímeros plastoméricos ou elastoméricos para um incremento de flexibilidade. Isto pode, dependendo da formulação, provocar um aumento da absorção de água do produto.

São utilizados no sistema de membrana de emulsão asfáltica com armaduras de véu de fibra de vidro, véu ou tela de poliéster ou nylon.

Também é recomendada a sua utilização na vedação interna de caixas em geral (água pluvial, esgoto sanitário, passagem de rede elétrica e telefonia). A emulsão não deve ser inflamável, e deve ser adequada para aplicação à temperatura acima do ponto de congelamento da água, sem diluição ou aquecimento, devendo aderir a superfícies secas e úmidas.

Não é recomendada sua utilização em piscinas, reservatórios ou outros locais com água sob pressão, sendo adequado somente para água de percolação.

São apresentadas nas seguintes formas:



- emulsão asfáltica com carga;
- emulsão asfáltica sem carga;
- emulsão asfáltica com fibras de amianto;
- emulsão asfáltica modificada com polímeros.

b.6. Solução asfáltica

É produzida principalmente a partir da solubilização do asfalto oxidado em solvente apropriado, de forma a permitir a sua aplicação a frio. Após a evaporação do solvente, adquire as propriedades do asfalto antes da solubilização.

Seu principal uso é como primer para utilização dos sistemas de feltro e asfalto ou de mantas asfálticas.

b.7. Membrana asfáltica

Sistema flexível indicado para locais onde o conjunto estrutural apresenta movimentações. O substrato de aplicação poderá ser concreto, argamassa, alvenarias, *deck* de madeira.

O sistema é constituído da aplicação de várias demãos de asfalto polimérico em emulsão ou solução, sendo estruturado com uma tela de poliéster. É contínuo, não tem emendas.

Utilização: coberturas, estacionamentos, jardineiras, piscinas e reservatórios.

b.8. Manta asfáltica

Sistema flexível de impermeabilização indicado para locais onde o conjunto estrutural apresenta movimentações. O substrato de aplicação poderá ser concreto, argamassa, alvenarias, *deck* de madeira.

Exemplos de utilização: em coberturas, estacionamentos, jardineiras, piscinas, reservatórios.

b.9. Emulsão polimérica

É produzida a partir da emulsificação de polímeros sintéticos. As emulsões podem ser dos tipos pura ou estirenadas.

A grande maioria dos impermeabilizantes acrílicos são formulados a partir de resinas acrílicas estirenadas. O estireno na formulação, artifício para menor custo, provoca diminuição da durabilidade do produto, tendendo a craquear, amarelar, aderir sujeira, etc.

O mais adequado é a utilização de resina acrílica pura, pois possui excelente resistência aos raios ultravioleta, não retém sujeira, não amarela e não perde a flexibilidade.

Emulsões acrílicas são utilizadas com a incorporação de telas de poliéster ou nylon em impermeabilizações expostas as intempéries como lajes sheds, abóbadas etc.

Possui absorção d'água relativamente elevada (entre 10% a 15%), devendo ser aplicada em lajes com perfeita inclinação, de forma a não ocorrer empoçamento d'água. Não devem ser utilizados em lajes com proteção mecânica ou com exigências de desempenho, médias ou elevadas, restringindo sua aplicação em lajes expostas, com acesso para uma periódica conservação ou manutenção.

Também é utilizado, em formulação apropriada, como pintura refletiva de impermeabilizações asfálticas e isolantes térmicos de poliuretano expandido, sendo que, neste caso, deve possuir maior capacidade de recobrimento com a incorporação de maior quantidade de óxido de titânio (TiO₂).

b.10. Asfalto modificado

É aquele modificado com polímeros, com a finalidade de incorporar melhores características físico-químicas ao asfalto. As principais características do asfalto modificado são: melhor resistência às tensões mecânicas, redução da termo-sensibilidade, maior coesão entre partículas, excelente elasticidade/plasticidade, maior plasticidade em baixas temperaturas, sensível melhora da resistência à fadiga e ao envelhecimento.

O asfalto modificado pode ter características plásticas, quando incorporado com polímeros dos tipos APP (Polipropileno Atático), copolímeros de etileno, ou elástico, com a incorporação de polímeros de SBS (Estireno – Butadieno - Estireno), poliuretano, etc.



Suas propriedades podem ser maiores ou menores, dependendo da quantidade e tipo de polímero adotado, bem como da sua perfeita compatibilização com o asfalto.

O asfalto modificado pode ser a quente, base solvente ou emulsão. São utilizados nos sistemas de membranas asfálticas com incorporação de armaduras de poliéster ou nylon, bem como mantas asfálticas modificadas.

São utilizados em impermeabilização de lajes, inclusive com grandes solicitações, jardineiras, piscinas, tanques, etc.

b.11. Mastique

Material específico para a aplicação em juntas de dilatação, juntas de trabalho, trincas, fissuras e fechamento de pequenos vãos entre diversos materiais de construção. Devem ser impermeáveis a líquidos e gases, possuir boa aderência ao substrato, resistência ao intemperismo, boa coesividade e boa trabalhabilidade.

Possui as seguintes características, dependendo de sua composição:

b.11.1. Elásticos

Materiais com capacidade de serem tracionados e comprimidos, voltando praticamente a sua forma original, após o relaxamento da tensão. Ex.: silicone, poliuretano, polissulfeto.

b.11.2. Elasto-plásticos

Possuem o mesmo comportamento elástico quando tencionados até um determinado ponto, não voltando totalmente à sua forma original, quando a tensão é mantida por longo período ou quando alongados (ou comprimidos) acima de um limite específico. Ex.: poliuretano com alcatrão, polissulfeto com alcatrão.

b.11.3. Plasto-elásticos

Possuem um comportamento predominante plástico, mas apresentam algumas características elásticas dentro de determinado alongamento/compressão e período de tensão. Ex.: Acrílicos, asfaltos elastoméricos.

b.11.4. Plásticos

Possuem um comportamento plástico, não recuperando sua forma inicial após o relaxamento da tensão. Ex.: asfaltos modificados, butílicos.

Existem no mercado produtos com características distintas como mono-componente, bicomponente, autonivelantes, tixotrópicos, aplicados a frio, aplicado a quente, etc.

O fator de forma largura x profundidade e capacidade de alongamento variam de acordo com a composição do produto, devendo os mesmos serem indicados pelo FABRICANTE.

b.12. Solução polimérica

É um elastômero sintético solubilizado em solventes apropriados, que possuem excelentes características de elasticidade, resistência mecânica, resistência à fadiga, etc.

As mais utilizadas são as do tipo Neoprene-Hypalon, SBS e EPDM. As soluções de EPDM e Neoprene-Hypalon são resistentes aos raios ultravioleta do sol. Sendo, portanto, indicadas para impermeabilização exposta às intempéries. Normalmente é utilizada em tanques, piscinas, etc.

b.13. Resina epoxídica

É normalmente utilizada em impermeabilização com finalidade anticorrosiva, pois o sistema possui boa resistência a diversos produtos químicos sobre concreto ou metal. Normalmente é utilizada em tanques de produtos químicos, de resíduos industriais, etc.

As mais utilizadas são: epóxi, poliuretano, éster-vinílica, poliéster e furânicas.

b.14. Manta de polímero

É um produto pré-fabricado à base de polímeros dos tipos butil, EPDM, PVC, etc., utilizada para impermeabilização de lajes. Estes polímeros apresentam boas características de impermeabilidade e



durabilidade. Normalmente, não são incorporadas armaduras e, geralmente, são aplicadas pelo sistema não aderido. Exige mão-de-obra especializada pois é de difícil execução.

b.15. Adesivo Auto-vulcanizante

É uma substância adesiva que permite a colagem instantânea das mantas butílicas. Proveniente da introdução de átomos de enxofre na cadeia do polímero natural, formando uma camada plástica impermeável e de grande resistência química. Aplicável em emendas de mantas butílicas para impermeabilização de coberturas, marquises e terraços.

b.16. Materiais auxiliares

São produtos que podem ser incorporados a um material impermeabilizante ou um sistema de impermeabilização para auferir determinadas características.

b.16.1. Armaduras

São materiais incorporados a um sistema de impermeabilização, com o objetivo de transferir ao sistema resistências como tração, puncionamento, impacto, bem como ductibilidade, resistência ao escorrimento, homogeneidade de espessura, etc.

São classificadas como segue:

- Não tecidas
 - Orgânicas (ex.: feltro betumado);
 - Inorgânicas (ex.: véu de fibra de vidro);
 - Sintéticas (ex.: véu de poliéster).
- Tecidas
 - Orgânicas (ex.: tecido de junta);
 - Inorgânicas (ex.: tecido de fibra de vidro);
 - Sintéticas (ex.: tecido de poliamida – nylon - ou poliéster.
- Filmes sintéticos
 - PVC;
 - Polietileno;
 - Poliéster.
- Cargas
 - São materiais incorporados na formulação dos materiais impermeabilizantes com o objetivo de melhorar suas propriedades, como resistência ao escorrimento, puncionamento, impacto etc.

c. Execução

c.1. Argamassa impermeável (09.07.00)

c.1.1. Características

Constitui-se de argamassa de cimento e areia média lavada, traço em volume 1:3, amolentada com água + aditivo específico, para pressões até 20m. de coluna d'água, e de 1:2 para pressões superiores a esta.

A proporção entre o hidrófugo e água de amassamento será a seguinte:

- subsolos, túneis etc.: 1:8 a 1:10;
- reservatórios, piscinas e galerias: 1:10 a 1:12;
- reboco impermeável: 1:10 a 1:15;

O consumo médio de hidrófugo por metro quadrado e por centímetro de espessura será o seguinte:



- subsolos, túneis etc.: 0,250 a 0,300Kg;
- reservatórios, piscinas e galerias: 0,220 a 0,250Kg;
- reboco impermeável: 0,180 a 0,220Kg.

c.1.2. Aplicação

A superfície a ser revestida deverá estar limpa (sem detritos de construção), resistente e áspera.

Apicoa-se com ponteiro o local, recupera-se as eventuais falhas e remove-se todos pontos fracos; lava-se em seguida com água e pressão, removendo todas partículas soltas. A superfície deve estar seca, sem apresentar filme de água aparente. A estrutura não pode ser objeto de trincas. Cantos e arestas devem ser arredondados, com raio mínimo de 8cm. As superfícies devem ter caimento mínimo de 1,0% em direção aos coletores pluviais.

Efetua-se um chapisco contínuo, aplicado com colher, composto de cimento e areia média lavada, traço nunca inferior ao da argamassa impermeável e sem aditivos impermeabilizantes.

Após 24 horas da aplicação do chapisco, executar uma camada de argamassa impermeabilizante com espessura de 1,0 a 1,5 cm, deixando a superfície áspera.

A espessura mínima admissível será de 3cm., em duas camadas de 1,5cm. A espessura da argamassa será definida em função da pressão da água, sendo de 3cm para até 10m de coluna d'água e, a partir dessa pressão, um acréscimo de 1cm para cada aumento de 5m de coluna d'água.

O aumento da espessura da argamassa será obtido pela aplicação de um maior número de camadas, respeitando o limite máximo de 1,5cm de espessura por camada.

Após 5 horas (depois que a primeira camada de argamassa tiver "puxado"). aplicar a segunda camada, observando as espessuras citadas.

Repetir o processo anterior se houver necessidade da terceira camada.

Passadas 12 horas da aplicação da última camada, proceder à execução do acabamento desejado.

Cuidados:

- Misturar quantidades para utilizar em 30 minutos, tempo máximo de aplicação.
- Aplicar de forma contínua, evitando-se, sempre que possível, emendas em uma mesma camada serão separadas das emendas da camada subsequente, e estarão distanciados em pelo menos 50cm. dos cantos e arestas;
- O intervalo de tempo entre as aplicações das camadas será de 12 a 24 horas. Na hipótese da ocorrência de intervalo superior a 24 horas, será executado, antes da aplicação da camada seguinte, chapisco idêntico ao especificado anteriormente. O acabamento das camadas será a desempenadeira de madeira, do tipo textura áspera fina.

Observações:

- Verificar sempre a validade dos produtos a serem utilizados: aditivo e cimento;
- Quando aplicado em reservatórios, verificar se o produto altera a potabilidade da água;
- Seguir criteriosamente as orientações do FABRICANTE.

c.2. Cristalização (09.09.00)

c.2.1. Características

Apresenta-se em dois componentes, A e B, sendo um geralmente líquido e, o outro, um pó (cimento + polímeros).

Mistura-se todo o conteúdo das duas embalagens durante 5 minutos antes da aplicação, assegurando a homogeneidade.



c.2.2. Aplicação

A superfície a ser revestida deverá estar limpa (sem detritos de construção), resistente e áspera.

Umedecer o substrato e aplicar o produto com auxílio de uma brocha, trincha ou vassoura de pêlo como se fosse uma pintura.

Aplicar as primeiras camadas cruzadas. Se necessário, utilizar para aplicação uma desempenadeira dentada.

Cuidados:

- misturar quantidades para utilizar em 40 minutos (tempo máximo de aplicação);
- Limpar as ferramentas utilizadas antes da cura dos produtos;
- Curar durante as primeiras 48 horas após aplicação da última camada.

Observações:

- Verificar sempre a validade dos produtos a serem utilizados;
- Seguir criteriosamente as orientações do FABRICANTE.

c.3. Manta asfáltica (09.11.00)

c.3.1. Características

Constitui-se de uma manta feita de asfalto modificado ou oxidado, estruturado com tecido de poliéster ou alma de polietileno.

Nas faces, poderá receber o acabamento com pó de areia, polietileno retrátil, lamelas de ardósia ou alumínio.

Há duas maneiras de aderir a manta ao substrato e fazer a colagem das emendas: através da utilização de maçarico específico ou asfalto quente. Essa última forma tem diminuído sua utilização.

c.3.2. Aplicação

Aplicar a solução de imprimação e aguardar a secagem.

Iniciar a colocação da manta fazendo reforços nos cantos e quinas, tubos emergentes, ralos e detalhes especiais.

