
Onze Droomschool, Dordrecht, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.

BROCHURA TÉCNICA DE SISTEMA

Sistemas Nophadrain de coberturas verdes

Guia de projeto e instalação para coberturas verdes extensivas e intensivas.

Guia técnico da Nophadrain para o projeto e a instalação de coberturas verdes, com base na Diretriz FLL para coberturas verdes.

A Parte 1 trata das coberturas verdes extensivas: princípios de projeto, composição das camadas e sistemas Nophadrain para coberturas planas, com pendente e inclinadas. A Parte 2 trata das coberturas verdes intensivas.

NESTE DOCUMENTO

Parte 1 · Coberturas verdes extensivas

0 Introdução

1 Princípios de projeto

2 Composição de uma cobertura verde extensiva

3 Sistemas Nophadrain para coberturas verdes extensivas

Parte 2 · Coberturas verdes intensivas

0 Introdução

1 Princípios de projeto

2 Composição de uma cobertura verde intensiva

3 Coberturas verdes intensivas combinadas com pavimentos e elementos construídos

4 Sistemas Nophadrain de coberturas verdes intensivas

Parte 1 · Coberturas verdes extensivas

Guia de projeto e instalação de sistemas de coberturas verdes extensivas.



Cobertura verde extensiva com sedum. Imagem: Nophadrain.



Cobertura verde extensiva com plantas em torrão. 'De Vlinder' Entry Building, Vaals, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.

0 Introdução

Uma cobertura verde extensiva é uma forma inteiramente natural de revestimento de cobertura, com uma plantação de baixa manutenção composta por plantas resistentes e tolerantes à secura. As plantas utilizadas devem regenerar-se por si próprias, ser predominantemente de crescimento baixo e de plantação densa e ter uma elevada capacidade de adaptação, para sobreviverem em condições climáticas relativamente extremas (secura, sol, vento, geada, etc.). Idealmente, as plantas devem ser originárias da flora da Europa Central, embora na sua escolha se devam considerar as variações regionais e as condições climáticas locais.

Em comparação com as coberturas verdes intensivas*, as utilizações possíveis e a diversidade de conceção e de plantação são bastante restritas. As plantas escolhidas devem necessitar de pouca humidade e exigir poucos nutrientes do substrato. Em geral, os sistemas de rega são desnecessários nas instalações extensivas, embora a rega possa ser necessária nas fases iniciais, para apoiar a germinação e o crescimento inicial. Uma cobertura verde extensiva é escolhida sobretudo por razões estéticas e ecológicas e, como tal, não se destina a ser percorrida, exceto para trabalhos ocasionais de manutenção e de controlo. Como as plantas utilizadas são comparativamente pouco exigentes quanto à configuração das camadas, o peso total, a espessura da composição e a carga da cobertura verde extensiva são relativamente reduzidos.

Características de uma cobertura verde extensiva:

- escolha de plantas e possibilidades de conceção limitadas;
- manutenção reduzida – normalmente não mais de duas inspeções por ano;
- pequena espessura da composição – a partir de 77 mm;
- carga permanente mínima – a partir de cerca de 35 kg/m², incluindo as plantas;
- instalação e manutenção económicas.

* As coberturas verdes intensivas podem ser comparadas, quanto à utilização possível e à diversidade de conceção, aos espaços verdes tradicionais. A plantação pode incluir relvado, arbustos, sebes e até uma ou outra árvore.

1 Princípios de projeto

1.1 Normas

Marcação CE segundo a hEN 13252

Os geotêxteis e os produtos relacionados com geotêxteis utilizados em sistemas de drenagem têm de ter marcação CE segundo a norma europeia hEN 13252, 'Geotêxteis e produtos relacionados – Características requeridas para a utilização em sistemas de drenagem'. Os sistemas de drenagem são definidos como sistemas que recolhem e transportam a precipitação, a água freática e/ou outros líquidos ou gases através de um geotêxtil ou de um produto relacionado com geotêxteis.

Esta norma europeia abrange mais do que os geotêxteis, como as membranas e os tecidos filtrantes. Também os produtos relacionados com geotêxteis, como os geocompósitos (canais drenantes e placas drenantes) e os geoespaçadores* (películas e placas alveolares, os chamados alvéolos em forma de caixa de ovos), são abrangidos por esta norma (hEN ISO 10318, 'Geossintéticos – Parte 1: Termos e definições').

Enquanto fabricante, a Nophadrain BV é responsável pela emissão de uma Declaração de Desempenho (DoP) relativa às características essenciais dos geotêxteis e dos canais drenantes que coloca no mercado ao abrigo da norma europeia hEN 13252. Faz parte da Declaração de Desempenho um sistema de controlo interno da produção, avaliado anualmente por um organismo de certificação (organismo notificado). A Declaração de Desempenho, que deve ser publicada no sítio da Nophadrain, habilita a Nophadrain BV a apor a marcação CE nos seus produtos. O produto cumpre assim as disposições nacionais estabelecidas pelos Estados-Membros europeus quanto às características essenciais dos produtos de construção. Todos os geotêxteis e produtos relacionados com geotêxteis colocados no mercado pela Nophadrain BV têm marcação CE.

* Estrutura polimérica tridimensional concebida para criar um espaço de ar no solo e/ou noutros materiais, em aplicações geotécnicas e de engenharia civil (hEN ISO 10318).

Diretriz FLL para o projeto, a construção e a manutenção de coberturas verdes, edição de 2008

Não existem normas europeias que especifiquem o projeto de coberturas verdes. A FLL (um instituto de investigação alemão) elaborou uma diretriz para o projeto, a instalação e a manutenção de coberturas verdes. Esta diretriz estabelece os princípios e os requisitos básicos que, em geral, se aplicam ao projeto, à instalação e à manutenção de coberturas verdes, e baseia-se na investigação científica e na experiência prática de construção de coberturas verdes na Alemanha ao longo dos últimos 20 anos.

Em muitos países da Europa, este documento é aceite como a principal referência para a construção de coberturas verdes. Esta brochura da Nophadrain baseia-se também nesta Diretriz FLL para coberturas verdes (2008).

1.2 Cargas de projeto

A laje estrutural deve ser capaz de suportar e absorver as cargas estáticas e dinâmicas que ocorrem durante a construção e a utilização final. A carga sobre uma cobertura é determinada por:

- a carga permanente devida ao peso da construção;
- a carga permanente devida à composição da cobertura verde;
- a carga variável devida, por exemplo, a trabalhos de manutenção.

A carga permanente admitida para uma cobertura verde extensiva com a capacidade máxima de água é indicada no Quadro 1 (cargas de projeto).

Quando o substrato extensivo ND DGS-E é substituído pelas placas de substrato ND SM-25 ou ND SM-50 em combinação com tapetes de vegetação ND, a carga de projeto pode ser reduzida para cerca de 35 kg/m² ou 50 kg/m², respetivamente, com uma espessura do sistema de cerca de 50 mm (placas de substrato ND SM-25) ou de cerca de 75 mm (placas de substrato ND SM-50).

Quadro 1. Cargas de projeto – carga permanente de uma cobertura verde extensiva com a capacidade máxima de água

Vegetação	Carga da vegetação kg/m²	Substrato extensivo ND DGS-E* espessura mm / carga kg/m²	Sistema de drenagem ND espessura mm / carga kg/m²	Barreira antirraiz ND WSB-50** carga kg/m²	Carga superficial*** kg/m²	Espessura total mm***
Musgos e sedum	10	60 / 90 80 / 120	17 / 4,5	0,5	105 135	77 97
Sedum, musgos e herbáceas	10	60 / 90 100 / 150	17 / 4,5	0,5	105 165	77 117
Sedum, herbáceas e gramíneas	10	100 / 150 150 / 225	17 / 4,5	0,5	165 240	117 167
Gramíneas e herbáceas	10	150 / 225 200 / 300	17 / 4,5	0,5	240 315	167 217

* Peso de cerca de 1,5 t/m³ com a capacidade máxima de água.

** Opcional, para utilização sobre uma membrana de impermeabilização não resistente às raízes.

*** Com os sistemas de drenagem ND 5+1 ou ND 6+1v, a espessura total aumenta 10 mm e a carga superficial aumenta 2,5 kg/m² (ND 5+1) ou 4 kg/m² (ND 6+1v).