Desenrolar a bobina para obtenção dos alinhamentos (esquadros e nível na vertical) rebobinar, observando a posição e proceder a colagem no substrato e das emendas.

Para colagem com asfalto oxidado a quente, aplicar com esfregão uma camada de asfalto observando sempre o intervalo de temperatura de 160 a 210°C, até no máximo 50 cm à frente da bobina de manta. Desembobinar, pressionando a manta sobre a camada de asfalto quente.

Para colagem com maçarico, utilizar o maçarico específico (característica da chama, na boca diâmetro de 8 cm – temperatura 1500°C; comprimento máximo 60 cm – temperatura de 750°C). Apontar o maçarico para o substrato de forma que a chama bata na base e ricocheteie na bobina. Não é aconselhável aplicar a chama diretamente na manta, salvo situações especiais.

Nas emendas entre mantas, retirar o plástico de proteção, executar, observando uma faixa mínima de superposição de 10 cm.

Nos encontros dos planos horizontal e vertical, executar primeiro o plano horizontal subindo 15 cm no plano vertical. Na seqüência, executar o plano vertical avançando sobre o plano horizontal 15 cm.

No plano vertical (paredes, pilares, vigas etc.) a manta deverá subir no mínimo 20 cm acima da cota prevista do piso acabado. Deverá ser previsto um rebaixo na alvenaria conforme prescreve o Capítulo 7 – “Alvenarias e Divisões”, deste Caderno de Encargos, em seu item f.3 - Levantamento das alvenarias, Figura 22.

Instalar os extravasores, fazer o teste de estanqueidade, deixando uma lâmina de 10 cm de água pelo



período mínimo de 72 horas.

Cuidados:

- Não colar com asfalto quente manta modificada com polímero APP;
- Não aderir manta de asfalto oxidado com maçarico;
- Estocar e transportar a bobina de manta em pé;
- A solução de imprimação é tóxica e inflamável, estocar em lugar arejado e com os devidos cuidados.

Observações: seguir criteriosamente as orientações do FABRICANTE. Em caso de dúvida consultar o departamento técnico do FABRICANTE da manta.

c.4. Membrana asfáltica

Aplicar a solução de imprimação e aguardar a secagem.

Iniciar a aplicação fazendo reforços nos cantos e quinas, tubos emergentes, ralos e detalhes especiais.

Aplicar a primeira demão utilizando um esfregão ou rodinho, cobrindo todo o substrato.

Após a secagem da primeira demão, aplicar uma segunda demão em conjunto com o estruturante (tela de poliéster).

Aplicar a terceira demão, sempre cobrindo todo o substrato. Se necessário aplicar mais demãos.

Cuidados:

- Nas emendas da tela estruturante, sobrepor no mínimo 15 cm.;
- O asfalto em solução é tóxico e inflamável; estocar em lugar arejado e com os devidos cuidados.

Observações:

- Seguir criteriosamente as orientações do FABRICANTE;
- Em caso de dúvida consultar o departamento técnico do FABRICANTE.

c.5. Preparação da base

Observa-se, nas patologias relacionadas com impermeabilização, que a maioria dos problemas estão relacionados com descaso ou descuido na preparação do substrato para o recebimento do sistema impermeabilizante.

c.5.1. Regularização

Limpeza e preparação da base:

- Retirar pontas de ferro; se necessário, escarear e cortar;
- Remover pedaços de madeira, nata de cimento e argamassa solta;
- Limpar todas as manchas de graxa e óleo; se necessário, remover com solvente ou detergente;
- Lavar a superfície com máquina de pressão;
- Recuperar as falhas de concretagem nos locais de onde foram removidas as pontas de ferro.

Executando a camada de regularização:

- Tirar os pontos de nível considerando os caimentos com declividade média de 1 %, em direção aos pontos de drenagem;
- Considerar a espessura mínima da argamassa de regularização de 2 cm nos pontos mais baixos;
- Aplicar uma nata de cimento no substrato;
- Executar as mestras; após as mesmas “puxarem”, preencher os intervalos entre elas com argamassa de areia média lavada e cimento sem aditivos, traço em volume 1:3;



- Quando a espessura ultrapassar 3 cm, compactar com soquete;
- Desempenar com desempenadeira de madeira, não usar feltro ou espuma para alisar a regularização;
- Executar a cura da regularização durante 48 horas.

Cuidados:

- No plano vertical, considerar os chanfrados para arrematar o sistema;
- Executar arredondamento dos cantos e quinas. Para manta asfáltica, considerar um diâmetro mínimo de 5 cm.

c.6. Proteção da impermeabilização

Inicialmente, aplica-se uma camada separadora (feltro asfáltico, papel *kraft*) sobre a impermeabilização.

Antes da execução da proteção mecânica ou piso acabado definitivo, recomenda-se uma proteção primária com argamassa, funcionando como uma proteção provisória, evitando danos devido ao trânsito de terceiros e às tarefas de execução da impermeabilização final.

Em coberturas acessíveis a veículos, esta camada é substituída por uma camada de emulsão asfáltica e areia.

c.6.1. Proteção em áreas não transitáveis sem isolamento térmico

Com argamassa moldada no local:

- Aplica-se sobre a impermeabilização uma camada de separação com geotêxtil de 200 gramas;
- Executa-se sobre a camada de separação, uma camada de argamassa de cimento e areia lavada com 3cm de espessura, traço em volume 1:3, formando placas de 1,5 por 1,5 m com juntas de 15 mm entre as placas e na perimetral 20 mm;
- Deixar encaixes para os raios hemisféricos;
- Preencher juntas com asfalto ou mastique.

c.6.2. Proteção em áreas não transitáveis com isolamento térmico

Repete-se as operações anteriores, considerando-se, sobre a camada separadora, a colocação do isolante térmico. Os demais procedimentos seguem normalmente.

c.6.3. Proteção em Áreas transitáveis sem isolamento térmico

Com argamassa moldada no local:

- Aplica-se sobre a impermeabilização uma camada de separação com geotêxtil de 350 gramas;
- Executa-se sobre a manta geotêxtil, uma camada de argamassa de cimento e areia lavada com 3cm de espessura, traço em volume 1:3, formando placas de 1,5 por 1,5m com juntas de 15mm entre as placas e na perimetral 20mm. Esta camada de proteção receberá o piso de acabamento.

c.7. Observação

Considerar, nas jardineiras e floreiras, a camada do sistema drenante no fundo.

d. Detalhes construtivos

d.1. Especificações técnicas para execução de rodapés

A impermeabilização deverá se estender verticalmente nos rodapés pelo menos 30,0 cm acima do piso acabado. A fim de evitar-se o desprendimento da impermeabilização ou infiltração de água por detrás da mesma, devem ser observados os seguintes cuidados:

- No caso de platibanda, esta não deve ser executada com tijolos em blocos vazados; deve ser utilizado tijolo maciço ou concreto;

- Deve ser previsto rebaixo, de forma que a proteção mecânica não represente um acréscimo de espessura na platibanda ou parede (Figura 1):

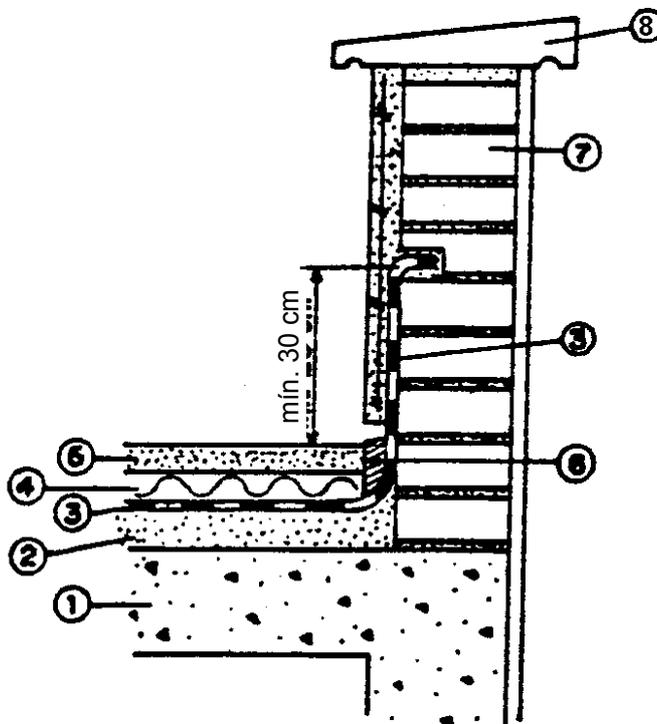


Figura 1 – Detalhe da impermeabilização de rodapés

- 1- laje em concreto
- 2 - camada de regularização
- 3 - impermeabilização
- 4 - proteção térmica
- 5- proteção mecânica
- 6- mastique anti-compressão
- 7 - platibanda concreto ou alvenaria
- 8 - rufo de concreto, chapa ou cerâmica, etc.

É indispensável o arredondamento nos cantos entre planos horizontais e verticais. Também as arestas devem ser arredondadas. O raio de curvatura do arredondamento deverá ser no mínimo de 8,0 cm.

d.2. Peças que atravessam a impermeabilização

Quando houver tubo atravessando a laje a ser impermeabilizada, a estanqueidade poderá ser garantida, observando os detalhes a seguir:

- Tubo metálico, exceto para água quente: neste caso a estanqueidade poderá ser garantida pela própria impermeabilização e um mastique (Figura 2);

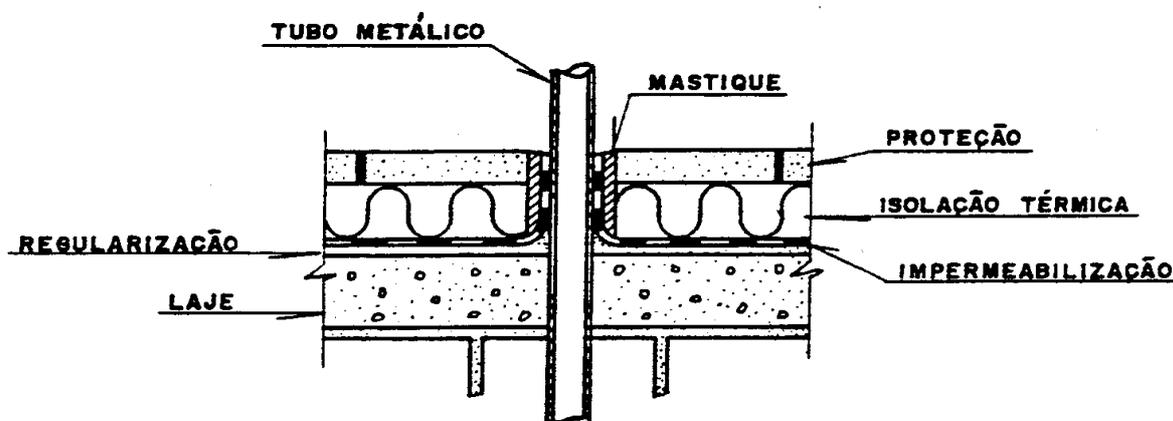


Figura 2 – Peças que atravessam a impermeabilização – tubo metálico

- Tubo não metálico: neste caso, o tubo deve ser envolvido por um tubo metálico, com finalidade de impedir o contato da impermeabilização com o tubo plástico, que não resiste a solventes orgânicos presentes em grande parte dos materiais de impermeabilização (Figura 3);

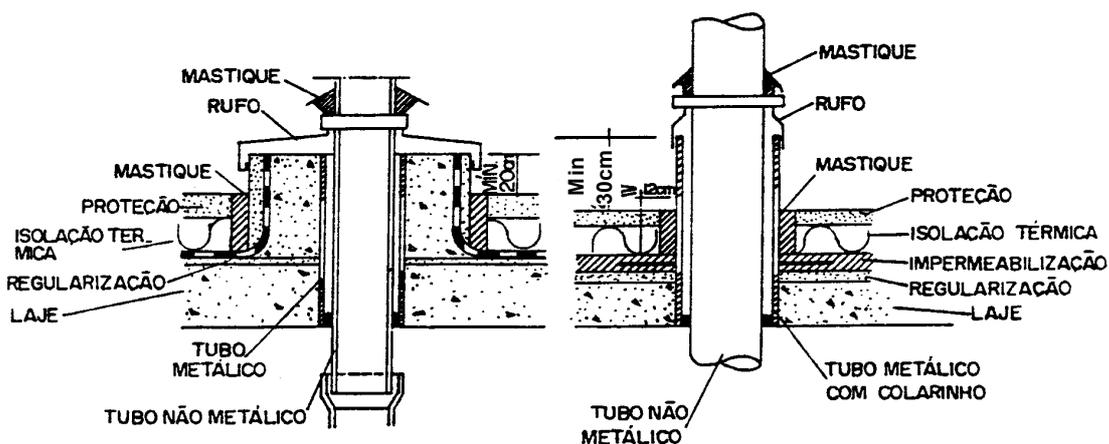


Figura 3 – Peças que atravessam a impermeabilização – tubo não metálico

- Tubos metálicos de água quente ou vapor, chaminés: devem ser isolados da laje e da impermeabilização, devido à sua movimentação térmica (Figura 4).

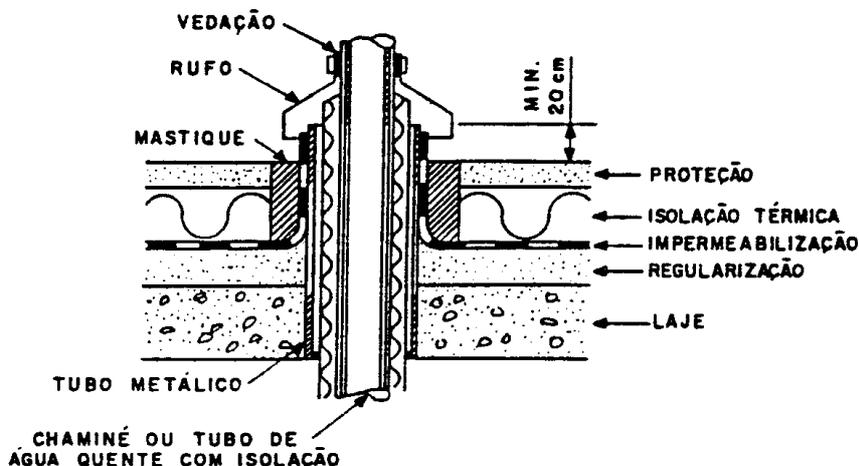


Figura 4 – peças que atravessam a impermeabilização – tubos metálicos de água quente ou vapor, chaminés

d.3. Execução de ralos

A impermeabilização deve ser levada até dentro dos ralos, para evitar que haja infiltração entre a impermeabilização e a face exterior do ralo. Os ralos devem estar colocados quando da execução da camada de regularização, devendo seu topo, preferencialmente, tangenciar a face superior da mesma. Caso o ralo tenha sido instalado faceando a laje, a camada de regularização deve ser suavemente rebaixada na região próxima ao ralo, até atingir a borda do mesmo. A impermeabilização deve ficar bem aderida à face interna ao ralo, para evitar a sucção da água por capilaridade, para baixo da impermeabilização.

A impermeabilização deverá ser reforçada num raio de aproximadamente 30 cm do ralo, recebendo camadas adicionais entremeadas de armadura (Figura 5).

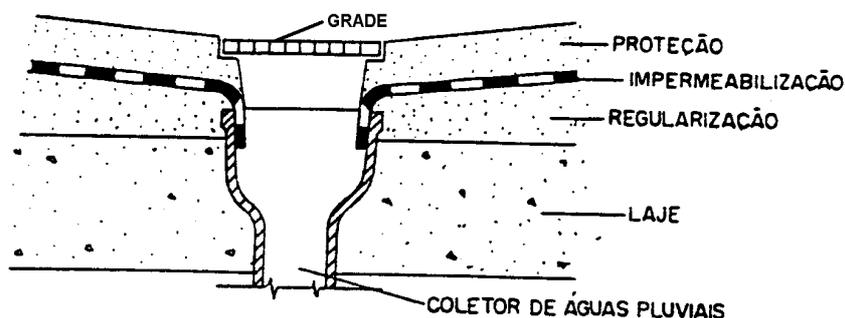


Figura 5 – Execução de ralos

d.4. Execução de soleiras

Quando há áreas cobertas com a área externa impermeabilizada, a impermeabilização deve avançar pelo menos 40 cm na região coberta sob a soleira (Figura 6).

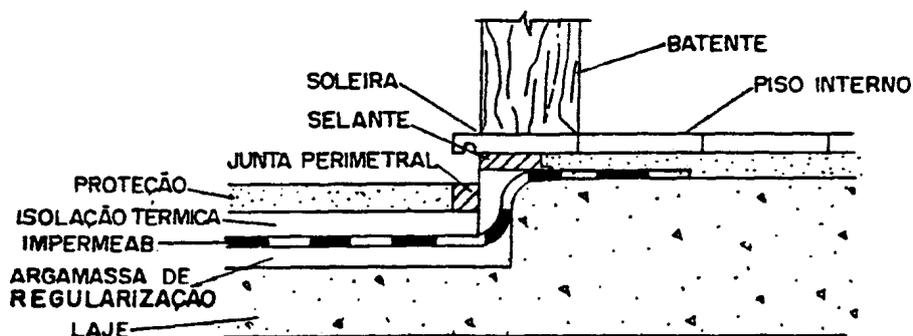


Figura 6 – Execução de soleiras

d.5. Especificações técnicas para juntas de dilatação

Quando, por conveniência técnica, existirem juntas de dilatação em superfícies a serem impermeabilizadas, estas devem receber tratamento adequado no sentido de torná-las estanques à passagem de sólidos, líquidos ou gases. Recomenda-se, portanto, o uso de selantes pré - fabricados ou moldados no local.

d.5.1. Selantes pré - moldados

Estes selantes podem ser do tipo chapa galvanizada ou mata-juntas de PVC. Os selantes em chapa galvanizada são como um rufo e normalmente são usados no caso de junta de dilatação sobre vigas invertidas ou muretas, como mostra a Figura 7.

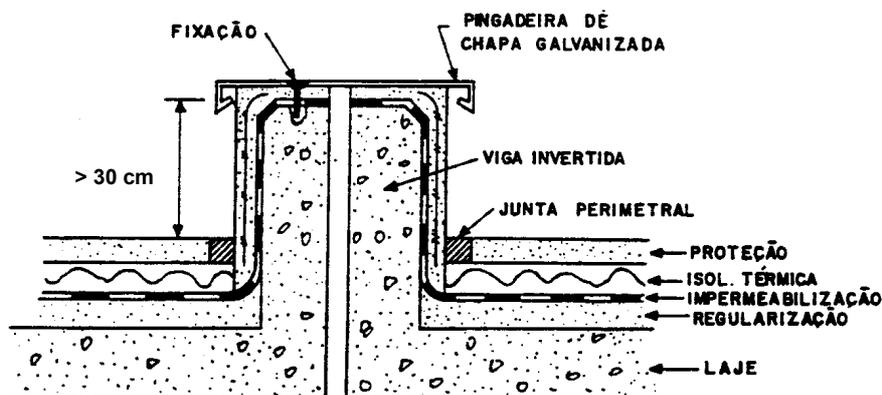


Figura 7 – Selantes premoldados

d.5.2. Selantes do tipo mata - juntas

São perfis de PVC elástico, com variadas formas, como mostra a Figura 8.

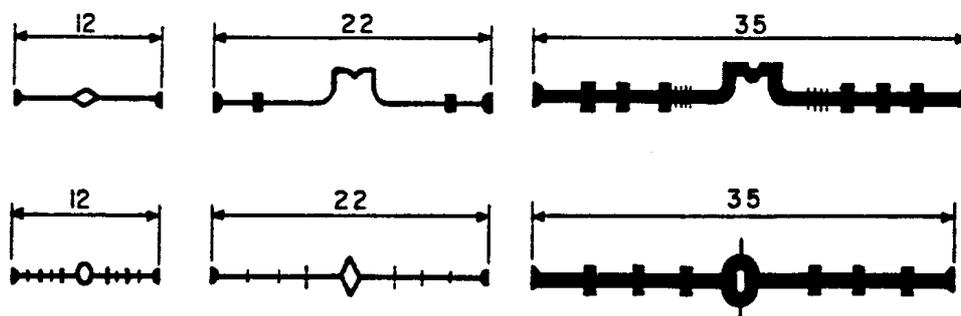


Figura 8 – Selantes do tipo mata-juntas

Este tipo de selante é indicado para juntas de dilatação com grandes solicitações e devem ser imersos no concreto, como mostra a Figura 9, e o espaço sobre o mata-juntas preenchido, o que pode ser feito com mastique betuminoso. Deve ser evitado seu contato com materiais asfálticos.

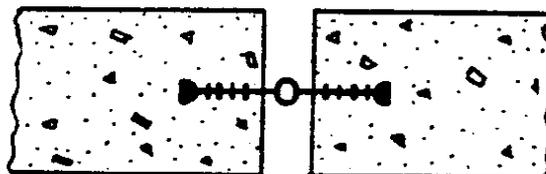


Figura 9 – Selante do tipo mata-juntas imerso em concreto

d.5.3. Selantes moldados no local

Também chamados de mastique, sendo material de consistência pastosa, com cargas adicionais a si, adquirindo o produto final consistência adequada para ser aplicado em calafetações rígidas, plásticas ou elásticas.

Sua aplicação poderá ser feita com espátula ou pistola após limpeza da junta, que deve estar completamente isenta de falhas, rebarbas, materiais que impeçam seu fechamento, poeira, graxas, etc. Caso existam quinas quebradas, estas devem ser arrematadas com argamassa à base de epóxi.

A seguir é introduzido um limitador de profundidade com a finalidade de uniformizar a junta em dimensões apropriadas. Este limitador de profundidade poderá ser tiras de espuma rígida de poliuretano ou de poliestireno expandido, cordão de borracha, corda betumada, mangueira plástica, como mostra a Figura 10.

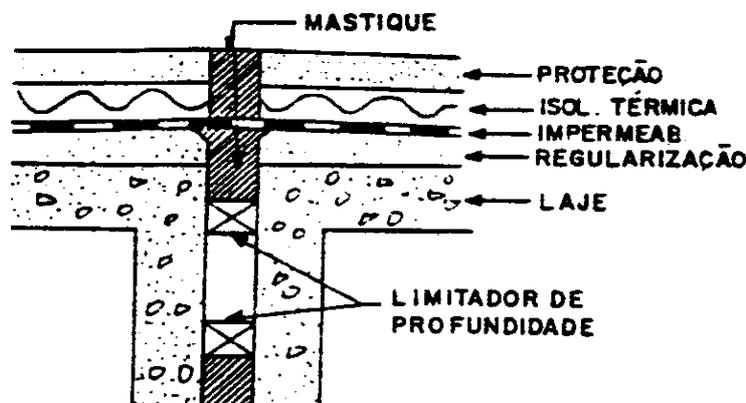


Figura 10 – Camadas do sistema de impermeabilização

e. Controle

e.1. Análise de desempenho

Como conceito geral, qualquer sistema de impermeabilização vai ser submetido a diversos esforços físicos/químicos sendo necessário saber se estes sistemas atendem a uma determinada exigência. Através dos resultados dos ensaios, e conhecendo-se as necessidades da obra, é que se pode selecionar o sistema mais adequado. Encontram-se listados abaixo os ensaios normalmente requeridos para verificação das características de um material ou sistema impermeabilizante.

e.1.1. Ensaios de desempenho

Os ensaios de desempenho possibilitam verificar a qualidade dos materiais empregados, garantindo serviços que atendam às normas pertinentes, em especial à norma NBR 9952 - "Manta asfáltica para impermeabilização".

- Ensaio de tração;
- Estanqueidade a água;
- Absorção de água por imersão;
- Puncionamento estático;
- Puncionamento dinâmico;
- Ensaio de rasgamento;
- Ensaio de fadiga;
- Envelhecimento acelerado;
- Aderência.

e.1.2. Ensaios de caracterização

Os ensaios de caracterização possibilitam verificar as características físicas e químicas de cada material. São eles:

- Massa específica;
- Viscosidade:



Mede a consistência do material; pode-se, neste ensaio, verificar se o material é muito pastoso, com dificuldade para impregnação de um tecido de reforço. Utiliza-se, normalmente, aparelhos tipo Stormer ou Copo Ford.

- Percentual de sólidos em peso:

Avalia-se qual a quantidade de sólidos que possui um material impermeabilizante, evaporando-se todos os voláteis do produto (água ou solvente).

Neste ensaio, pode-se comparar o teor de sólidos de dois FABRICANTES distintos e correlacionar o teor de sólidos, que é efetivamente o filme seco do impermeabilizante com relação ao custo do produto. Muitas vezes um material que, pelo preço/kg, é mais caro que outro mas possui altos sólidos, passa a ser mais barato por metro quadrado, pois seu consumo é menor para atingir uma espessura de filme equivalente.

O ensaio é normalmente feito em estufa a 110°C, mas pode-se fazer sem a mesma. Pesa-se uma determinada quantidade de produto (Exemplo: 1 grama), evapora-se o solvente em estufa e pesa-se novamente. Pela diferença de peso calcula-se o teor de sólidos.

- Teor de cinzas:

É o ensaio que verifica quanto o produto tem de cargas minerais.

Pesa-se um filme do material impermeabilizante (já com o solvente volatilizado), coloca-se em uma mufla, com temperatura variando entre 400 a 800°C durante um determinado tempo.

Pesa-se novamente; por diferença de peso, calcula-se a quantidade de cinzas. Neste ensaio, com temperatura entre 400 a 800°C, evaporam-se todos os componentes orgânicos (resina, aditivos, etc.).

- Estabilidade:

Verifica-se a estabilidade do produto dentro da embalagem, para que o FABRICANTE possa garantir a vida útil do material dentro da mesma.

- Secagem ao toque:

Verifica-se o tempo de secagem superficial do filme impermeabilizante.

- Pot-life:

Tempo de vida de utilização para produtos bi-componentes, após a mistura.

- Cobertura:

Ensaio para verificar se um impermeabilizante possui boa cobertura.

No ensaio, aplica-se uma demão sobre um papel cartolina branco com talas pretas e verifica-se o grau de cobrimento da tarja preta. Se o produto possui baixo cobrimento, significa que possui baixo teor de dióxido de titânio, importante em alguns produtos.

- Absorção por coluna d'água:

É parecido com o anterior, mas com baixíssima pressão hidrostática.

Cola-se com epóxi um tubo de vidro de 130 a 300 mm sobre o filme impermeabilizante e outro tubo sobre um vidro.

Verifica-se o abaixamento da coluna d'água a cada 24 horas, descontando-se a evaporação calculada do tubo afixado em vidro.

Normalmente, faz-se medições de 5 dias a 30 dias, dependendo do caso.

Pode ser usado para filmes impermeáveis ou para cristalização.

Este ensaio não é o suficiente para avaliar o desempenho de um produto.

- Flexibilidade à baixa temperatura:

Avalia-se a flexibilidade de um determinado produto a uma temperatura menor ou igual a 0°C. Costuma-se dobrar uma película impermeabilizante sobre um mandril de 1 polegada, e o mesmo não deve fissurar a



uma determinada temperatura (Ex. – 18°C).

- Análise granulométrica:

Normalmente executado em materiais em forma de pó. É medida a retenção de produto em determinadas peneiras. É utilizado como ensaio para impermeabilizantes por cristalização.

- Início e fim de pega:

Utilizado para impermeabilizantes de base cimentícia, como cristalização.

- Resistência a microorganismos:

Resistência a agentes agressivos (névoa salina, ozona, produtos químicos, etc.)

- Ensaio de inflamabilidade
- Dureza Shore A:

Avalia-se o grau de dureza de um produto, muito utilizado para mastiques.

- Percentual (%) de polímero em peso:

Calcula-se a percentagem de polímero e materiais impermeabilizantes poliméricos.

- Caracterização do polímero:

Deteção do tipo de polímero utilizado em um determinado produto.

- Transmissão de vapor:

Mede a resistência de um produto à percolação de vapor de água ou de outro.