1.3 Tipos de construção de cobertura

A laje estrutural tem de ser capaz de suportar a carga adicional da composição da cobertura verde extensiva. A membrana de impermeabilização deve ser resistente às raízes e, tal como o isolamento térmico, capaz de suportar a carga permanente da composição da cobertura verde extensiva. Distinguem-se os seguintes tipos de construção de cobertura:

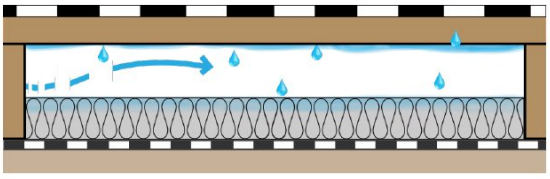
Cobertura fria (ventilada). Construção de cobertura com um teto independente que encerra um espaço de ar entre a laje estrutural e o teto. Quando existe isolamento, este deve ser colocado sob a laje estrutural, com um espaço de ar ventilado entre ambos. A capacidade resistente da laje estrutural é geralmente mínima e tem de corresponder ao peso calculado da cobertura verde extensiva. O efeito de arrefecimento de uma cobertura verde extensiva pode afetar as propriedades físicas da construção. Temperaturas negativas na face inferior da laje estrutural podem provocar danos de geada na vegetação.

Cobertura tradicional. Construção de cobertura sem espaço de ar ventilado sob a laje estrutural. Quando existe isolamento, este deve ser colocado sobre a laje estrutural. Recomenda-se a colocação de uma barreira pára-vapor sobre a laje estrutural, sob o isolamento térmico. Em geral, todos os tipos de sistemas de cobertura verde e todas as formas de vegetação são adequados para este tipo de construção de cobertura.

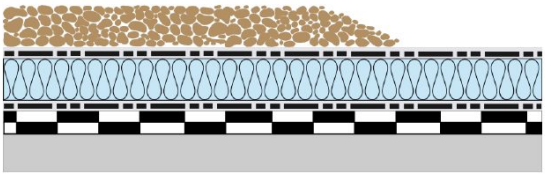
Cobertura invertida. O isolamento é colocado sobre a membrana de impermeabilização. Se for escolhida uma cobertura invertida para receber vegetação, devem ser consideradas medidas relativas à difusão de humidade. Quando é instalada uma cobertura verde extensiva, tem de ser colocada sobre o isolamento térmico uma camada drenante permeável ao vapor, para proteger o isolamento da acumulação de humidade (condensação interna) ao longo do tempo. Em geral, todos os tipos de sistemas de cobertura verde e todas as formas de vegetação são adequados para este tipo de cobertura, desde que exista carga permanente suficiente para impedir o levantamento do isolamento térmico pela água e pelo vento.

Cobertura sem isolamento térmico. A membrana de impermeabilização é instalada sobre a laje estrutural, sem qualquer isolamento térmico. Uma característica deste tipo de cobertura é que o espaço sob a cobertura não é aquecido. Em princípio, todos os tipos de sistemas de cobertura verde e todas as formas de vegetação são adequados. Temperaturas negativas na face inferior da

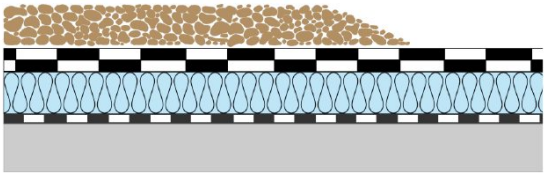
laje estrutural podem provocar danos de geada na vegetação.



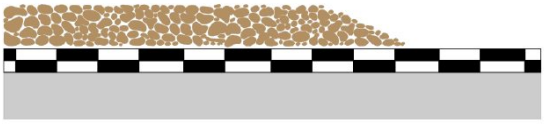
Cobertura fria (ventilada)



Cobertura invertida



Cobertura tradicional



Cobertura sem isolamento térmico

1.4 Isolamento térmico

O isolamento térmico tem de ter marcação CE segundo as normas hEN 13162 a 13171, 'Produtos de isolamento térmico para edifícios – Produtos manufaturados ... – Especificação'.

Existem dois métodos diferentes de colocação do isolamento térmico numa cobertura:

- WRC = isolamento colocado sob a membrana de impermeabilização – cobertura tradicional;
- IRC = isolamento colocado sobre a membrana de impermeabilização – cobertura invertida.

A cobertura fria não é aqui considerada, por ser hoje raramente utilizada.

A membrana de impermeabilização e o isolamento térmico aplicado devem resistir a cargas de curta e de longa duração. Se forem de esperar deformações do isolamento térmico, estas devem ser tidas em conta na pormenorização da membrana de impermeabilização (ralo de cobertura, bordo da cobertura, atravessamentos, etc.). Para a classe de carga 1, em coberturas construídas sobre uma cobertura isolada, o isolamento térmico deve cumprir no mínimo a classe de carga "dh". Para as classes de carga 2 e 3, o isolamento térmico deve cumprir a classe de carga "ds" e a classe de carga "dx", respetivamente. A adequação do isolamento térmico deve ser demonstrada pelo fabricante.

Recomendação

Se tiver de ser instalado um pavimento sobre uma cobertura isolada, recomenda-se uma cobertura invertida com isolamento em XPS ou uma cobertura tradicional com vidro celular. Numa cobertura invertida, a membrana de impermeabilização deve ser totalmente aderida à laje estrutural, para que qualquer fuga na membrana possa ser facilmente localizada. As placas de isolamento em XPS proporcionam uma proteção adicional à membrana de impermeabilização durante a instalação da composição do pavimento. É importante colocar sobre o isolamento em XPS uma camada drenante permeável ao vapor, que permite a secagem das placas e minimiza a absorção de água por condensação interna. Não é necessário instalar uma barreira pára-vapor separada, pois a própria impermeabilização funciona como tal. A camada drenante não deve danificar a face superior das placas de isolamento. A aderência total da membrana de impermeabilização também é possível numa cobertura tradicional, se o isolamento térmico for de vidro celular. As placas de vidro celular são totalmente aderidas à laje estrutural e todas as juntas são preenchidas com betume; o sistema de impermeabilização fica assim totalmente aderido às placas de vidro celular.

Quadro 2. Classes de carga do isolamento térmico

Classe de carga	Descrição	Aplicação possível
dm	Capacidade de carga média	Cobertura verde extensiva
dh	Capacidade de carga elevada	Cobertura verde intensiva / cobertura transitável pedonal
ds	Capacidade de carga muito elevada	Cobertura de estacionamento com tráfego automóvel limitado
dx	Capacidade de carga extrema	Cobertura de estacionamento com tráfego de automóveis e camiões

Adequação dos vários tipos de isolamento térmico:

Quadro 3. Classe de carga e resistência à compressão do isolamento térmico

Classificação do isolamento térmico	Tipo de cobertura	dm	dh	ds	dx
Poliestireno expandido (EPS)*, segundo a hEN 13163 "Produtos de isolamento térmico para edifícios – Produtos manufaturados de poliestireno expandido – Especificação"	WRC IRC	100 kPa* —	150 kPa* —	— —	— —
Poliestireno extrudido (XPS)*, segundo a hEN 13164 "Produtos de isolamento térmico para edifícios – Produtos manufaturados de poliestireno extrudido – Especificação"	WRC IRC	200 kPa* 300 kPa*	300 kPa* 300 kPa*	500 kPa* 500 kPa*	— 700 kPa*
Espuma rígida de poliuretano (PUR)*, segundo a hEN 13165 "Produtos de isolamento térmico para edifícios – Produtos manufaturados de espuma rígida de poliuretano – Especificação"	WRC IRC	100 kPa* —	100 kPa* —	150 kPa* —	— —
Vidro celular (CG)*, segundo a hEN 13167 "Produtos de isolamento térmico para edifícios – Produtos manufaturados de vidro celular – Especificação"	WRC IRC	400 kPa* —	400 kPa* —	900 kPa* —	1 200 kPa* —

* Resistência à compressão a 10 % de deformação, segundo a hEN 826 "Produtos de isolamento térmico para aplicações em edifícios – Determinação do comportamento à compressão". WRC = cobertura tradicional; IRC = cobertura invertida.

1.5 Sistemas de impermeabilização

Sistemas de impermeabilização contínuos. As coberturas são, em geral, protegidas contra a penetração de água por um sistema de impermeabilização (betuminoso, sintético ou aplicado em forma líquida). No projeto e na escolha de um sistema de impermeabilização, há que observar a utilização prevista, as normas e os regulamentos aplicáveis e as regras da boa prática. As coberturas devem ser construídas com pendentes adequadas. O sistema de impermeabilização deve ser concebido para a utilização prevista. Para preservar a integridade da membrana de impermeabilização e garantir a correta construção do pavimento, é essencial que a membrana seja colocada tão plana quanto possível.

Em coberturas transitáveis por veículos, as cargas horizontais causadas pela circulação podem comprimir excessivamente a membrana de impermeabilização. Estas solicitações devem ser evitadas, pelo que devem ser incorporadas camadas de separação e de deslizamento.

A membrana de impermeabilização sob qualquer vegetação (plantações intensivas ou extensivas) deve ser resistente às raízes ou protegida contra a penetração das raízes por uma barreira antirraiz separada. A resistência às raízes pode ser comprovada se o material tiver sido aprovado no ensaio FLL de resistência às raízes ou estiver abrangido pela certificação do British Board of

Agrément (BBA) para aplicações em coberturas verdes.

As membranas podem ser aplicadas em uma ou duas camadas e fixadas à laje estrutural pelos seguintes métodos:

- colocação solta com lastro;
- fixação mecânica;
- aderência total.

A composição de um sistema de impermeabilização totalmente aderido pode ser a seguinte:

Membranas betuminosas de betume modificado (APP – SBS)

- pelo menos duas camadas;
- primeira camada: feltro betuminoso com armadura de poliéster, totalmente aderido à laje estrutural (colagem com betume quente);
- camada superior: membrana de impermeabilização APP ou SBS resistente às raízes, totalmente aderida (soldada a maçarico).

Membranas de impermeabilização sintéticas

- pelo menos duas camadas;
- primeira camada: feltro betuminoso com armadura de poliéster, totalmente aderido à laje estrutural (colagem com betume quente);
- camada superior: membrana de impermeabilização em EPDM, ECB, POCB ou TPO, totalmente aderida à primeira camada.

Impermeabilização de coberturas aplicada em forma líquida

- A impermeabilização aplicada em forma líquida é considerada um sistema de camada única.
- Deve aderir a toda a superfície e ser aplicada em pelo menos duas camadas distintas.
- Deve ser colocado entre as camadas um geotêxtil adequado, como armadura.
- O fabricante deve dispor de uma Aprovação Técnica Europeia segundo o ETAG 005 “Kits de impermeabilização de coberturas aplicados em forma líquida”.

Asfalto fundido

- O suporte de betão tem de receber um primário antes da instalação.
- Como subcamada: uma membrana APP – SBS resistente às raízes, soldada a maçarico.
- A camada de asfalto, com uma espessura mínima de 25 mm, deve ser instalada sobre a subcamada.

Betão impermeável

- Os requisitos do betão impermeável são especificados na hEN 206-1 “Betão – Especificação, desempenho, produção e conformidade” e na BS 8500 “Betão – Norma britânica complementar à hEN 206-1, Partes 1 e 2”.
- A abertura de fissuras em qualquer direção deve ser limitada a ≤ 0,2 mm.

Recomendação

Recomenda-se que a membrana de impermeabilização seja totalmente aderida à laje estrutural. Em muitas instalações, as infiltrações devem-se a pormenorização inadequada, a uma escolha de materiais desadequada ou a falhas e danos ocorridos durante a instalação. Quando um sistema de impermeabilização colocado solto é danificado, o ponto de infiltração é difícil de localizar, porque a água pode circular livremente sobre a laje estrutural. Os sistemas de impermeabilização totalmente aderidos dão muito mais segurança se forem instalados sobre uma laje estrutural contínua. Nas coberturas isoladas, isto limita a escolha a uma cobertura tradicional com vidro celular ou PUR e a uma cobertura invertida com isolamento em XPS. Se for decidido construir uma cobertura tradicional em que a membrana de impermeabilização não fica totalmente aderida à laje estrutural, recomenda-se a criação de compartimentos separados na barreira pára-vapor. Em caso de dano na membrana de impermeabilização, qualquer fuga pode então ser localizada mais facilmente.

1.6 Pormenores

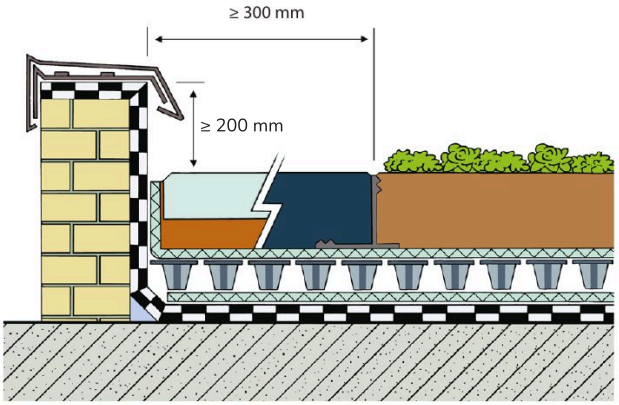
Em princípio, aplicam-se às coberturas verdes os mesmos princípios de pormenorização da impermeabilização que às coberturas planas. Nos remates verticais, como platibandas, encontros com paredes e atravessamentos, a membrana de impermeabilização deve subir pelo menos 200 mm acima do nível da superfície acabada.

Bordo da cobertura. Se o bordo da cobertura for demasiado baixo, coloca-se um perfil de bordadura para reter a composição da cobertura verde. O perfil de bordadura também pode ser utilizado quando não existe bordo de cobertura. Nos bordos da cobertura deve ser instalada, para efeitos de manutenção e inspeção, uma faixa sem vegetação de seixo lavado (mín. Ø 16/32 mm) ou de lajetas de betão. A largura mínima recomendada é de 300 mm. Para impedir que o substrato seja arrastado para a faixa sem vegetação, deve ser instalado um perfil de contenção ND GARDLINER® PVC 45DK.

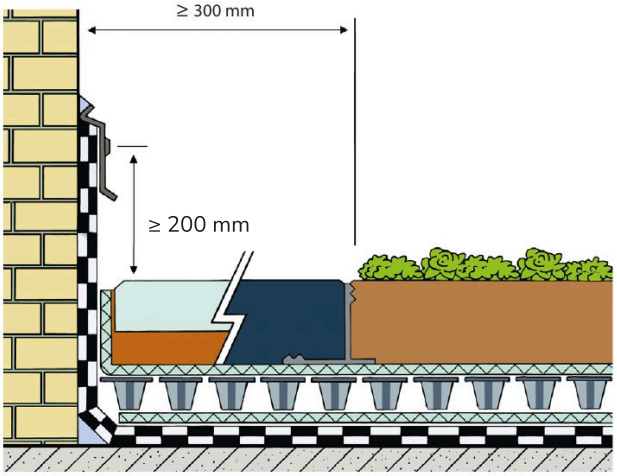
Se a membrana de impermeabilização se prolongar para lá do bordo da cobertura até ao terreno, recomenda-se que a membrana se prolongue pelo menos 500 mm para lá do bordo e pelo menos 200 mm sobre uma junta.

Fachada. Junto às fachadas, a membrana de impermeabilização deve subir pelo menos 200 mm acima do bordo mais alto da cobertura, medidos acima do nível de utilização. Isto nem sempre é possível nas soleiras de portas; por isso, nas soleiras em que é instalada uma caleira linear, a membrana de impermeabilização pode subir 50 mm acima da superfície da faixa sem vegetação.

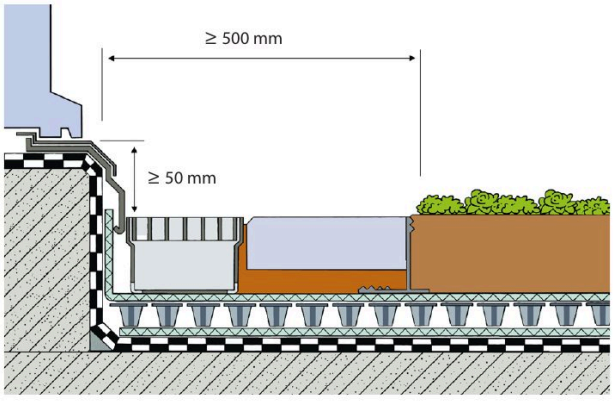
Ao longo das fachadas deve ser instalada uma faixa sem vegetação de seixo lavado (mín. Ø 16/32 mm) ou de lajetas de betão, para efeitos de manutenção e inspeção e para proteção contra salpicos. A faixa sem vegetação entre a fachada e a área plantada ajuda a evitar que a água que escorre da fachada prejudique o desenvolvimento das plantas. Para impedir que o substrato seja arrastado para a faixa sem vegetação, deve ser instalado um perfil de contenção ND GARDLINER® PVC 45DK. A largura mínima recomendada desta faixa é de 300 mm. Junto a fachadas com aberturas (por exemplo, janelas ou portas) a ≤ 800 mm acima do nível da superfície, é preferível uma faixa sem vegetação com largura ≥ 500 mm, por razões de reforço da segurança contra incêndio.