- Ensaio de potabilidade:

Verifica-se se o produto não altera a potabilidade da água. Normalmente, no momento da especificação do projeto, analisa-se quais os ensaios disponíveis, selecionando-se alguns para serem adotados no recebimento do material na obra, para controle de qualidade.

e.2. Recebimento dos serviços

Os serviços de impermeabilização deverão ser acompanhados em suas várias fases de execução.

e.2.1. Camada de regularização

Devem ser observados os caimentos em direção aos pontos de drenagem, como ralos, por exemplo. O acabamento e traço da argamassa deverão estar de acordo com o especificado no item c.5 e os detalhes de acordo com o item d. Caso esteja em desacordo, exigir as correções necessárias e fazer nova inspeção.

e.2.2. Impermeabilização

A SUPERVISÃO deverá acompanhar o lançamento de todas as camadas de emulsão, observando sempre as especificações acima. Deverá ser feito, também, o teste de estanqueidade. Caso esteja em desacordo, exigir as correções necessárias e proceder nova inspeção.

e.2.3. Proteção

Devem estar rigorosamente de acordo com este capítulo (item c.6). Caso contrário, proceder os reparos necessários.

e.2.4. Aprovação

Uma vez atendidas todas as exigências deste capítulo, a SUPERVISÃO da PBH poderá receber os serviços com aprovação.

9.3.6. Critérios de levantamento, medição e pagamento

a.1. Levantamento (quantitativos de projeto)

Os serviços de impermeabilização, deverão ser levantados por metro quadrado (m²), separando-se as



etapas componentes do serviço, que são: a camada de regularização; a impermeabilização propriamente dita, observando-se o tipo especificado; e a camada de proteção. Deverá ser considerada a área real a ser impermeabilizada, descontando-se toda e qualquer interferência e acrescentando-se 30cm de dobra vertical, nos encontros da manta com as paredes de periferia da região de execução do serviço.

No caso de respaldos de alvenaria ou estrutura, será considerado o desenvolvimento da área impermeabilizada.

Os arrimos, reservatórios e piscinas serão levantados pelo desenvolvimento da área real a ser impermeabilizada, descontando-se toda e qualquer interferência, sem nenhum acréscimo.

a.2. Medição

Será efetuada aplicando-se o mesmo critério de levantamento, considerando-se a área efetivamente impermeabilizada.

O trespasse das mantas não será considerado acréscimo de área.

a.3. Pagamento

Será efetuado ao preço unitário contratual, que contempla o fornecimento e aplicação de todos os materiais e mão-de-obra, necessários à execução dos serviços, incluindo equipamentos e ferramentas, tais como, maçarico, gás, entre outros.

9.4. ISOLAMENTOS ACÚSTICOS

9.4.1. Objetivo

Este item do Caderno de Encargos da SUDECAP apresenta as definições básicas, materiais e sistemas usualmente utilizados nos serviços de isolamento acústico.

9.4.2. Definições

a. Isolamento acústico

Um sistema de isolamento acústico é o método para reduzir a entrada ou saída de qualquer tipo de som indesejado em um ambiente.

Para os fins deste Caderno de Encargos, Sistema de Isolamento Acústico compreenderá a especificação e o fornecimento dos materiais especiais e sua aplicação em pisos, paredes, tetos e tubulações, objetivando o controle do ruído e do condicionamento acústico de acordo com os níveis especificados em projeto e estabelecidos pelas normas técnicas aplicáveis.

b. Absorção acústica

É o fenômeno que minimiza a reflexão das ondas sonoras num mesmo ambiente, ou seja, diminui ou elimina o nível de reverberação num mesmo ambiente. A absorção ocorre quando uma onda atinge um obstáculo qualquer e deposita parte de sua energia sonora ali, sendo refletida ou transmitida ou refratada com uma intensidade menor.

Assim, além de diminuir os níveis de pressão sonora do recinto, melhora-se o nível de inteligibilidade dos sons emitidos. Contrariamente aos materiais de isolamento, estes são materiais leves (baixa densidade), fibrosos ou de poros abertos (espumas poliéster de células abertas, fibras cerâmicas e de vidro, tecidos, carpetes, etc.).

As ondas sonoras do ar entram nesses materiais porosos e, devido ao atrito das partículas de ar nas fibras do material, a energia se perde como calor; esta fração de energia não é mais recuperada sob forma de som, proporcionando um curto tempo de reverberação.

Os materiais disponíveis no mercado ou isolam ou absorvem ondas sonoras, embora com diferente eficácia. Um material com grande poder de isolamento acústico quase não tem poder de absorção acústica, e vice-versa. Outros materiais têm baixo poder de isolamento acústico e também baixo poder de absorção acústica (como plásticos leves e impermeáveis), pois são de baixa densidade e não têm poros abertos.

**c. Conforto acústico**

O conceito de conforto acústico refere-se às medidas possíveis para garantir que os ambientes permaneçam dentro do limite regulamentado, tolerável ou desejável de ruídos para a execução de determinada atividade.

As boas condições acústicas de uma edificação dependem de variáveis como orientação, volumetria, definição do posicionamento e das dimensões das aberturas nas fachadas, eficácia da ventilação, propriedades dos materiais construtivos e de acabamento.

O projeto de acústica deve considerar o nível de ruído de fundo adequado às atividades que serão exercidas no local e o tempo de reverberação recomendado para o tipo de função do ambiente.

d. Inteligibilidade acústica

Principal característica acústica de um ambiente, pois reflete o grau de entendimento das palavras no interior do mesmo.

e. Som

É a modificação de pressão que se propaga em meios elásticos, não sendo, portanto, transmitido no vácuo.

O som consiste em um fenômeno físico causado por qualquer vibração ou onda mecânica que se propague em meio elástico, capaz de produzir excitações auditivas ao homem (Moraes, Regazzoni, 2002).

f. Reflexão

A reflexão, observada quando existe o encontro de uma onda com uma superfície rígida, mantém as características da onda incidente, e ocorre sempre que as dimensões da superfície rígida forem muito maiores do que o comprimento de onda.

Os materiais de face lisa são utilizados quando se deseja que o som seja refletido; os materiais de face rugosa e/ou irregular ajudam a evitar ou minimizar tal fenômeno.

g. Ruído

Ruído é uma mistura de sons cujas frequências não seguem uma lei precisa e que diferem entre si por valores imperceptíveis ao ouvido humano, considerando como um som indesejado. Assim, ruído é a "mistura de tons cujas frequências diferem entre si por valor inferior à discriminação (em frequência) do ouvido humano". (TB-143/ABNT).

A Norma Regulamentadora NR-15 do Ministério do Trabalho e Emprego (NR15/MT) classifica como insalubres os ambientes cujos níveis sonoros sejam superiores a 85dB. Também segundo a NR-15, os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos sempre em decibéis (dB) utilizando o aparelho para medição do nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (*Slow*).

g.1. Ruído Aéreo

Propagado pelo ar, atravessa portas, janelas, pisos, paredes e lajes.

g.2. Ruído de Impacto

São picos de energia acústica de duração inferior a 1s, em intervalos superiores a 1s.

g.3. Ruído de Fundo

É a média dos níveis de ruído mínimos no local e hora considerados, na ausência de outra fonte emissora. Quando for empregada a análise estatística dos níveis sonoros, o nível de ruído de fundo deve ser considerado como o nível que é superado em 90% do tempo de medição (05 minutos).

g.4. Ruído contínuo

É aquele cujo nível de pressão sonora varia 3 dB (decibéis) entre seus patamares mínimos e máximos, durante um período longo (mais de 15 minutos) de observação.



g.5. Ruído intermitente

O ruído intermitente é aquele cujo nível de pressão sonora varia em até 3 dB entre seus patamares mínimos e máximos, em períodos curtos (menor que 15 minutos e superior a 0,2s).

g.6. Ruído rosa/ruído tráfego

O índice de isolamento global de um elemento de construção (expresso em dB), depende do espectro do ruído emitido. Este é um ruído definido pela regulamentação que simula uma situação incomoda, e utiliza-se para avaliar as condições acústicas de um elemento de construção.

Foram definidos dois tipos de ruído: o rosa e tráfego.

O primeiro simula ruídos convencionais; o segundo, ruídos produzido pelo tráfego rodado (mais rico em baixas frequências).

9.4.3. Condições Específicas

a. Projeto de isolamento acústico

a.1. Introdução

Os projetos de edificações muitas vezes relegam o conforto acústico a um plano secundário. O comportamento acústico dos diversos espaços da edificações costumam ser estudados apenas em ambientes especiais, tais como auditórios, teatros etc. A correção de elementos construtivos que comprometem o conforto acústico de uma edificação é mais onerosa do que a concepção projetual pautada em estratégias e técnicas construtivas que considerem a boa acústica dos ambientes.

a.2. Projeto de arquitetura

Em cada detalhe dos trechos da construção sujeitos a níveis de ruídos e/ou pressão sonora, o arquiteto e o projetista de isolamento acústico, em conjunto, buscarão soluções técnicas e definirão detalhes construtivos para cada caso.

a.3. Projeto de instalações

A vibração das instalações hidráulicas é transmitida à estrutura ou a paredes que estiverem em contato direto e rígido.

Isolar a vibração e impedir a transmissão de ruído é o princípio dos métodos de isolamento acústico de instalações hidráulicas. Assim, identificar a origem dos ruídos e cuidar das ligações de componentes e sistemas é o ponto de partida.

a.4. Projeto de estrutura

O calculista precisa ser informado sobre a eventual sobrecarga sobre as lajes em função dos revestimentos acústicos especificados, sejam eles mantas, chapas revestidas, forros ou outro material.

a.5. Projeto de ar condicionado

O projeto de isolamento acústico deve considerar o nível de ruído emitido pelos equipamentos de ar-condicionado, sendo imprescindível que o dimensionamento dos projetos seja feito de acordo com as necessidades de ambos.

a.6. Isolamento térmico

Vários dos materiais utilizados nos projetos de isolamento acústico apresentam também boa performance como isolante térmico. Alguns materiais, entretanto, não têm boa performance térmica. Analogamente à interferência com o projeto de ar-condicionado, o bom projeto de isolamento acústico deve considerar os condicionantes térmicos da edificação. Também neste caso é desejável a participação do especialista para o seu correto dimensionamento e especificação.

b. Dimensionamento dos sistemas

A norma brasileira NBR 10151 - "Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento" fixa as condições exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independente da existência de reclamações.



A norma técnica NBR 10152 - "Níveis de ruído para conforto acústico" fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.

A norma técnica NBR 12179 - "Tratamento acústico em recintos fechados" fixa os critérios para a execução dos tratamentos acústicos em recintos fechados.

c. Classificação dos sistemas isolantes

c.1. Quanto ao tipo de ruído

Dois tipos de isolamento devem ser considerados separadamente: isolamento contra ruído aéreo e isolamento contra ruído de impacto. O primeiro se refere a ruídos que se originam no ar (por exemplo, rádios etc.); o segundo se refere a impactos: passos, batidas nos fechamentos etc.

c.1.1. Isolamento contra Ruído Aéreo

As ondas sonoras que incidem num fechamento produzem uma vibração no mesmo, o que faz com que este irradie energia para o outro lado. A quantidade de isolamento que o fechamento produz depende da frequência do som incidente e das características construtivas da parede.

A Lei da Massa diz: quanto mais pesada a envoltória (mais massa), menos ela vibra (menos transmissão), e não irradia energia sonora para o outro lado; ainda segundo a mesma lei, o isolamento aumenta em aproximadamente 6dB para cada duplicação da massa. Esse aumento deve ser observado juntamente com o aumento do isolamento, em função da frequência, também de aproximadamente 6 dB por oitava.

Porém, essa lei não se aplica para qualquer frequência. Para frequências baixas, inferiores à de ressonância, o isolamento não segue a Lei da Massa, e depende das características de rigidez do fechamento.

Para frequências superiores à de ressonância, o isolamento é controlado pela Lei da Massa, até uma certa frequência, onde se produz uma nova diminuição do isolamento. A Lei de Massa indica que, se é preciso um grande isolamento, é necessário aumentar consideravelmente o peso do fechamento. Obviamente, isto tem limites, fazendo-se necessário procurar outros sistemas.

O mais usual é a chamada parede dupla. O isolamento produzido por estas é entre 5 e 10 dB superior ao produzido por uma parede simples do mesmo peso.

c.1.2. Isolamento contra Ruído de Impacto

A sonoridade que tais impactos ocasionam no local contíguo dependerá da construção do piso e, especialmente, de sua superfície. O melhor é agir diretamente nela, usando superfícies macias que possam absorver o impacto: tapetes, placas de borracha ou cortiça.

Como tais acabamentos não são sempre possíveis ou suficientes, às vezes é necessário tratar a própria construção do piso: uma separação estrita e hermética entre as superfícies do piso e do teto imediatamente inferior, através de estruturas independentes ou, o que é mais comum, com o chamado piso flutuante. Este consiste em uma laje de concreto (um piso de tábuas de madeira) apoiada numa capa de material flexível - lã de vidro, isopor, borracha, etc. - que, por sua vez, se apóia na laje estrutural.

O importante é que em nenhum momento se estabeleça uma comunicação direta entre o piso e o forro inferior; inclusive na junção com a parede, o piso estará separado desta pelo material flexível por baixo do rodapé

d. Materiais

Existem no mercado diversos produtos isolantes com características físico-químicas distintas, em função das diferentes matérias-primas adotadas. É necessário conhecer as características mais importantes destes produtos, de forma a utilizá-los adequadamente para o fim a que se destinam.

Os produtos isolantes são baseados em uma ou mais das seguintes matérias-primas: lã de rocha, lã de vidro, fibra cerâmica, silicato de cálcio, argila expandida, poliestireno expandido, poliuretano etc.

A seguir, são apresentados, os sistemas de isolamento acústico mais comumente utilizados.

**d.1. Espuma flexível de poliuretano (placas acústicas esculpidas em cunhas anecóicas)**

Poliuretano (ou PU) é qualquer polímero que compreende uma cadeia de unidades orgânicas unidas por ligações uretânicas. É amplamente usado em espumas rígidas e flexíveis, em elastômeros duráveis e em adesivos de alto desempenho, em selantes, fibras, vedações, gaxetas etc.

O poliuretano é um produto sólido, com textura de espuma, e aparência entre a cortiça e o poliestireno expandido. É obtido a partir da reação química, que ocorre quase que instantaneamente, entre dois compostos químicos líquidos, um, ativador da reação (MDI ou equivalente); o outro, um composto químico conhecido como POLIOL.

Seu coeficiente de condutibilidade térmica, à temperatura ambiente, de 0,017 Kcal/mh °C.

Aplicação: no tratamento interno de ambientes que necessitam de redução do ruído.

Disponíveis em placas de dimensões variáveis e espessura de 20mm/35mm/50mm/75mm.

d.2. Lã de Vidro

É um componente formado a partir de sílica e sódio aglomerados por resinas sintéticas em alto forno. Reconhecida como um dos melhores isolantes térmicos, a lã de vidro deve destaca-se também como um dos produtos de melhor desempenho no tratamento acústico de ambientes, graças ao seu ótimo coeficiente de absorção acústica (devido à porosidade da lã), sendo indicada sua aplicação em forros ou na confecção de paredes duplas, no processo construtivo conhecido como massa-mola-massa, substituindo com vantagens as paredes pesadas, dificultando a transmissão dos sons graças à sua descontinuidade e grande elasticidade.

A lã de vidro é disponibilizada no mercado em forma de manta, do tipo manta ensacada com polietileno, manta aluminizada, manta revestida com feltro para construções metálicas e manta de fibro-cerâmica para tubulações e equipamentos com temperaturas elevadas.

Tem alto poder de isolamento térmico e ótimo coeficiente de absorção acústica. Não propagam chamas nem deterioram ou apodrecem. São dimensionalmente estáveis mesmo em altas temperaturas, fáceis de recortar e aplicar, inquebráveis (reduzindo as perdas nas obras) e não são atacados por roedores ou insetos. Não atacam as superfícies com as quais estão em contato nem favorecem a proliferação de fungos ou bactérias. Não possui partículas não fibradas.

O material deverá atender aos seguintes métodos de ensaio:

- ASTM C 411 - Faixa de temperatura de trabalho
- ASTM C 1136 - Limites de temperatura de revestimento isolante
- ASTM E 96 - Método A – permeabilidade de revestimento.
- ASTM D 781 - Resistência à compressão (mínima a 10% e 25%)
- ASTM E 84 - Combustão superficial

Absorção Sonora – Lã de vidro						
Freqüência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Coeficiente de Absorção Sonora	0,21	0,58	0,84	1,00	0,99	1,03

Tabela 1 - Coeficientes de absorção acústica - lã de vidro

**d.3. Lã Mineral**

Painéis em lã mineral (lã de rocha ou lã de vidro), aglomerados com resinas especiais, flexíveis, rígidos ou semi-rígidos, são indicados para tratamentos termo-acústicos para a construção civil. São fornecidos em várias densidades e espessuras, podendo ser utilizados em baixas, médias e altas temperaturas.

Apresentam baixa condutividade térmica e funcionam como auxiliares na redução da transmissão do som e como absorvedores acústicos.

Trata-se de material resiliente (recupera a espessura original, após a retirada da força que causou a deformação), e repelente à água na forma líquida devido aos aditivos adicionados ao produto.

Espessura 50mm	Absorção Sonora						
	Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Coefficiente de Absorção Sonora	0,16	0,52	0,82	0,92	0,94	0,96	0,80

Tabela 2 - Coeficientes de absorção acústica - lã mineral

d.4. Forros acústicos

Os forros suspensos podem aumentar consideravelmente o isolamento de um piso a respeito dos ruídos aéreos, mas geralmente não acrescenta isolamento aos ruídos de impacto.

Todavia, deverá cumprir certas condições, como não ser exageradamente rígido ter seus elementos de suspensão tão poucos e flexíveis quanto possível.

O mercado disponibiliza forros acústicos compostos de placas de gesso, painéis metálicos e de madeira, PVC, plásticos, e ainda painéis rígidos com lã de rocha em estrutura metálica.

d.5. Gesso Acartonado (Dry Wall)

Método de construção de divisórias internas leves, por montagem a seco (acoplamento mecânico). O sistema é constituído por placas de baixa densidade superficial montados sobre uma estrutura reticulada (em madeira ou metálica), chapas de fechamento (em gesso acartonado, chapas de gesso reforçadas com fibra, painéis compostos), complementos e acessórios.

Utilizado em conjunto com materiais isolantes (lã de vidro, etc.), os sistemas à base de gesso acartonado proporcionam bom desempenho acústico com significativa redução da carga sobre a estrutura.

d.6. Jateamento por celulose

Sistema em que a celulose desfibrada e mineralizada pode ser aplicada sobre superfícies de concreto, gesso, telhas, cimento amianto etc.

Aplicável em tratamento de coberturas de galpões industriais com telhas aparentes, reduzindo o fluxo térmico de irradiação em aproximadamente 70%.

Aplicando-se uma camada a partir de 1 polegada, obtém-se altos índices de absorção média dos ruídos do ambiente.

É um material auto-extinguível e não propagante de chamas, e com baixo teor de fumaça.

Resistência térmica: $R = 0,54\text{m}^2 \text{ K/W}$ ($0,63\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C/Kcal}$)

Condutância térmica: $C = 1,86\text{W/m}^2\text{K}$ ($1,60\text{Kcal/m}^2\text{ }^\circ\text{Ch}$)



Absorção Sonora – jateamento de celulose						
Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Coefficiente de Absorção Sonora	0,12	0,25	0,61	0,98	0,99	0,99

Tabela 3 - Coeficientes de absorção acústica – celulose (aplicação por jateamento)

d.7. Portas Acústicas

As portas são, geralmente, elementos acusticamente fracos, apresentando índices de isolamento são menores que os das paredes em que elas se encontram inseridas, pois possuem massas superficiais menores que as das paredes e frestas (entre as portas e os caixilhos).

O principal caminho de transmissão de ruído por este tipo de elemento dá-se através das frestas, especialmente, segundo SILVA (2000), da fresta inferior que, nas portas usuais, apresenta uma abertura de 1 cm, o que faz com que o índice de isolamento deste tipo de porta não ultrapasse 20 a 25 dB(A), qualquer que seja o material que a compoñha.

Para se obter um melhor desempenho, deve-se utilizar portas com sistema construtivo e de vedação especiais, denominadas portas acústicas, elementos essenciais em projetos de controle de ruído.

Seja para separação de área ruidosa/área silenciosa, seja para fechamentos de cabines de máquinas ou salas com alto nível de ruído, é preciso que a porta forneça isolamento acústico compatível com o restante da construção.

O mercado oferece portas e caixilhos em aço e madeira preenchidos de material fono-absorvedor, dupla vedação inferior, ferragens, revestimento externo em madeira, PVC, fórmica, pintura epóxi etc.

d.8. Tecidos de parede

Revestimento de paredes para ambientes que necessitam de confinamento de som aliado a bom acabamento.

e. Execução

e.1. Poliuretano - placas de espuma e espumação local

A densidade mínima para as placas será de 25kg/m³.

Os materiais componentes deste revestimento deverão atender às recomendações de seus respectivos FABRICANTES.

e.1.1. Camada de regularização

Depois de inteiramente limpa, a superfície a ser isolada receberá chapisco de argamassa traço 1:3, para melhor aderência.

A camada de regularização será constituída por argamassa traço 1:3, e terá sua superfície retificada, com acabamento que permita a aplicação, utilizando-se produto adesivo, das placas de poliuretano.

No caso de aplicação por espumação local, elimina-se a camada de regularização.

e.1.2. Cura

A camada de regularização deverá ser submetida a cura por prazo de 3 dias, no mínimo, o qual se ampliará para 7 dias em casos de tempo seco.



Entre a conclusão da cura e a aplicação das placas de poliuretano, deverá haver um intervalo de 4 dias, para secagem das superfícies, acrescentando-se mais 3 dias, em caso de tempo chuvoso.

e.1.3. Camada isolante

A camada isolante poderá ser constituída por placas de espuma de poliuretano ou por camada executada através de espumação local, com peso específico aparente de 37kg/m³, e condutibilidade térmica de 0,0152 W/m.k (0,013kcal/m.h.°C)

As placas podem ser colocadas sobre paredes emboçadas, e suportam revestimento de argamassa aplicado diretamente sobre elas.

As placas serão coladas com o auxílio de adesivo plastipegante, cola de cimento ou, ainda, adesivo asfáltico. Aplicar o adesivo em toda a superfície do dorso das placas, bem como em toda a superfície a ser revestida. Em seguida, uni-las cuidadosamente até a fixação completa.

Na colagem das placas não será admitida aplicação de adesivo somente no perímetro e diagonais. A colagem da placa deverá ser iniciada por uma de suas extremidades. Evitar descontinuidade na colagem, vincos e/ou rugas entre a superfície de aplicação e a placa.

O assentamento das placas junto às esquadrias deverá realizar-se depois da pintura destas. Não será permitido o reaproveitamento de placas acústicas.

A execução dos cortes para emendas ou adaptações, se necessário, será feita com as placas superpostas.

As placas de espuma rígida de poliuretano suportam o peso das cargas normais do piso, desde que se execute uma argamassa ou sobrelaje de concreto armado, capaz de distribuir as cargas. Para o trânsito de pessoas e cargas leves, a espessura mínima da argamassa será de 3cm.

Os agregados para a massa de revestimento precisam ser escolhidos de forma a evitar que a massa, ao curar, venha a se contrair e apresentar trincas e fissuras.

As placas isolantes são muito impermeáveis, dificultando a evaporação da água através delas, tornando-se fundamental o perfeito conhecimento do ponto de aderência para aplicar o adesivo no momento certo.

Os serviços deverão ser executados por mão de obra especializada, sendo obrigatório o uso de EPI.

e.2. Mantas de Lã de Vidro

As superfícies destinadas ao recebimento do isolamento acústico deverão estar limpas, secas, uniformes, sem saliências ou reentrâncias, com ângulos ligeiramente chanfrados e não cortantes.

As mantas serão estendidas sobre a superfície, formando uma camada mínima de 7,5mm de espessura, ou seguindo as especificações do projeto de isolamento e, ainda, as instruções do FABRICANTE.

Deverão ser tomados cuidados especiais na colocação da manta próximo às aberturas (portas, janelas e outros vãos), com ajustamento perfeito aos batentes e calafetadas à passagem do ar.

Sobre esta camada deverá ser aplicada uma proteção à base de asfalto oxidado a quente.

Proceder o corte no formato desejado, com instrumentos apropriados.

e.3. Forros acústicos

A especificação e execução de sistemas de forros acústicos deverá estar em conformidade com o Capítulo 8 - "Coberturas e Forros" deste Caderno de Encargos, além de seguir o disposto em projeto específico e as determinações do FABRICANTE.

e.4. Gesso Acartonado (Dry Wall)

A especificação e execução dos forros e paredes em gesso acartonado (Dry Wall) deverão estar em conformidade com o disposto no Capítulo 07 - "Alvenarias e Vedações" e no Capítulo 08 - "Coberturas e Forros" deste Caderno de Encargos e, ainda, seguir as determinações projetuais e dos FABRICANTES.



f. Controle

A SUPERVISÃO deverá acompanhar a execução de todas as camadas de material isolante, observando sempre as especificações deste Caderno de Encargos.

Também deverão ser consideradas as recomendações e instruções de execução emitidas pelos FABRICANTES dos materiais isolantes.

Quando necessária, a camada de proteção deverá estar rigorosamente de acordo com as especificações de projeto e do FABRICANTE. Caso contrário, proceder os reparos necessários.

Caso esteja em desacordo, a SUPERVISÃO deverá exigir as correções necessárias e realizar nova inspeção.

As especificações e dimensionamento de materiais e áreas a serem isoladas deverão ser sistematicamente obedecidas, e serão objeto de conferência.

Uma vez atendidas todas as exigências deste capítulo, a SUPERVISÃO da PBH poderá receber os serviços com aprovação.

9.4.4. Critérios de levantamento, medição e pagamento

a.1. Levantamento (quantitativos de projeto)

Os serviços de isolamento acústico serão levantados por metro quadrado (m²) de área efetivamente isolada, separando-se as etapas componentes do serviço: o isolamento propriamente dito e camadas de regularização e proteção, quando aplicáveis.

Espuma de poliuretano em spray e jateamentos serão levantados por metro cúbico (m³) de material aplicado, considerando-se a espessura da camada aplicada.

a.2. Medição

Será efetuada aplicando-se o mesmo critério de levantamento, considerando-se a área efetivamente isolada, separando-se as etapas componentes do serviço: o isolamento propriamente dito e camadas de regularização e proteção, quando aplicáveis.

a.3. Pagamento

Será efetuado ao preço unitário contratual, que contempla o fornecimento e aplicação de todos os materiais e mão-de-obra, necessários à execução dos serviços, incluindo equipamentos e ferramentas.

9.5. ISOLAMENTOS TÉRMICOS

9.5.1. Objetivo

Este item do Caderno de Encargos da SUDECAP objetiva estabelecer definições básicas, materiais e sistemas usualmente utilizados para os serviços de isolamento térmico.

9.5.2. Definições

a. Carga térmica

Corresponde à quantidade de calor infiltrado ou gerado em um ambiente.

b. Condutividade Térmica

É a característica do produto isolante cujo valor numérico é fundamental para a elaboração de projetos térmicos, tabelas de perda de calor, cálculo de espessura econômica.

É a quantidade de calor Q transmitida através de uma espessura L , em direção normal à superfície A , devido a uma variação de temperatura T .

Na prática, condutividade térmica é a medida fundamental da capacidade de um material transmitir ou retardar o calor. Quanto mais baixo for seu valor, tanto melhores as propriedades isolantes do material.

c. Conforto térmico

Satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente.

**d. Fluxo de calor**

Geralmente usado para quantificar o calor perdido ou ganho em um sistema por hora numa determinada área.

e. Isolamento térmico

O isolamento térmico objetiva assegurar, mediante o emprego de materiais isolantes e de outras disposições, a perfeita proteção da obra contra a atuação da variação térmica do meio.