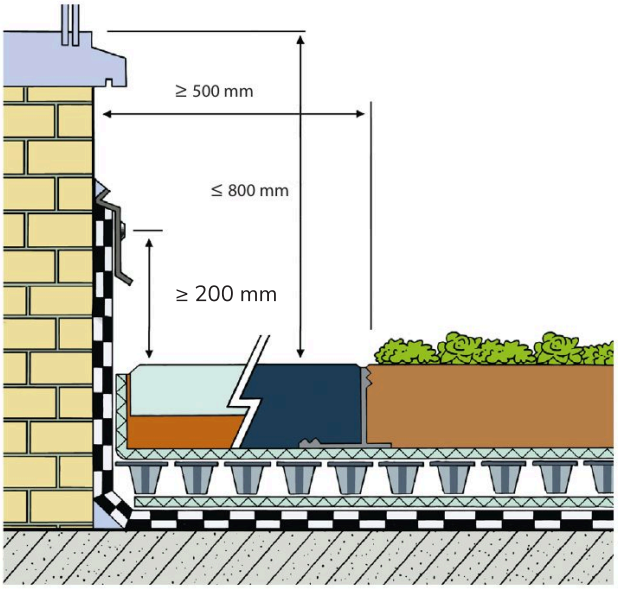
Pormenor 1. Platibanda



Pormenor 2. Fachada



Pormenor 3. Soleira de porta

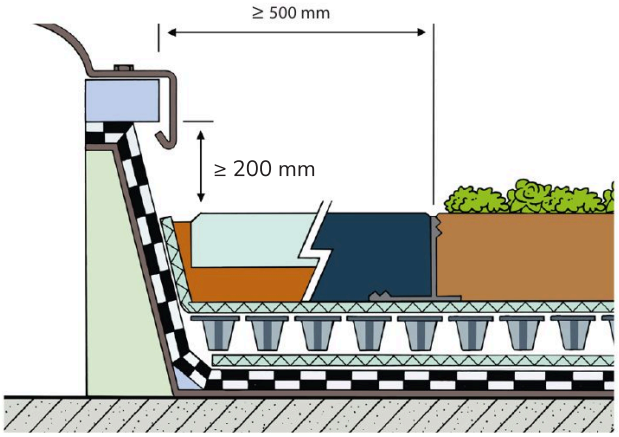


Pormenor 4. Fachada com abertura a ≤ 800 mm

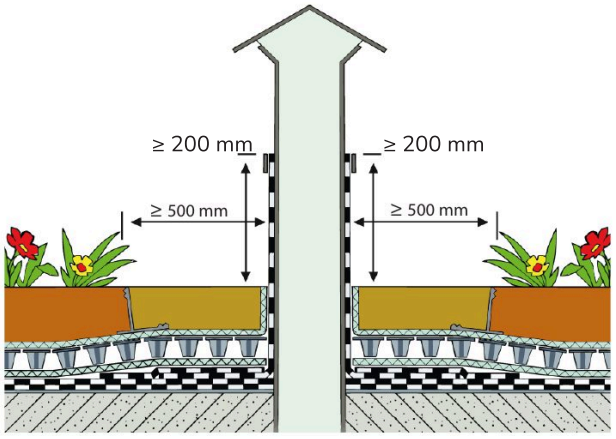
Produtos ND

- Perfil de contenção ND GARDLINER® PVC 45DK
- Perfil de separação e de bordadura ND KL

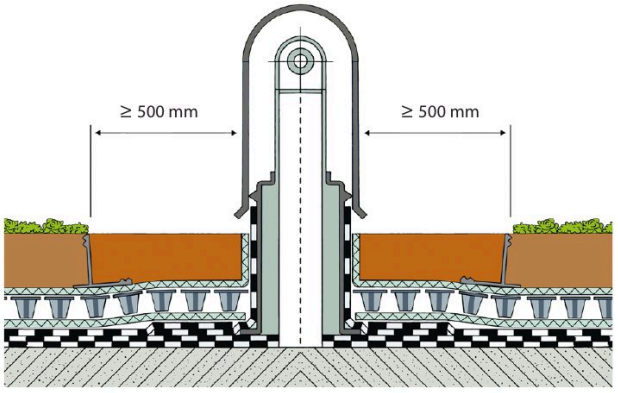
Atravessamentos com ou sem remate vertical. Para efeitos de manutenção e inspeção, deve ser instalada uma faixa sem vegetação de seixo lavado (mín. Ø 16/32 mm) ou de lajetas de betão com uma largura mínima de 300 mm. É, no entanto, preferível uma largura de 500 mm ou mais, por razões de reforço da segurança contra incêndio. Para impedir que o substrato seja arrastado para a faixa sem vegetação, deve ser instalado um perfil de contenção ND GARDLINER® PVC 45DK.



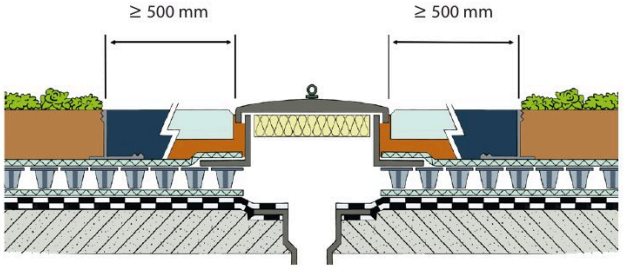
Pormenor 5. Remate vertical de claraboia



Pormenor 6. Tubo de ventilação



Pormenor 7. Ponto de ancoragem



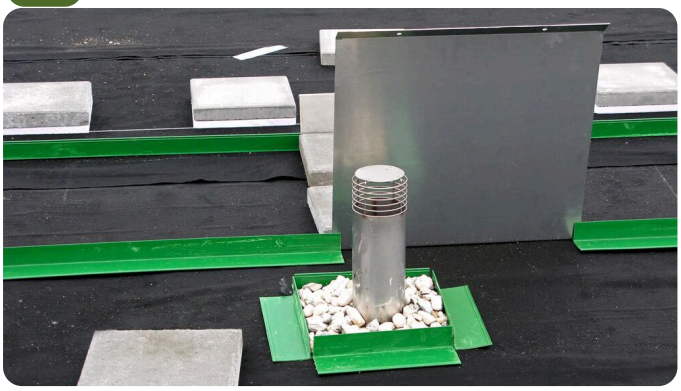
Pormenor 8. Ralo de cobertura

Ralo de cobertura. Quando um ralo de cobertura fica numa área plantada, coloca-se sobre o ralo uma câmara de inspeção com tampa, que o protege do crescimento das plantas e de impurezas. A câmara de inspeção não deve afetar nem reduzir a eficácia da drenagem e tem de estar sempre acessível. Em torno da câmara de inspeção deve ser colocada uma faixa de seixo lavado (mín. Ø 16/32 mm), com uma largura não inferior a 500 mm. Para impedir que o substrato seja arrastado para a faixa de seixo, deve ser instalado um perfil de contenção ND GARDLINER® PVC 45DK.

Os ralos de cobertura fora da área plantada ficam normalmente numa zona de seixo, com um guarda-seixo sobre o ralo. Quando um ralo de cobertura fica numa zona pavimentada, deve ser colocada sobre o ralo uma câmara de inspeção com uma grelha adequada.

Produtos ND

- Câmara de inspeção ND RS-8
- Grelha ND RS-8-R
- Perfil de contenção ND GARDLINER® PVC 45DK



Faixa sem vegetação de seixo em torno de um tubo de ventilação, com perfil de contenção. Multifunctional Accommodation Bekkerveld (MAB), Heerlen, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.



Faixa sem vegetação em torno de um equipamento técnico, durante a obra. Multifunctional Accommodation Bekkerveld (MAB), Heerlen, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.

1.7 Pendentes e inclinação da cobertura

Numa cobertura verde extensiva, as pendentes devem garantir que não se acumula água sobre a construção da cobertura. A construção deve ser tal que a água acumulada ou empoçada nunca entre em contacto direto com a camada de substrato.

Para isso, as coberturas planas devem ser construídas com uma pendente mínima de 1:80 (cerca de 1,3 %). Isto significa que a pendente de projeto deve ser maior, para ter em conta as deformações e as imprecisões de construção. Alguns projetistas adotam uma pendente de 1:80 (cerca de 1,3 %) e acrescentam um ajuste arbitrário para as imprecisões de construção de 25 mm nas coberturas de betão e de 15 mm nas coberturas metálicas. As coberturas com pendentes inferiores a 1:50 (2 %) não são adequadas para sistemas de cobertura verde de camada única. Nesses casos, deve ser instalada uma camada drenante separada, para garantir que não se acumula água em excesso no substrato.

Note-se que pode acumular-se água sobre o revestimento da cobertura, mesmo que a cobertura tenha sido projetada com pendentes suficientes, devido às sobreposições da membrana de impermeabilização, a imprecisões de construção inesperadas ou à deformação da estrutura da cobertura. Consequentemente, onde o substrato estiver em contacto direto com água estagnada, ficará saturado por ação capilar, e nessas circunstâncias não é possível garantir um ambiente de crescimento saudável para a vegetação. Com os sistemas de drenagem ND 5+1 / ND 6+1v, com uma altura de construção de 27 mm, evita-se o contacto direto entre a água estagnada e o substrato.

As coberturas com uma pendente de 1:20 ou mais (≥ 5 %) devem ter uma maior capacidade de retenção de água, porque inclinações relativamente acentuadas podem provocar uma remoção acelerada e/ou excessiva da água do substrato. Isto consegue-se aumentando a espessura da camada de substrato.