O isolamento térmico na edificação tem três finalidades básicas: conforto, economia e estabilização das estruturas.

f. Resistência Térmica

É a habilidade de um material retardar o fluxo de calor. Quando a resistência aumenta, o fluxo de calor reduz. O fator R é denominado resistência térmica do corpo, e a unidade usual é °C/W (grau Celsius por Watt) ou K/W (grau Kelvin por Watt).

A resistência térmica de um corpo depende da sua geometria e da condutividade (ou o inverso, resistividade) térmica do material. Isso significa, por exemplo, que dois corpos de materiais idênticos podem ter resistências térmicas diferentes. Basta que algumas dimensões sejam diferentes.

9.5.3. Condições específicas**a. Projeto de isolamento**

O projeto de isolamento térmico pode acompanhar qualquer tipo de projeto que priorize o conforto térmico ou a redução de gastos com climatização. O isolamento térmico bem projetado pode proporcionar conforto térmico e, muitas vezes, tornar dispensável ou desnecessário o sistema de climatização.

Além disso, o sistema de isolamento térmico aumenta a vida útil da impermeabilização.

As membranas impermeáveis são constituídas geralmente de materiais orgânicos (por exemplo, betume asfáltico, que é transformado em asfalto oxidado). A degradação química do asfalto tem como causa principal a oxidação, que aumenta exponencialmente com a elevação da temperatura.

Os impermeabilizantes inorgânicos são rígidos e não satisfazem às exigências de uma membrana impermeável. Os asfaltos e plásticos sofrem deterioração acentuada quando expostos ao sol, (raios infravermelhos e ultravioletas), ao oxigênio, ao ozônio e às variações de temperatura.

Todas as estruturas sofrem o efeito das dilatações e das contrações térmicas. A variação dimensional das estruturas depende da natureza do material, e é proporcional à temperatura ambiente. A dilatação térmica causa tensões de compressão por aumento de volume. Esta força que se desenvolve como resultado da dilatação destrói qualquer obstáculo que se oponha a ela, como muretas, engastamentos entre confinamentos rígidos, etc. No caso de diminuição da temperatura em relação à média, obtém-se forças de contração. Como consequência, as forças de contração produzem fissuramentos.

Para minimizar os efeitos das dilatações e demais variações dimensionais nas estruturas, deve-se recorrer aos sistemas de isolamento térmico.

Para se poder avaliar as variações dimensionais é necessário conhecer o coeficiente de dilatação térmica do material, que se expressa em unidade dimensional por grau de temperatura.

b. Materiais

Um bom isolante é um material cuja condutividade térmica é baixa em relação à dos materiais usuais.

Como os sólidos conduzem bem o calor e os gases estagnados são maus condutores, os isolantes são sempre produtos celulares ou laminares, formados por células de gás ou simplesmente de ar. Por esta razão, os isolantes são muito leves, não influenciando de maneira significativa no peso total da construção.

A escolha do isolante é feita em função do seu custo, resistência e temperaturas elevadas ou baixas, impermeabilidade, porosidade, facilidade de incendiar-se, peso, resistência à putrefação, facilidade de manuseio, resistência mecânica, resistência química e estabilidade dimensional.



As espumas plásticas são inflamáveis e alimentam a chama. Nelas empregam-se agentes químicos que servem para abafar o processo de combustão impedindo que o fogo se alastre. Estes materiais devem ser protegidos por revestimentos, de forma a mantê-los resguardados. O material deve ser colocado entre duas paredes pintando com tinta “ignífuga” ou protegido com revestimento de alumínio.

As espumas de poliestireno são destruídas pela ação de óleos e solventes, como nafta, aguarrás, benzeno, tolueno e outros. Assim, é necessário escolher adesivos que não contenham estes solventes e evitar o contato com óleos minerais. Antes da aplicação de produtos desconhecidos, devem ser feitos testes nesse sentido.

A espuma rígida de poliuretano, entretanto, resiste bem à maioria dos produtos químicos e solventes, necessitando de maiores cuidados somente em casos especiais.

Os isolantes inorgânicos resistem bem aos solventes; porém, em casos específicos de agressão ácida ou alcalina, é necessário submeter os produtos a testes

Somente os materiais inorgânicos são realmente resistentes ao fogo e não alimentam a chama. Exemplo: espuma de cimento (concreto celular), argilas expandidas, silicato de cálcio, silicato diatomáceo com amianto, lã de vidro ou lã de rocha que se fundem a temperaturas elevadas, etc.; em certos tipos de materiais são empregados aglomerantes que podem alimentar a chama.

As espumas plásticas são inflamáveis e alimentam a chama. Nelas empregam-se agentes químicos que servem para abafar o processo de combustão, impedindo que o fogo se alastre.

Tais materiais devem ser protegidos por revestimentos, de forma a mantê-los resguardados. Para isso, o material deve ser colocado entre duas paredes, pintado com tinta ignífuga ou protegido com revestimento de alumínio.

As faixas de temperatura para aplicação dos diversos materiais é variável:

- Lã de Rocha: aplicável em temperaturas variando de – 200°C a 750°C
- Lã de Vidro: aplicável em temperaturas variando de – 200°C a 550°C;
- Fibra Cerâmica: até 1.400°C, podendo atingir até 1.600°C em determinados produtos;
- Silicato de Cálcio: até 815°C;
- Poliestireno Expandido (Isopor): aplicável em temperaturas variando de -50°C à 80°C;
- Poliuretano: aplicável em temperaturas variando de 80°C a 100°C (períodos curtos).



Material	K (W.m⁻¹.K⁻¹)	Material	K (W.m⁻¹.K⁻¹)
Prata	406	Fibrocimento	0,16
Cobre	385	Hidrogênio a 0°	0,14
Latão	109	Hélio a 0°	0,14
Alumínio	205	Oxigênio	0,023
Ferro	65	Gelo seco	0,1
Aço	50,2	Fibra de vidro	0,04
Chumbo	34,7	Tijolo de isolamento	0,15
Mercúrio	8,3	Tijolo cerâmico	0,6
Gelo	1,6	Cortiça	0,04
Vidro	0,8	Lã de rocha	0,04
Cimento	0,8	Madeira	0,04 – 0,12
Água a 20°C	0,6	Ar a 0°C	0,024

Tabela 4 – Condutividade térmica de materiais habituais



Materiais Isolantes	Densidade (kg/m³)	Coefficiente de Condutividade Térmica – K (Kcal/mh°C)
Espuma de concreto (concreto celular)	400	0,12
	500	0,16
	600	0,20
	800	0,25
Fibra de madeira	200	0,040
	300	0,050
Cortiça	120	0,035
	160	0,038
Espumas plásticas	16	0,030
	25	0,035
Lã de vidro ou mineral	12	0,045
	16	0,042
	20	0,038
	30	0,018
	40	0,029
Lã de vidro ou mineral em mantas	200	0,035
	300	0,080
	450	0,110
Argamassa de argila expandida	200	0,085
Silicato de cálcio ou óxido de magnésio	100	0,046
	200	0,055
Poliestireno extrudado	33	0,023
Poliestireno expandido do tipo auto- extinguível	20	0,027 – 0,031
	40	0,029
	60	0,027
Espuma rígida de poliuretano	40	0,018

Tabela 5 – Tabela comparativa da condutividade térmica de materiais isolantes – valores práticos para cálculo conforme norma DIN 4108

**b.1. Poliuretano (PU ou PUR)**

Poliuretano (ou PU) é qualquer polímero que compreende uma cadeia de unidades orgânicas unidas por ligações uretânicas. É amplamente usado em espumas rígidas e flexíveis, em elastômeros duráveis e em adesivos de alto desempenho, em selantes, fibras, vedações, gaxetas etc.

O poliuretano é um produto sólido, com textura de espuma, e aparência entre a cortiça e o poliestireno expandido. É obtido a partir da reação química, que ocorre quase que instantaneamente, entre dois compostos químicos líquidos. Um dos compostos químicos é um ativador da reação (conhecido por MDI) e o outro é um composto químico conhecido como POLIOL.

A espuma de poliuretano aplicada por "spray" tem viabilidade econômica para áreas acima de 300 m². Oferece a vantagem de ser auto-aderente e pode ser aplicada sobre superfícies irregulares e onduladas, como no caso de telhas. Resolve casos onde placas não podem ser aplicadas. Este produto necessita sempre de uma pintura ou revestimento de proteção, principalmente quando exposto ao tempo. As pinturas adequadas são: pinturas asfálticas com acabamento pigmentado de alumínio, pinturas à base de silicone; pinturas à base de acrílico; pinturas com tintas de proteção contra incêndio; aplicações de emulsão asfáltica.

A espuma de poliuretano contém, no interior das suas células, o agente expensor, monofluorclorometano cujo coeficiente de condutibilidade térmica é de 0,0079 Kcal/mh °C. Esta característica confere à espuma de Poliuretano um coeficiente de condutibilidade térmica, à temperatura ambiente, de 0,017 Kcal/mh °C.

Pode ser aplicado sobre qualquer tipo de suporte, e possui grande aderência. À sua resistência térmica, o acrescenta-se a sua total estanqueidade e resistência à compressão.

Quando aplicado diretamente sobre os materiais normalmente utilizados na construção civil (concreto, tijolos, madeira, ferro etc), reduz as dilatações das coberturas e paredes, sendo classificado como isolante estrutural.

Os poliuretanos são extremamente versáteis, mas podem ser definidos em alguns tipos básicos:

- Espumas rígidas: são sistemas bicomponentes normalmente utilizados em sistemas de isolamento térmico e acústico, para modelação ou para proteção de transportes de peças e equipamentos;
- Espumas flexíveis: são utilizados em abafadores, isolamentos acústicos etc;
- Elastômeros: utilizados em várias aplicações, como encapsulamentos eletrônicos, amortecedores, sapatas de equipamentos, revestimentos antiderrapantes e resistentes à abrasão, acabamento em produtos promocionais, tubos e dutos, revestimentos de etiquetas, blocos de modelação, etc.;
- Tintas: normalmente são utilizadas em aplicações onde existe a necessidade de bom acabamento, excelente brilho, resistência química, boa aderência, e resistência a UV. Podem ser bicomponentes ou monocomponentes; normalmente, os bicomponentes são os de melhor resistência, em todos os sentidos.

b.2. Poliestireno expandido (EPS)

O EPS é um plástico celular rígido, resultante da polimerização do estireno em água. Em seu processo produtivo não se utiliza o gás CFC ou qualquer um de seus substitutos. Como agente expensor para a transformação do EPS, emprega-se o pentano, um hidrocarbureto que se deteriora rapidamente pela reação fotoquímica gerada pelos raios solares, sem comprometer o meio ambiente. O produto final é composto de pérolas de até 3 milímetros de diâmetro, que se destinam à expansão.

No processo de transformação, essas pérolas são submetidas à expansão em até 50 vezes o seu tamanho original, através de vapor, fundindo-se e moldando-se em formas diversas. Expandidas, as pérolas consistem em até 98% de ar e apenas 2% de poliestireno. Em 1m³ de EPS expandido, por exemplo, existem de 3 a 6 bilhões de células fechadas e cheias de ar.

Os produtos finais de EPS são inodoros, não contaminam o solo, água ou ar, são 100% reaproveitáveis e recicláveis, e podem voltar à condição de matéria-prima. Não produz chama quando queimado, e libera basicamente água e produtos derivados de carbono.

É produzido em duas versões: Classe P, não retardante à chama, e Classe F, retardante à chama.



É um material inerte, muito leve, proporciona bom isolamento térmico e acústico, não prolifera fungos e não absorve água. Possui boa resistência mecânica e baixa condutividade térmica. A estrutura de células fechadas, cheias de ar, dificulta a passagem do calor, o que confere ao isopor um grande poder isolante. Pode ficar exposto a intempéries sem prejuízos a sua durabilidade. É compatível com a maioria dos materiais como cimento, cal e gesso, e tem um ótimo acabamento.

Higiênico e totalmente inócuo, não constitui substrato ou alimento para o desenvolvimento de microrganismos, não absorve umidade nem liberta qualquer substância.

A leveza e a capacidade de isolamento térmico do poliestireno expandido, associadas ao baixo custo do material, proporcionam grande utilização pelo mercado da construção civil.

Disponível em:

- Chapas para isolamento termo-acústico em telhados;
- Forro isolante e molduras para teto (sancas);
- Telhas térmicas;
- Placas associadas a gesso acartonado;
- Pranchas usadas como base para pisos;
- Painéis autoportantes.

b.3. Espuma rígida de poliestireno extrudado

Isopor de alta densidade para aplicação na construção civil, confeccionado em poliestireno e modelado em placas rígidas. Apresenta pouca ou nenhuma absorção de água.

Promove o aumento da vida útil da impermeabilização, e é indicado para isolamentos térmicos de altas e baixas temperaturas, com boa resistência mecânica, fácil instalação, manuseio, estocagem e transporte.

Aplicação: paredes, lajes com impermeabilização, sob telhas (metálicas, fibrocimento etc.).

Pode também ser utilizado como camada amortecedora sobre pisos em áreas que recebem cargas concentradas (pisos de rolamento e locais sujeitos ao trânsito de veículos).

b.4. Concreto celular

b.4.1. Concreto celular "in situ"

O concreto celular é um concreto leve, produzido pela incorporação aditivo aerante a uma argamassa de areia, cimento e água. Sua preparação é feita no próprio local da obra, com equipamentos especiais que permitem produção em bateladas ou contínua.

O produto final curado apresenta um número infinito de pequenos alvéolos formados por diminutas bolhas de ar, uniformemente distribuídas em toda a massa, conferindo baixa densidade e propriedades isolantes ao produto, sem alterar as características do cimento utilizado. Dessa forma, permite que o concreto apresente uma resistência à compressão superior a outros produtos isolantes, como espumas plásticas, lã de vidro, etc.

O aditivo aerante em pó misturado ao cimento produz concretos de baixas densidades, tornando-os isolantes térmicos, resistentes ao fogo e com boa atenuação acústica.

Condutividade térmica = 0,079 kcal/mh °C a 33,9 °C ou 0,0679 W/Km a 307,05 K

Aplicações:

- Como isolante térmico em lajes de coberturas e terraços, sobre as mantas impermeabilizantes, em espessura uniforme. Pode também ser aplicado com espessura variada, formando caimentos (desníveis) de 1% até 5%;
- Como enchimento de câmaras vazias entre paredes; sob piscinas de fibra de vidro ou em rebaixo em lajes, proporcionando, simultaneamente, isolamento térmico e redução da transmissão de ruídos e vibrações à estrutura (isolamento acústico);



- Na confecção de blocos (tijolos) e peças pré-moldadas para lajes pré-moldadas etc.

O concreto celular "in situ" pode ser fabricado em densidades variáveis de 400Kg/m³ até 1.800Kg/m³, conforme a finalidade e resistência desejadas.

Além do seu efeito isolante, pode ser utilizado para fazer os caimentos e os enchimentos de rebaixos.

A variação da densidade do concreto ocorre em função da quantidade da aditivo aerante incorporado à argamassa e ao tempo de amassamento.

b.4.2. Concreto celular autoclavado

O concreto celular autoclavado é um produto leve, formado a partir de uma reação química entre cal, cimento, areia e pó, que, após uma cura em vapor a alta pressão e temperatura, da origem a um silicato de cálcio, composto químico estável que o faz um produto de excelente desempenho na construção civil.

Apresenta uma resistência à ruptura por compressão que permite, também, a execução de alvenaria autoportante. Além da boa performance funcional, como elemento de alvenaria e laje, o concreto celular autoclavado exhibe propriedades que o caracterizam como um material incombustível e isolante termo-acústico.

Os blocos são utilizados para vedação de vãos e enchimento de lajes nervuradas; os painéis armados; para paredes ou lajes. Também são encontrados blocos-canaleta para vergas e contra-vergas.

Como isolante de paredes externas sujeitas à incidência do sol, a espessura indicada é de 10 cm.

Para áreas transitáveis, assenta-se o piso sobre os blocos, como acabamento final.

b.5. Argamassa de vermiculita expandida

Vermiculita é um mineral da família das argilas micáceas (aluminossilicato hidratado de ferro e de magnésio), constituído pela superposição de finas lamínulas que, submetidas a altas temperaturas (cerca de 800°/1000°C), expandem os seus grãos em vinte vezes do seu volume original, deixando um grande vazio em seu interior. Os espaços vazios originados desta expansão volumétrica são preenchidos por ar, que conferem à vermiculita grande leveza, e isolamento térmica e acústica.

As principais características deste tipo de material são:

- Massa específica aparente ~ 110kg/m³;
- Baixa densidade (variando de 80 até 120kg/m³);
- Condutividade térmica máxima a temperatura ambiente da Vermiculita ~ 0,070 W/m.k;
- Coeficiente de absorção acústica a 1.000 Hz: 0,50;
- Incomburente;
- Insolúvel em água;
- Atóxico;
- Não abrasivo;
- Inodoro;
- Não se decompõe, deteriora ou apodrece.

A vermiculita é inorgânica, insolúvel em bases e ácidos fracos solventes orgânicos, apresentando pH praticamente neutro (7,0). É usada como agregado fino (substituindo a areia) para argamassas ou concretos aplicadas sobre lajes ou revestimento de parede, normalmente como "massa grossa", com espessuras de 3 a 10cm.

Em paredes deverá ser aplicado um chapisco grosso prévio e, se necessário, esta argamassa deverá ser aplicada em camadas, seguindo os procedimentos para aplicação de argamassas para revestimento descritos no Capítulo 7 - "Alvenarias e Revestimentos" deste Caderno de Encargos.



b.5.1. Concreto leve de vermiculita expandida

Também muito utilizada na produção de concretos leve, para confecção de contra-pisos de nivelamento de lajes em edifícios. O concreto leve com vermiculita é um concreto convencional onde o principal agregado é a vermiculita.

Utilizando em áreas que não haja exigência de grandes esforços, o concreto de vermiculita consegue compatibilizar baixíssimo peso com boa resistência mecânica.

Aplicações: enchimento de pisos, isolamento termo-acústico em divisórias, forros, lajes e paredes, contra-piso, rebocos acústicos, corta fogo, câmaras a prova de som, câmaras a prova de fogo, rebocos isolantes etc. A vermiculita é também usada a granel, dentro de alvenarias, blocos de concreto ou sob assoalhos.

b.5.2. Placas e blocos de vermiculita

Placas e blocos isolantes extremamente leves, prensadas, quimicamente ligadas, à base de vermiculita expandida e ligantes inorgânicos, apresentando boa resistência mecânica. São recomendadas para uso em temperaturas de serviço contínuo de até 1000°C.

b.6. Lã de Rocha

A lã de rocha mineral é um produto isolante formado por uma trama de fibras de materiais pétreos (basalto aglomerado com resina sintética), formando um feltro que mantém, entre as fibras, o ar em estado estático. Tais formações de fibras permitem obter produtos muito leves e que oferecem elevados níveis de proteção ao calor, ao ruído e ao fogo.

A lã de rocha é conhecida como isolante acústico por sua estrutura flexível, e térmico por manter o ar em estado imóvel. As principais características deste material são:

- Isolante acústico;
- Isolamento térmico;
- Incomburente;
- pH neutro, anti-parasita, não corrosivo e imputrescível;
- Não nocivo à saúde, mas seu manuseio e aplicação deverá ser feito com vestuário e luvas adequadas;
- Não poluente;
- Favorável custo/benefício.

A lã de rocha pode ser aplicada em forros, divisórias, pisos, falsos tetos, fachadas, proteção de estruturas, em dutos de ar condicionados, em tubulações com baixas, médias e altas temperaturas de 50°C a 750°C.

O mercado brasileiro oferece a lã de rocha em forma de painéis e mantas revestidas ou não, com plástico auto-extinguível, de manta com *Kraft* aluminizado, de calhas e mantas com tela metálica para proporcionar maior resistência mecânica ao material.

b.7. Lã de Vidro

A lã de vidro provém de uma substância líquida inorgânica obtida através de um composto básico de vários elementos: a sílica (em forma de areia, que assume o papel de vitrificante), o carbonato de sódio, sulfato de sódio e potássio (para que a temperatura de fusão seja mais baixa), e o carbonato de cálcio e magnésio, como estabilizantes, conferindo a este material uma elevada resistência à umidade.

É fabricado em alto forno a partir de sílica e sódio, que elevados a temperatura de aproximadamente 1500 °C, formam uma massa em estado plástico de altíssima viscosidade, que aumenta à medida que arrefece, mantendo-se em estado de sobre fusão sem cristalizar.

Possui ótimo coeficiente de absorção sonora em função à porosidade da lã (a onda sonora entra em contato com a lã e é rapidamente absorvida).

Possui rendimento térmico superior ao da lã de rocha, porém em faixa de trabalho inferior, chegando a limites máximos de 450°C.



Suas principais vantagens:

- É leve e de fácil manipulação;
- Não propaga chamas;
- Não deteriora;
- Não favorece a proliferação de fungos ou bactérias;
- Não é atacada nem destruída pela ação de roedores.

O mercado oferece a lã de vidro em forma de manta, do tipo manta ensacada com polietileno, manta aluminizada, manta revestida com feltro para construções metálicas e manta de fibro-cerâmica para tubulações e equipamentos com temperaturas elevadas e, ainda, painéis revestidos com papel *Kraft*, tecido e outros.

A manta de lã de vidro, quando instalada, adquire a forma do material ou componente que se vai isolar. Nesse caso, o produto não recebe aplicação de resina, sendo comercializado na forma de grandes rolos.

Aplicável no isolamento externo de dutos de ar retangulares ou redondos e, quando revestidos com barreira de vapor, podem ser usados em sistemas de ar condicionado. São produzidas com diversas densidades (de 12 Kg/m³ a 20 kg/m³) e apresentam diversas espessuras, (1 a 4 polegadas).

As placas isolantes são fabricadas com lã aglutinada com resina termofixa, e apresentadas em forma de painéis retangulares flexíveis, semi-rígidos ou rígidos em diferentes densidades (desde 20 Kg/m³ até 100 Kg/m³) e diversas espessuras, para aplicações em temperaturas de -18°C a 232°C. São leves, resistentes e possuem alta performance térmica e acústica.

Densidade kg/m ³	Espessura	Condutividade Térmica – K (W / m°C) - Temp. méd.=24°C	Resistência térmica - R (m ² ° C / W)
12	50 mm	0,045	1,11
20	50 mm	0,038	1,32
35	50 mm	0,034	1,47
12	75 mm	0,045	1,67

Tabela 6 – Resistência térmica da lã de vidro

b.8. Fibra cerâmica

A fibra cerâmica é um material composto pela eletrofusão da alumina e da sílica em temperatura aproximada de 2000°C. A composição básica da fusão é de 48% de Al₂O₃ e 52% de SiO₂. No processo de eletrofusão, em temperatura próxima a 2000°C, o material fundido escorre por um orifício e recebe um jato de ar comprimido, formando assim a fibra. De aparência similar à fibra de vidro, suporta temperaturas muito mais elevadas, além de maior coeficiente de isolamento.

É usada em diferentes aplicações como isolante térmico. Sua limitação de emprego está nas aplicações nas quais o isolante sofra esforço mecânico. Aplicável em diversas faixas de temperatura, até 1.440°C. Normalmente, o material é empregado sob a forma de mantas, placas, módulos ou flocos.

A manta de fibra cerâmica é composta por fibras flexíveis entrelaçadas, e possui a resistência de um refratário sólido. Aplicação: temperaturas de 538° a 1482°C.



Características:

- Baixa condutibilidade térmica e baixo armazenamento de calor;
- Alta resistência à tração e resistência ao choque térmico;
- Material absorvente;
- Não contém amianto.

b.9. Feltros revestidos

Feltros leves e flexíveis revestidos com folha de alumínio em uma das faces, utilizado para isolamento térmico de dutos de ar-condicionado que requeiram proteção à condensação.

Também aplicável ao isolamento termo-acústico de tubulações, coberturas, sobre forros e dutos de exaustão.

b.10. Feltros envelopados

Feltros leves e flexíveis envelopados em polietileno auto-extinguível. Devido a sua baixa condutividade térmica, amortece e atrasa a passagem de calor, proporcionando conforto aos usuários. Possui altos índices de absorção acústica, que não são substancialmente alterados pelo polietileno, devido a pequena espessura do filme.

Aplicações: sobre forros vazados, sobre forros falsos, sob coberturas.

b.11. Mantas revestidas com tela galvanizada

Indicadas para o revestimento térmico e acústico de superfícies cilíndricas, planas ou irregulares, caixas removíveis de flanges, válvulas etc. A maleabilidade, flexibilidade e conformabilidade das mantas permitem a sua utilização em equipamentos e tubulações de formas e diâmetros variados.

A tela metálica de suporte serve como elemento de fixação.

Possuem baixos coeficientes de condutividade e elevados índices de absorção acústica. Conjugados aos revestimentos massivos, são freqüentemente utilizados para reduzir o nível de ruído de tubulações e equipamentos industriais.

b.12. Silicato de Cálcio

Material isolante para aplicação em tubulações e equipamentos em médias e altas temperaturas, por sua baixa densidade, resistência mecânica, mínima perda de calor, insolubilidade em água e alta resistência estrutural.

b.13. Emulsão polimérica

Também é utilizado como pintura refletiva de impermeabilizações asfálticas e isolantes térmicos de poliuretano expandido, sendo que, neste caso, deve possuir maior capacidade de recobrimento com a incorporação de maior quantidade de óxido de titânio (TiO₂).

b.14. Espuma Elastomérica

Espuma do poliuretano poliéster, auto-extinguível, tratada com retardante a chama para melhorar sua propriedade quanto a segurança ao fogo. Estão protegidas contra mofo, fungos e bactérias.

Este tipo de material é oferecido no mercado em forma de placas de diversas espessuras e dimensões.

b.15. Alumínio corrugado

Disponível com ou sem papel *Kraft* betumado em uma das faces, é utilizado para capear tubulações e equipamentos com isolamento.

Vantagens:

- aumento da resistência mecânica da tubulação (sem aumento da espessura dos tubos);
- formação de barreira de vapor;



- evita o contato entre o material isolante e o revestimento metálico da tubulação (por diferença de potencial galvânico poderia ocorrer o ataque da lâmina de alumínio);
- proporciona melhor acabamento.

b.16. Manta refletiva

Manta refletiva composta de papel *kraft* reforçado por trama de fios, selada em ambas as faces por folha de alumínio. É impermeável e auto-extinguível, sendo indicada para atuação como sub-coberturas, aplicada logo abaixo de telhas (cerâmicas, metálicas, etc), evitando o calor proveniente da radiação térmica.

Além de atuar como isolante térmico, evita infiltrações para o interior da edificação, originadas a partir da cobertura. A manta pode ser recoberta por outros produtos e ainda proporcionar bom isolamento contra o calor e o frio.

b.17. Argila expandida

É um agregado leve de formato esférico, com estrutura interna formada por uma espuma cerâmica com microporos e superfície rígida e resistente. Possui estabilidade dimensional e propriedades de isolamento térmico e acústico. Disponível em diferentes granulometrias e, de acordo com os diâmetros, pode ser utilizada em jardins e floreiras (para estabilizar a umidade da terra), na produção de concreto leve e sobre lajes sombreadas (devido à sua baixa densidade), e no isolamento térmico e acústico de ambientes.

É produzida artificialmente em grandes fornos cilíndricos rotativos, utilizando argilas especiais que se expandem (devido à retenção de gases formados) a altas temperaturas (1.100°C), transformando-as em um produto leve, de elevada resistência mecânica e ao fogo e aos principais ambientes alcalinos e ácidos etc.

No ambiente interno, a argila expandida dificilmente é pulverizada devido à sua rigidez; caso aconteça, a proteção pode ser feita com lenços ou máscaras simples que filtrarão a poeira indesejável. A argila expandida é inodora e hipoalergênica.