Produtos ND

- Coberturas com pendente suficiente, ≥ 1:80: sistemas de drenagem ND 4+1h, ND 200, ND 220 e ND 6+1v
- Coberturas com pendente reduzida, < 1:80: sistemas de drenagem ND 5+1, ND 800 e ND 6+1v

Medidas de controlo da erosão. Com o aumento da inclinação da cobertura, devem ser tomadas medidas adequadas de ancoragem do solo contra o deslizamento das camadas da cobertura verde colocadas soltas. Em Portugal, não deve ser aplicada uma cobertura verde quando a inclinação da cobertura é superior a 30° (Guia Técnico da ANCV, 2024, p. 48). Consoante o grau de inclinação, devem ser tomadas medidas construtivas e/ou medidas de técnica de vegetação.

As forças de deslizamento não devem ser transmitidas à membrana de impermeabilização; se necessário, devem ser instaladas camadas de separação e de deslizamento. As medidas de ancoragem devem ter aberturas de drenagem quando instaladas na base da cobertura. No dimensionamento dos ralos de cobertura, há que ter em conta a descarga de água acelerada e/ou excessiva devida ao aumento da inclinação da cobertura.

Pendente da cobertura inferior a 1:80 – medidas construtivas:

- cobertura sem bordo: deve ser instalado um perfil de bordadura para conter a camada de substrato e a faixa sem vegetação;
- a relação largura/altura do perfil de bordadura deve ser de 1:1 com a altura de construção da cobertura verde extensiva;
- as camadas da composição da cobertura verde são colocadas soltas sobre a membrana de impermeabilização;
- quando a composição da cobertura verde não é quimicamente compatível com a membrana de impermeabilização, deve ser instalada uma camada de separação;
- não são necessárias medidas especiais de técnica de vegetação.

Pendente da cobertura de 1:80 (cerca de 0,7°) a 15° – medidas construtivas e de técnica de vegetação:

- cobertura sem bordo: deve ser instalado um perfil de bordadura para conter a camada de substrato e a faixa sem vegetação;
- se as águas pluviais forem descarregadas por uma caleira, as medidas de ancoragem do solo na base da cobertura devem ter ranhuras de drenagem;
- a camada de substrato deve ter uma maior capacidade de retenção de água (maior teor de matéria orgânica ou camada mais espessa), porque a inclinação da cobertura pode provocar uma remoção acelerada e/ou excessiva da água do substrato;
- manta antierosão ou cola antierosão, para melhorar a estabilidade do substrato.

Produtos ND

- Perfis de separação e de bordadura ND KL

Quadro 4. Relação entre pendente, ângulo e inclinação

Pendente	Ângulo	Inclinação	Pendente	Ângulo	Inclinação
1:120	cerca de 0,5°	cerca de 0,8 %	1:11,4	cerca de 5,0°	cerca de 8,7 %
1:100	cerca de 0,6°	cerca de 1,0 %	1:9,5	cerca de 6,0°	cerca de 10,5 %
1:80	cerca de 0,7°	cerca de 1,3 %	1:8,1	cerca de 7,0°	cerca de 12,3 %
1:60	cerca de 1,0°	cerca de 1,7 %	1:7,1	cerca de 8,0°	cerca de 14,1 %
1:40	cerca de 1,4°	cerca de 2,5 %	1:6,3	cerca de 9,0°	cerca de 15,8 %
1:38,2	cerca de 1,5°	cerca de 2,6 %	1:5,7	cerca de 10,0°	cerca de 17,6 %
1:28,6	cerca de 2,0°	cerca de 3,5 %	1:3,8	cerca de 15,0°	cerca de 26,8 %
1:19,1	cerca de 3,0°	cerca de 5,2 %	1:2,1	cerca de 25,0°	cerca de 46,6 %
1:14,3	cerca de 4,0°	cerca de 7,0 %	1:1	cerca de 45,0°	cerca de 100,0 %

Inclinação da cobertura de 15° a 25° (cobertura medianamente inclinada). Devido ao aumento das forças de deslizamento das camadas da composição da cobertura verde, são necessárias medidas construtivas e de técnica de vegetação para melhorar a estabilidade da camada de substrato.

Medidas construtivas:

- medidas de ancoragem do solo junto à caleira;
- instalação de um sistema de drenagem ND;
- reforço da camada drenante quando é instalado um sistema de cobertura verde de camada única;
- utilização de lajetas de betão em vez de agregado nas faixas sem vegetação;

- recomenda-se a instalação de uma membrana de impermeabilização resistente às raízes, para evitar o deslizamento da composição da cobertura verde.

Medidas de técnica de vegetação:

- utilização de placas de substrato em vez de material granular como camada de substrato;
- reforço da camada de substrato com geotêxteis e geocompósitos;
- reforço da superfície do substrato com cola antierosão;
- aumento do número de plantas em torrão;
- utilização de tapetes de vegetação.

Produtos ND

- Perfis de separação e de bordadura ND
- Grelha antierosão ND ESG-40/40
- Sistema antierosão ND 6+1esn
- Sistema de drenagem ND 200
- Placas de substrato ND SM-50
- Película em tiras resistente à água ND WSF-24
- Substrato mineral ND DGS-M
- Tapetes de vegetação ND – Sedum
- Plantas em torrão ND – Sedum, herbáceas e gramíneas

Inclinação da cobertura de 25° a 30° (cobertura muito inclinada). Nas coberturas com uma inclinação de 25° ou mais, devem ser tomadas medidas de ancoragem do solo no topo da camada de substrato. No dimensionamento da faixa de agregado, do sistema de drenagem e da caleira na base da cobertura inclinada, há que ter em conta a remoção acelerada e/ou excessiva da água da cobertura.

Em princípio, aplicam-se às coberturas com inclinação de 25° a 30° as mesmas medidas construtivas e de técnica de vegetação que às coberturas com inclinação de 15° a 25°. Além disso, devem ser tomadas as seguintes medidas.

Medidas construtivas:

- avaliação da carga permanente na base da cobertura;
- limitação da carga permanente na base da cobertura através de medidas de ancoragem do solo;
- distribuição das forças de deslizamento da camada de substrato pelas duas águas da cobertura (cobertura de duas águas);
- limitação das forças de deslizamento através da fixação de geotêxteis, compósitos drenantes e geogrelhas no topo da cobertura;
- utilização de grelhas de enrelvamento para impedir o deslizamento do agregado e do substrato nos bordos da cobertura verde;
- instalação de sistemas de escadas especiais para a manutenção;
- instalação do perfil antierosão ND em combinação com a grelha antierosão ND ESG-40/40.

Medidas de técnica de vegetação:

- utilização de placas de substrato em vez de material granular como camada de substrato;
- utilização de tapetes de sedum reforçados.

Produtos ND

- Perfil antierosão ND
- Clipe de fixação ND
- Sistemas de drenagem ND 100 e ND 120
- Sistema de drenagem ND Strip 150
- Placas de substrato ND SM-25 e ND SM-50
- Película em tiras resistente à água ND WSF-24
- Grelha antierosão ND ESG-40/40
- Tapetes de sedum ND – reforçados



Cobertura verde extensiva inclinada. Sint Michielsgestel Fire Station, Sint-Michielsgestel, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.



Grelhas antierosão numa cobertura muito inclinada, antes do enchimento com substrato. Meterik, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.

1.8 Gestão das águas pluviais

Drenagem da cobertura. A hEN 12056-3 “Sistemas de drenagem por gravidade no interior de edifícios – Drenagem de coberturas, conceção e cálculo” prevê um coeficiente de escoamento para ter em conta superfícies de cobertura absorventes, quando os regulamentos e a prática nacionais e locais o permitem. Contudo, no Reino Unido não existe atualmente qualquer orientação, pelo que o projetista é obrigado a adotar métodos alternativos se pretender ter em conta o efeito de redução do escoamento de uma cobertura verde.

Para coberturas com uma pendente de 1:40 (2,5 %) ou inferior (coberturas nominalmente planas), o projetista deve usar para o projeto uma chuvada de categoria 1 da hEN 12056-3. Esta chuvada ocorre em média uma vez por ano no Reino Unido e gera intensidades de precipitação que variam entre 0,01 l/(s·m²) e 0,022 l/(s·m²), consoante a localização geográfica. Trata-se de chuva de trovoada de muito curta duração, que ocorre em média durante 2 minutos, geralmente no verão, quando é de esperar que a composição da cobertura verde esteja no seu estado mais seco.

Neste método, admite-se que qualquer chuvada de intensidade superior seria absorvida pela composição da cobertura verde ou ficaria empoçada sobre as superfícies pavimentadas entre as áreas verdes. A cobertura deve, no entanto, ser suficientemente resistente para suportar as cargas de pequenas acumulações de água, uma vez que deverá ter sido dimensionada para as cargas da cobertura verde.