É mecanicamente consistente, durável e quimicamente estável, não inflamável e eletricamente neutra, e não se altera com o tempo, podendo ser estocada por longos períodos e próximo a outros materiais. Não há necessidade de manutenção ou limpeza regularmente devido à sua estabilidade.

A camada de argila expandida é utilizada basicamente como isolante térmico, atuando também como proteção da impermeabilização contra a incidência de raios solares. A altura mínima recomendada para a camada de argila expandida é de 10cm.

Nas lajes, seu dimensionamento deve considerar a sobrecarga advinda da utilização do material, considerando sua granulometria e estado de saturação, admitindo média de 1.400kg/m³.

Cuidados adicionais deverão ser observados no que diz respeito aos caimentos para drenagem de água e na adoção de grelhas hemi-esféricas, evitando que os grãos de argila sejam encaminhados para os condutores de água. Observar também que o desempenho da camada do isolante térmico cai quando há saturação da argila.

Granulometria e Aplicações:

- 05 a 13mm: enchimento de pisos e vazios;
- 13 a 20mm: proteção térmica de drenagem;
- 20 a 30mm: proteção térmica de drenagem em jardins, agregado para concreto.



Material	Densidade Kg/cm ³	Absorção (% vol.)	Estabilidade dimensional
Poliestireno extrudado	33	0,2	Estável até 70°C
Poliestireno expandido	20	4	
Espuma rígida de poliuretano	25	2	
	30	1,2	
	40	1	
Lã de vidro	12 – 20	absorvente	Há deformação quando exposto ao sol
Mantas de lã de vidro	40		

Tabela 7 – Tabela comparativa de materiais isolantes - % de absorção de água e estabilidade dimensional

Material	Densidade Kg/cm ³	Temperatura máxima (°C)
Poliestireno extrudado	33	70
Poliestireno expandido	20-25	70
Espuma rígida de poliuretano	30	120
	40	250
	40	
Lã de vidro	40	400
	60	500
Lã mineral	200	300
Concreto celular ou espuma de cimento	200	600
	400 - 450	300

Tabela 8 – Tabela comparativa de materiais isolantes – resistência ao calor

c. Execução

As superfícies a isolar receberão limpeza geral e cuidadosa.

Salvo especificação em contrário, a espessura da camada isolante será calculada de forma que o conjunto cobertura-camada apresente uma resistência térmica de, no mínimo, $1,3 \frac{K}{Kcal/h}$

Onde:

K = constante de condutividade do material isolante.



c.1. Poliuretano - placas de espuma e espumação local

c.1.1. Camada de regularização

Depois de inteiramente limpa, a superfície a ser isolada receberá chapisco de argamassa traço 1:3, para melhor aderência.

A camada de regularização será constituída por argamassa traço 1:3, e terá sua superfície retificada, com acabamento que permita a aplicação, utilizando-se produto adesivo, das placas de poliuretano.

No caso de aplicação por espumação local, elimina-se a camada regularizante.

c.1.2. Cura

A camada de regularização deverá ser submetida à cura por prazo de 3 dias, no mínimo, o qual se ampliará para 7 dias em casos de tempo seco.

Entre a conclusão da cura e a aplicação das placas de poliuretano, deverá haver um intervalo de 4 dias, para secagem das superfícies, acrescentando-se mais 3 dias, em caso de tempo chuvoso.

c.1.3. Camada isolante

A camada isolante poderá ser constituída por placas de espuma de poliuretano ou por camada executada através de espumação local, com peso específico aparente de 37kg/m³, e condutibilidade térmica de 0,0152 W/m.k (0,013kcal/m.h.°C)

As placas serão coladas com o auxílio de adesivo plastipegante, cola de cimento ou, ainda, adesivo asfáltico. Aplicar o adesivo em toda a superfície do dorso das placas, bem como em toda a superfície a ser revestida. Em seguida, uni-las cuidadosamente até a fixação completa.

Na colagem das placas não será admitida aplicação de adesivo somente no perímetro e diagonais. A colagem da placa deverá ser iniciada por uma de suas extremidades. Evitar descontinuidade na colagem, vincos e/ou rugas entre a superfície de aplicação e a placa.

O assentamento das placas junto às esquadrias deverá realizar-se depois da pintura destas. Não será permitido o reaproveitamento de placas acústicas.

A execução dos cortes para emendas ou adaptações, se necessário, será feita com as placas superpostas.

As placas de espuma rígida de poliuretano suportam o peso das cargas normais do piso, desde que se execute uma argamassa ou sobrelaje de concreto armado, capaz de distribuir as cargas. Para o trânsito de pessoas e cargas leves, a espessura mínima da argamassa será de 3cm.

As placas isolantes são muito impermeáveis, dificultando a evaporação da água através delas, tornando-se fundamental o perfeito conhecimento do ponto de aderência para aplicar o adesivo no momento certo.

Os serviços deverão ser executados por mão de obra especializada, sendo obrigatório o uso de EPI.

- Placas com densidade 25kg/m³

Para uma transmissão de calor de 1,0 kcal/m² h °C, recomenda-se a espessura mínima de 2,5cm.

Para uma transmissão de calor de 0,72 kcal/m² h °C, recomenda-se a espessura mínima de 3,5cm.

- Placas com densidade 30kg/m³

Para uma transmissão de calor de 1,0 kcal/m² h °C a espessura necessária é de 1,8 cm (na prática, 2,0 cm).

Para uma transmissão de calor de 0,72 kcal/m² h °C a espessura necessária é de 2,5 cm.

c.2. Forros e placas de poliestireno expandido

c.2.1. Camada de regularização

Depois de inteiramente limpa, a superfície a ser isolada receberá chapisco de argamassa traço 1:3, para melhor aderência.

A camada de regularização será constituída por argamassa traço 1:3, e terá sua superfície retificada, com acabamento que permita a aplicação, utilizando-se produto adesivo, das placas de poliestireno



c.2.2. Cura

A camada de regularização deverá ser submetida à cura por prazo de 3 dias, no mínimo, o qual se ampliará para 7 dias em casos de tempo seco.

Entre a conclusão da cura e a aplicação das placas de poliestireno, deverá haver um intervalo de 4 dias, para secagem das superfícies, acrescentando-se mais 3 dias, em caso de tempo chuvoso.

c.2.3. Camada isolante

A camada isolante será constituída por placas de poliestireno expandido, com peso específico aparente de 20 kg/m³ e condutibilidade térmica de 0,028 W/m.m.K (0,024 Kcal/m.h.°C).

As placas, no caso de isolamento de telhados, podem ser coladas com emulsão asfáltica.

As placas associadas a gesso acartonado serão fixadas através com argamassa específica ou fixação mecânica.

Os forros serão presos ao teto através de perfis metálicos e tirantes. A execução deverá seguir as instruções do FABRICANTE e o disposto item 8.6 do Capítulo 8 - "Coberturas e Forros" deste Caderno de Encargos, no que for aplicável.

c.3. Mantas de lã de vidro

Os serviços de execução deverão seguir o disposto no item 9.4.3 – e.2 deste capítulo.

c.3.1. Densidade 40kg/m³

Para uma transmissão de calor de 1,0 kcal/m² h °C, recomenda-se a espessura mínima de 3cm.

Para uma transmissão de calor de 0,72 kcal/ m² h °C, recomenda-se a espessura mínima de 4cm.

Restrição: estas mantas não podem ser pisadas, e absorvem água se houver vazamento de água pelo telhado.

c.4. Concreto celular "in situ"

Depois de inteiramente limpa, a superfície receberá um chapisco com argamassa 1:3, para melhor aderência.

Preparar a mistura de cimento, aditivo aerante e água. Os aditivos devem ser bem misturados e agitados, evitando qualquer contaminação com outros materiais. Deverão ser observadas as instruções de execução fornecidas pelo FABRICANTE dos aditivos..

Misturar a água, o aditivo aerante e o cimento, em betoneira, pelo tempo de 5, 8 ou 10 minutos, ou de acordo com as instruções do FABRICANTE dos aditivos. De acordo com o tempo de batimento, o concreto ficará mais leve ou mais pesado. Quanto menor a relação água/cimento, maior a resistência de compressão, e menor a capacidade isolante.

A camada isolante será constituída por concreto celular de peso específico aparente de 400 kg/m³, salvo determinação em contrário, e deverá apresentar condutibilidade térmica de 0,174W/m.K (0,15 Kcal/m.h.°C).

A resistência à compressão do concreto celular será de, no mínimo, igual a 0,8MPa (8kg/cm²)

Para uma transmissão de calor de 1,0 kcal/m² h °C, é necessária uma camada de de 6 a 8 cm de espessura. Para uma transmissão de calor de 0,72 kcal/m² h °C, a espessura necessária é de 11 cm (equivalente a 2,5 cm de espuma rígida de poliuretano).

O preparo do concreto deverá seguir as disposições contidas no Capítulo 6 - "Estrutura de Concreto e Metálica" deste Caderno de Encargos.



Tempo de Mistura (em betoneira de 43 RPM)	Resistência à compressão (72h)
5 minutos	14 kgf/cm ²
8 minutos	9,5 kgf/cm ²
10 minutos	7,0 kgf/cm ²

Tabela 9 – Concreto espumoso celular “in situ” - tempos de mistura e resistência à compressão

c.5. Argamassa de vermiculita expandida

A camada isolante será constituída por argamassa de vermiculita com peso específico aparente de 400 kg/m³, salvo especificação em contrário, e condutibilidade térmica de 0,051W/mK (0,44 kcal/m.h.°C).

A resistência à compressão da argamassa de vermiculita ser de, no mínimo, igual a 0,8MPa (8 kg/cm²)

c.5.1. Manuseio

Evitar pancadas fortes, que podem provocar geração de pó dentro da embalagem. O material poderá emitir poeira se manuseado de modo inadequado. O ambiente deverá ser ventilado.

A trepidação gerada durante o transporte e o manuseio provoca um adensamento normal do material.

c.5.2. Estocagem

Armazenar o produto sobre paletes de madeira, em local seco e aberto protegido de intempéries.

O empilhamento máximo recomendado é de 10 sacos.

c.5.3. Traços

- Vermiculita : Cimento : Água = 4 : 1 : 2 (mistura, quando curada, apresenta peso aproximado de 700Kg/m³);
- Vermiculita : Cimento : Água = 5 ou 6 : 1 : 2 (para locais sem trânsito).



Traços da vermiculita sobre lajes, para enchimentos leves, isolamentos térmicos e acústicos		
		Traço
	Sem trânsito	1:8
Trânsito sobre a laje	Trânsito leve de pessoas	1:6 (com proteção mecânica de cimento e areia)
	Trânsito pesado de pessoas	1:4 (com proteção mecânica de cimento e areia)
	Trânsito de veículos	1:4 (com proteção mecânica de cimento e areia de 5 em armada com tela e piso final)

Caso haja trânsito de qualquer espécie, é recomendável proteção mecânica com uma argamassa de cimento x areia traço 1: 3, com no mínimo 2 cm de espessura.

Tabela 10 - Traços – vermiculita

c.5.4. Aplicação

- Paredes:

Depois de inteiramente limpa, a superfície a ser isolada receberá um chapisco com argamassa traço 1:3, para melhor aderência. Apicoar, caso haja reboco.

Com as paredes bem secas, aplicar uma camada de até 3 cm. Usar a proporção de 5:1 (Vermiculita: Cimento) com 25% de água sobre o volume da vermiculita.

Espere secar bem (aproximadamente 72 h), e só então aplicar uma nova camada, repetindo o processo até a espessura desejada (mínima recomendada: 3,0 cm).

Depois de seco, aplicar uma camada de aproximadamente 1 cm de argamassa de areia e cimento, traço 1:3.

- Lajes descobertas

Regularizar a superfície da laje, deixando caimento mínimo de 1%.

Após a execução da impermeabilização, aplicar a argamassa de vermiculita na espessura de 3,0 a 5,0 cm.

Depois de bem seco, fazer a proteção com argamassa de areia e cimento (traço 4:1).

- Contrapisos

Regularizar a superfície da laje, deixando caimento mínimo de 1cm.

Impermeabilizar conforme projeto e especificações e aplicar argamassa de vermiculita na espessura de 2,0 a 3,0 cm.

Depois de bem seco, fazer a proteção com argamassa de areia e cimento (traço 4:1).

Caso haja trânsito de qualquer espécie, recomenda-se sempre uma proteção mecânica da camada de isolante com uma argamassa de cimento x areia traço 1: 3 com no mínimo 2 cm de espessura.

d. Controle

A SUPERVISÃO deverá acompanhar a execução de todas as camadas de material isolante, observando sempre as especificações deste Caderno de Encargos.

Também deverão ser consideradas as recomendações e instruções de execução emitidas pelos FABRICANTES dos materiais isolantes.

As especificações e dimensionamento de materiais e áreas a serem isoladas deverão ser sistematicamente obedecidas, e serão objeto de conferência.



A camada de proteção (quando necessária), deverá estar rigorosamente de acordo com as especificações de projeto e em conformidade com as especificações contidas neste Caderno de Encargos.

Caso esteja em desacordo, a SUPERVISÃO deverá exigir as correções necessárias e realizar nova inspeção.

Uma vez atendidas todas as exigências deste capítulo, a SUPERVISÃO da PBH poderá receber os serviços com aprovação.

9.5.4. Critérios de levantamento, medição e pagamento

a. Levantamento (quantitativos de projeto)

Os serviços de isolamento térmico serão levantados por metro quadrado (m²) de área efetivamente isolada, separando-se as etapas componentes do serviço: o isolamento propriamente dito e camadas de regularização e proteção, quando aplicáveis.

Materiais como espuma de poliuretano em spray e jateamentos serão levantados por metro cúbico (m³) de material aplicado.

b. Medição

Será efetuada aplicando-se o mesmo critério de levantamento, considerando-se a área efetivamente isolada, separando-se as etapas componentes do serviço: o isolamento propriamente dito e camadas de regularização e proteção, quando aplicáveis..

O trespassse de mantas isolantes não será considerado acréscimo de área.

c. Pagamento

Será efetuado ao preço unitário contratual, que contempla o fornecimento e aplicação de todos os materiais e mão-de-obra, necessários à execução dos serviços, incluindo equipamentos e ferramentas.