Para pendentes superiores a 1:40 (2,5 %), deve ser utilizada uma chuvada de categoria 2 ou 3 da hEN 12056-3, porque existe o risco de uma acumulação de água estruturalmente significativa caso a área de cobertura verde não consiga absorver toda a água pluvial. As chuvadas de categoria 2 e 3 baseiam-se na vida útil do edifício multiplicada por um fator de segurança de 1,5 ou 4,5 e resultam em intensidades de precipitação muito mais elevadas (0,029 l/(s·m²) a 0,088 l/(s·m²)).

Quadro 5. Chuvadas de categoria 1, 2 e 3

Região	Intensidade de precipitação l/(s·m²), categoria 1	Intensidade de precipitação l/(s·m²), categoria 2	Intensidade de precipitação l/(s·m²), categoria 3
Inglaterra	0,022	0,066	0,088
Escócia, País de Gales e Irlanda do Norte	0,016	0,053	0,065
Norte da Escócia, Shetland e Órcadas	0,010	0,029	0,034

Para mais orientações sobre a intensidade de precipitação no Reino Unido, ver o Anexo Nacional NB da BS EN 12056-3.

Coeficientes de escoamento. Para coberturas verdes extensivas, podem ser utilizados os seguintes coeficientes de escoamento (C). Os valores dependem da espessura do substrato e da inclinação da cobertura:

Quadro 6. Coeficiente de escoamento

Espessura da camada de substrato mm	Inclinação da cobertura ≤ 5° (cerca de 8,8 %)	Inclinação da cobertura > 5° (cerca de 8,8 %)
60	C = 0,6	C = 0,7
60–100	C = 0,5	C = 0,6
100–150	C = 0,4	C = 0,5
150–250	C = 0,3	–

Estes valores aplicam-se às espessuras indicadas, com uma intensidade de precipitação de 15 minutos de r = 0,03 l/(s·m²). Antes do ensaio, o substrato foi saturado com água e deixado escorrer durante 24 horas.

Capacidade anual de retenção de águas pluviais. A percentagem média anual de águas pluviais efetivamente retida por uma cobertura verde é calculada como a diferença entre a quantidade de precipitação e a quantidade de água descarregada. O inverso é o coeficiente de escoamento anual, C_a. A retenção anual de águas pluviais depende mais da espessura da camada de substrato do que do tipo e da composição das camadas.

Percentagem média anual de retenção de águas pluviais e coeficiente de escoamento de um sistema de cobertura verde com várias alturas de construção, admitindo uma precipitação anual de 650 a 800 mm:

Quadro 7. Capacidade anual de retenção de águas pluviais

Espessura da composição mm	Tipo de vegetação	Retenção média anual de águas pluviais %	Coeficiente de escoamento anual C_a
60	Musgos e sedum	45	0,55
60–100	Sedum, musgos e herbáceas	50	0,50
100–150	Sedum, herbáceas e gramíneas	55	0,45
150–200	Gramíneas e herbáceas	60	0,40

Com uma precipitação anual mais elevada (> 800 mm) ou mais baixa (< 650 mm), a retenção média anual de águas pluviais será, respetivamente, inferior ou superior à indicada no Quadro 7.

1.9 Proteção contra quedas

Nas coberturas planas, todas as medidas de segurança necessárias para a realização de trabalhos de inspeção e manutenção devem ser consideradas na fase de projeto. Prever precauções de segurança adequadas logo no projeto evita os custos potencialmente mais elevados de instalar medidas de proteção contra quedas numa fase posterior.

Devem ser instaladas medidas de prevenção coletiva, como guarda-corpos, rodapés e barreiras. Os equipamentos de proteção individual contra quedas, que previnem ou minimizam as consequências de uma queda, só devem ser considerados quando as medidas de prevenção coletiva não forem praticáveis. Os equipamentos de proteção individual que impedem a queda, como os sistemas de retenção, devem ter sempre prioridade sobre os equipamentos individuais que apenas limitam a altura e/ou as consequências de uma queda, como os sistemas antiqueda.

Os produtos e sistemas têm de cumprir as normas de segurança aplicáveis, incluindo a hEN 795 “Proteção contra quedas em altura – Dispositivos de ancoragem – Requisitos e ensaios” e a hEN 353-1 “Equipamento de proteção individual contra quedas em altura – Antiquedas do tipo guiado, incluindo uma linha de ancoragem rígida”.

Consoante a sua adequação, devem ser instalados os seguintes sistemas de segurança:

- sistemas de prevenção coletiva – guarda-corpos, rodapés, barreiras, etc.;
- sistemas de retenção, que permitem ao utilizador aceder ao local de trabalho, mas o impedem de alcançar um ponto onde possa ocorrer uma queda;
- sistemas de posicionamento no trabalho, que permitem ao utilizador trabalhar em tensão ou em suspensão, de modo a impedir ou limitar uma queda;
- sistemas e equipamentos antiqueda, que limitam a força de impacto de uma queda sobre o utilizador e impedem que este atinja o solo.

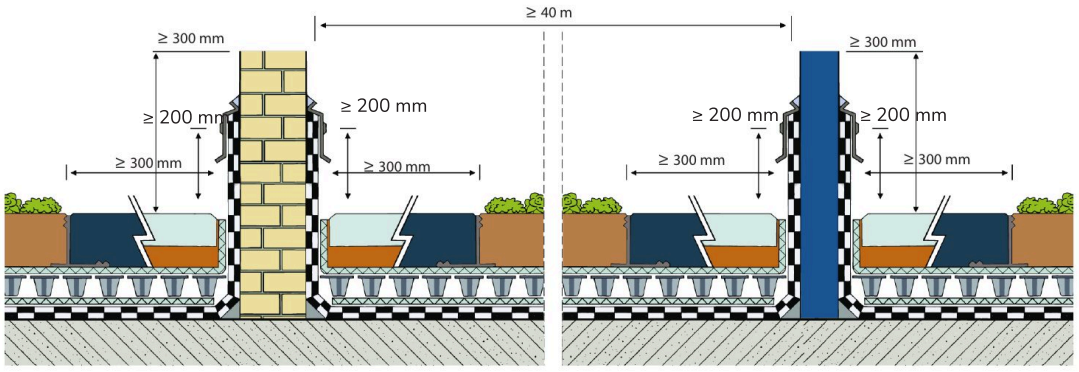
1.10 Prevenção de incêndios

Reforço da segurança contra incêndio. As coberturas verdes com plantação extensiva são consideradas resistentes ao calor radiante e às faúlhas se:

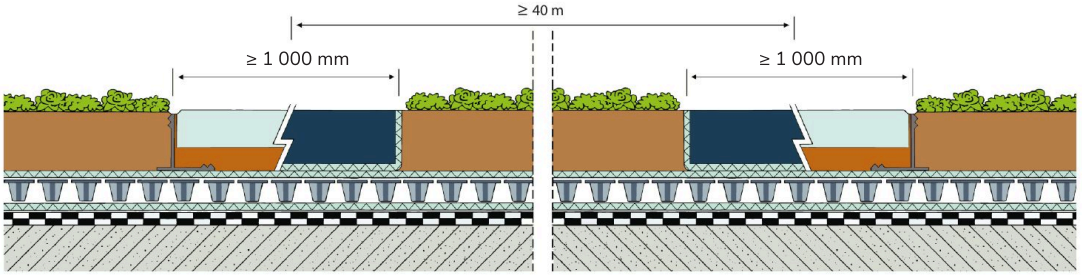
- a espessura da camada de substrato não for inferior a 30 mm e o substrato contiver no máximo 20 % de matéria orgânica, em peso;
- for instalada em torno dos atravessamentos (por exemplo, claraboias, tubos de ventilação, ralos, etc.) uma faixa de seixo lavado (mín. 16/32 mm) ou de lajetas de betão com uma largura mínima de 500 mm;
- ao longo de fachadas com aberturas (por exemplo, janelas ou portas) a ≤ 800 mm acima do nível da superfície, for instalada uma faixa sem vegetação de seixo lavado (mín. 16/32 mm) ou de lajetas de betão com uma largura mínima de 500 mm;
- a intervalos não superiores a 40 m, existir uma parede corta-fogo com altura não inferior a 300 mm, ou uma faixa de seixo lavado (mín. 16/32 mm) ou de lajetas de betão com largura não inferior a 1 000 mm;
- em edifícios contíguos com empena, os primeiros 1 000 mm a partir do beirado forem mantidos sem vegetação e cobertos com um revestimento de cobertura incombustível.

Produtos ND

- Perfil de contenção ND GARDLINER® PVC 45DK
- Perfil de separação e de bordadura ND KL



Pormenor 9. Parede corta-fogo



Pormenor 10. Faixa corta-fogo

Quadro 8. Largura das faixas sem vegetação

Pormenor	Faixa sem vegetação, por exemplo seixo (mín. 16/32) ou lajetas de betão	Largura recomendada	Largura recomendada para reforço da segurança contra incêndio
Ralo de cobertura	Sim	–	≥ 500 mm em todo o contorno
Fachada	Sim	≥ 300 mm	–
Fachada com abertura a ≤ 800 mm acima do nível da superfície	Sim	–	≥ 500 mm
Bordo da cobertura	Sim	≥ 300 mm	–
Atravessamento	Sim	–	≥ 500 mm

1.11 Cargas de vento

As membranas de impermeabilização e as camadas da cobertura verde têm de ser dimensionadas tendo em conta as cargas de vento. Cabe ao engenheiro determinar as cargas permanentes adequadas e a sua localização. Note-se que o potencial de sucção do vento é maior no perímetro da cobertura, pelo que podem ser necessárias medidas de proteção, como faixas de seixo ou lajetas de betão. Quando as membranas de impermeabilização são colocadas soltas, sem fixação permanente à estrutura, as camadas da cobertura verde podem funcionar como lastro. O fator determinante será o peso seco dessas camadas.

Devem ainda ser tidos em conta:

- a altura, a espessura e a densidade variáveis da vegetação;

- o peso da vegetação;
- a natureza aberta e arejada da plantação, que reduz a sucção do vento sobre a camada de vegetação.

Estes critérios devem ser incluídos nos cálculos das cargas de vento de projeto.

1.12 Proteção contra emissões

As plantas podem sofrer desidratação e danos de geada devido à exposição a calor excessivo, ar frio e/ou correntes de ar provocados por sistemas de ventilação e de ar condicionado. Além disso, os gases de chaminés e de sistemas de exaustão podem danificar diretamente a vegetação. Deve ser respeitada uma faixa sem vegetação, cuja área e largura dependem do efeito da emissão.

1.13 Manutenção

Recomenda-se a celebração de um contrato de manutenção e de um plano de conservação a longo prazo entre o proprietário e a empresa de jardinagem. O plano de conservação deve naturalmente abranger a manutenção essencial das plantas, mas é indispensável que considere também os seguintes pontos:

- funcionamento do sistema de drenagem;
- inspeção das câmaras de inspeção quanto a impurezas, depósitos e crescimento de raízes;
- inspeção do sistema de impermeabilização quanto a danos.

2 Composição de uma cobertura verde extensiva

2.1 Composição

A composição de uma cobertura verde extensiva compreende as seguintes camadas, tratadas nas secções seguintes:

- camada de barreira antirraiz;
- camada de separação e proteção;
- camada drenante;
- camada filtrante;
- camada de substrato;
- camada de vegetação.

As várias camadas têm de ser compatibilizadas de modo a garantir o funcionamento da composição no seu conjunto. Cada camada tem uma função específica na composição do sistema de cobertura verde. Um produto pode integrar as funções de várias camadas, ou uma camada pode ser constituída por mais de um produto; por exemplo, os sistemas de drenagem ND integram a camada drenante e a camada filtrante e, em determinadas composições, também a camada de separação e proteção.

Composição de cobertura verde multicamada – padrão. Numa composição multicamada, a camada de substrato é separada da camada drenante por um geotêxtil filtrante, que impede a entrada das partículas finas do substrato na camada drenante. Esta filtração garante que se mantém sempre uma drenagem horizontal e vertical plenamente funcional.

Como a camada de substrato não funciona como componente drenante, pode ser misturada com material de base orgânica para melhorar a retenção de humidade e o fornecimento de nutrientes, aumentando a capacidade tampão e, ao mesmo tempo, melhorando o crescimento das plantas.

Vantagens de um sistema multicamada:

- a maior retenção de humidade do substrato favorece plantas saudáveis a longo prazo;
- excelente drenagem horizontal e vertical a longo prazo, que evita cargas permanentes adicionais na estrutura da cobertura causadas pela acumulação de água pluvial;

- boa capacidade tampão do substrato, assegurada pela presença de partículas finas e de matéria orgânica;
- adequado tanto para coberturas planas como para coberturas inclinadas.

Composição de cobertura verde de camada única – não padrão. Numa composição de camada única, um substrato mineral assume as funções de substrato, de filtração e de drenagem. O substrato deve ser estável do ponto de vista da filtração, ou seja, inerte, não degradável e com uma granulometria que não comprometa a função filtrante da camada, permitindo ao mesmo tempo uma boa drenagem vertical e horizontal. A pendente mínima da cobertura num sistema de camada única deve ser de 1:50 (2 %) e o substrato deve ter uma espessura mínima de 80 mm. Como não existe uma camada filtrante separada neste sistema, o substrato só pode conter muito pouca matéria orgânica. Note-se que, sendo o substrato um material natural, é difícil quantificar o desempenho da drenagem, e há que ter cuidado, porque o inevitável aumento da densidade de raízes e a entrada de partículas finas reduzirão provavelmente o desempenho ao longo do tempo.

Desvantagens de um sistema de camada única:

- fraca drenagem horizontal a longo prazo, podendo as cargas de projeto admissíveis ser excedidas devido à acumulação de água;
- uma drenagem fraca ou ineficaz aumenta a acumulação de humidade no substrato; a humidade excessiva leva ao crescimento de musgos e atrai plantas que exigem muita manutenção;
- menor capacidade tampão de água e de nutrientes, porque o substrato não contém matéria orgânica;
- as grandes variações do balanço de água e de nutrientes provocam stress na camada de vegetação, o que, por sua vez, pode levar a um crescimento deficiente ou mesmo à morte das plantas;
- não adequado para coberturas com pendentes inferiores a 1:50 (2 %);
- a poupança esperada com a omissão de camadas filtrante e drenante separadas é anulada pela necessidade de mais manutenção.

Quando a pendente da cobertura é inferior a 1:50 (2 %), a drenagem horizontal deve ser melhorada com a instalação do sistema de drenagem ND Strip 150. As tiras são colocadas planas, em filas paralelas com intervalos de cerca de 2 m, sobre a camada de proteção, e ligadas a uma câmara de inspeção colocada sobre um ralo de cobertura.

Produtos ND

- Sistema de drenagem ND Strip 150

2.2 Camada de barreira antirraiz

A camada de barreira antirraiz impede a entrada de raízes na camada de impermeabilização. Pode estar integrada numa membrana de impermeabilização resistente às raízes (por exemplo, membranas em PVC, EPDM ou betume com cobre, ensaiadas segundo o ensaio DIN 4062-1 ou segundo a hEN 13948 “Membranas flexíveis para impermeabilização – Membranas betuminosas, plásticas e de borracha para impermeabilização de coberturas – Determinação da resistência à penetração de raízes”).

Se a membrana de impermeabilização não for resistente às raízes, deve ser colocada uma barreira antirraiz separada diretamente sobre a membrana. As sobreposições têm de ser soldadas a quente ao longo das juntas. A barreira antirraiz separada sobre a membrana de impermeabilização não é necessária quando a membrana é resistente às raízes.

Nota

Na instalação de uma barreira antirraiz separada aplicam-se os mesmos princípios de pormenorização que na instalação de uma membrana de impermeabilização. Nas coberturas invertidas sem membrana de impermeabilização resistente às raízes, a barreira antirraiz é colocada diretamente sob o isolamento térmico, sobre a membrana de impermeabilização. A barreira antirraiz é uma folha de PEBD modificado com 0,5 mm, ensaiada segundo a DIN 4062-1.

Produtos ND

- Barreira antirraiz ND WSB-50



Colocação da barreira antirraiz. Hart of Stein, Stein, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.

2.3 Camada de separação e proteção

A camada de separação separa materiais quimicamente incompatíveis (por exemplo, policloreto de vinilo (PVC) e poliestireno (PS)) e funciona também como camada de proteção. A camada de proteção protege a membrana de impermeabilização contra solicitações mecânicas e dinâmicas.

Quando é utilizada uma camada de proteção separada, esta deve ser uma membrana de proteção, uma manta de borracha ou um geotêxtil com massa mínima de 300 g/m² e espessura > 2 mm (resistência ao punçoamento de 1,1 kN). A camada de proteção deve ser concebida para as condições a que a membrana de impermeabilização vai estar sujeita. Se os sistemas de drenagem ND forem colocados imediatamente após a instalação da membrana de impermeabilização, podem funcionar como camada de separação e proteção para cargas estáticas ligeiras, como as de uma cobertura verde extensiva.

2.4 Camada drenante

A camada drenante alivia a membrana de impermeabilização da pressão hidrostática. Além disso, conduz para fora a água em excesso da camada de substrato, evitando a sua acumulação no substrato, que pode danificar a vegetação. A camada drenante tem de ter uma boa permeabilidade vertical, combinada com a capacidade de transportar horizontalmente a água em excesso para fora da área da cobertura. Tem de manter a plena funcionalidade durante 50 anos, de acordo com a DIN 4095 “Drenagem e proteção de estruturas enterradas – Projeto, dimensionamento e instalação”. A capacidade de drenagem deve ser especificada em l/(s·m), tendo em conta a inclinação da cobertura e a pressão de carga prevista. Qualquer sistema de drenagem, incluindo as placas plásticas alveolares em forma de caixa de ovos (geoespaçadores) que façam parte de um sistema de drenagem, tem de ter marcação CE segundo a hEN 13252.

Produtos ND

- Sistemas de drenagem ND

2.5 Camada filtrante

É essencial que a camada drenante fique permanentemente protegida contra a colmatação pelas partículas finas presentes no substrato. Isto consegue-se com um geotêxtil filtrante tecido ou não tecido que retém essas partículas finas. A massa deste geotêxtil é de cerca de 100 a 200 g/m², consoante a carga, e a dimensão dos poros deve corresponder à dimensão mínima das partículas do substrato. Em geral, o geotêxtil deve ter uma resistência ao punçoamento de 0,5 kN e uma abertura dos poros < 200 µm (0,2 mm). A camada filtrante deve permitir que as raízes a atravessem até à camada drenante.

Nota

Os geotêxteis filtrantes tecidos ou não tecidos têm de ter uma sobreposição de pelo menos 100 mm. Quando a camada filtrante (geotêxtil), como parte de um sistema de drenagem, é colocada sobre uma placa plástica alveolar em forma de caixa de ovos (geoespaçador) ou sobre um material granular, tanto o geotêxtil como o geoespaçador têm de ter marcação CE (hEN 13252).

2.6 Sistemas de drenagem ND

Os sistemas de drenagem ND reúnem num único elemento a camada filtrante, a camada drenante e a camada de separação e proteção. A altura de construção dos sistemas de drenagem ND é de 8 mm / 13 mm / 17 mm / 27 mm. Um geotêxtil filtrante (tecido ou não tecido) está colado a cada alvéolo. Consoante a aplicação, o núcleo pode ser perfurado e dispor de uma película plástica ou de um geotêxtil na face inferior. Os alvéolos dos sistemas de drenagem ND 4+1h / ND 5+1 funcionam como reserva de água adicional para a vegetação. O sistema de drenagem ND 6+1v tem nervuras entre os alvéolos, para uma reserva de água adicional.

Sistemas de drenagem ND em coberturas invertidas. Os sistemas de drenagem ND 4+1h / ND 5+1 / ND 6+1v têm o núcleo perfurado. Estes sistemas de drenagem evitam a formação de uma barreira pára-vapor sobre o isolamento térmico em XPS. A face superior das placas de isolamento em XPS pode secar, pelo que a condensação interna é minimizada e o valor de isolamento (valor R) não é afetado ao longo do tempo.

Dimensionamento dos sistemas de drenagem ND. A quantidade de água que a camada drenante tem de escoar (q') pode ser calculada, em l/(s·m), pela seguinte equação:

$$q' = (A \times C \times r) / L_r \text{ em l/(s·m)}$$

- q' = quantidade de água a escoar pela camada drenante, em l/(s·m);
- A = área efetiva da cobertura, em m² ($L_r \times B_r$);
- C = coeficiente de escoamento (ver Quadro 6);
- r = intensidade de precipitação, em l/(s·m²);
- L_r = comprimento da cobertura a drenar, em m.



Rolos de sistema de drenagem ND sobre a membrana de impermeabilização. Hart of Stein, Stein, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.

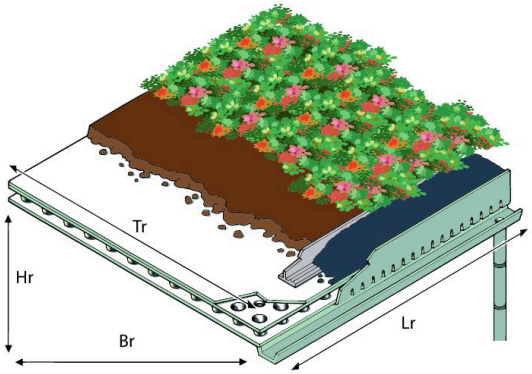


Figura 1. Dimensões da cobertura

- L_r = comprimento da cobertura a drenar;
- B_r = largura em planta da cobertura, da caleira à cumeeira;
- H_r = altura da cobertura, da caleira à cumeeira;
- T_r = distância da caleira à cumeeira, medida ao longo da cobertura.

Quadro 9. Aplicações dos sistemas de drenagem ND

Tipo de sistema de drenagem ND	ND 4+1h	ND 5+1	ND 6+1v	ND 100	ND 200	ND 800	ND 6+1esn
Cobertura verde extensiva – pendente de 1,5° a 15°	●	●	●	–	●	●	–
Cobertura verde extensiva – pendente de 1,5° a 15° (cobertura invertida)	●	●	●	–	–	●	–
Cobertura verde extensiva – pendente de 0° a 5°	–	●	●	–	–	●	–
Cobertura verde extensiva – pendente de 0° a 5° (cobertura invertida – exceção)	–	●	●	–	–	●	–
Cobertura verde extensiva – inclinação de 15° a 25° (cobertura medianamente inclinada)	–	–	–	–	●	–	●
Cobertura verde extensiva – inclinação de 25° a 30° (cobertura muito inclinada)	–	–	–	●	–	–	–
Cobertura verde extensiva com reserva de água adicional	–	–	●	–	–	–	–

2.7 Camada de substrato

A composição do substrato é importante para a saúde e o crescimento das plantas. O substrato tem de ser capaz de reter água, disponibilizando às plantas quantidades suficientes, e de deixar passar para a camada drenante a água em excesso.

Material granular. A camada de substrato de uma cobertura verde extensiva deve ter um baixo teor de matéria orgânica (≤ 65 g/l). A Diretriz FLL para coberturas verdes (2008) define os requisitos exatos deste substrato. O elevado teor mineral destina-se a minimizar a eventual retração do substrato durante períodos secos prolongados e os consequentes danos nas raízes. Um teor orgânico excessivamente elevado pode provocar um assentamento significativo, que obriga a reposições regulares.

Um sistema de camada única utiliza um substrato com um teor de matéria orgânica muito baixo (≤ 40 g/l). Em coberturas com pendentes superiores a 1:19 (inclinação de 5 %), deve ser instalada uma camada de substrato mais espessa, para obter uma maior capacidade de retenção de água, porque, devido à pendente, a água é descarregada mais rapidamente da camada de substrato.

A espessura do substrato é determinada pelas necessidades da vegetação em água, nutrientes e espaço radicular:

Quadro 10. Espessura da camada de substrato

Tipo de vegetação	Espessura da camada de substrato mm
Musgos e sedum	60–80
Sedum, musgos e herbáceas	60–100
Sedum, herbáceas e gramíneas	100–150
Gramíneas e herbáceas	150–200

No cálculo da espessura necessária, devem ser tidos em conta:

- as características dos vários materiais a utilizar;
- a inclinação da cobertura;

- a exposição da superfície da cobertura (sol, sombra, vento, etc.);
- o clima regional;
- as condições específicas da obra;
- a carga permanente da estrutura e a sobrecarga;
- a retenção de água pretendida.

Nota

As terras vegetais e/ou os subsolos melhorados contêm provavelmente uma proporção significativa de partículas finas, que podem colmatar a camada drenante e a camada filtrante. Por isso, recomenda-se que não sejam utilizados solos nem substratos à base de solo em coberturas verdes extensivas. Os substratos ND DGS cumprem a Diretriz FLL para coberturas verdes (2008).

Fornecimento do substrato extensivo ND DGS-E e do substrato mineral ND DGS-M:

- sacos de cerca de 20 litros;
- big bags de cerca de 1 000 litros;
- a granel: entregue por camião basculante e distribuído por grua ou por tapete transportador;
- a granel: entregue em camião-silo e distribuído por insuflação pneumática.

A forma de fornecimento mais adequada depende da dimensão e da localização da obra. Podem ocorrer perdas de cerca de 15 % devido ao assentamento.

Produtos ND

- Substrato extensivo ND DGS-E
- Substrato mineral ND DGS-M



Distribuição do substrato por insuflação pneumática. Diepengaerde, Valkenburg, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.



Substrato fornecido em big bag. Bike parking Laurentius hospital, Roermond, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.

Placas de substrato. Nas coberturas verdes extensivas, o substrato pode ser substituído pelas placas de substrato ND SM-25 ou ND SM-50. Graças ao seu baixo peso, as placas de substrato fabricadas em lã mineral hidrófila (absorvente de água) são ideais para a construção de coberturas verdes leves. As placas de substrato ND SM, em combinação com os tapetes de vegetação ND, reduzem o peso total de uma cobertura verde extensiva para 40 kg/m² com a SM-25 e para 50 kg/m² com a placa de substrato SM-50. As placas de substrato são uma solução económica para pequenas superfícies de cobertura (sem necessidade de grua pesada). Com as placas de substrato ND SM-25, é de esperar uma manutenção adicional (fertilização e rega), devido à pequena altura de construção.

O teor mineral de 100 % e a elevada densidade conferem a estas placas de substrato uma elevada durabilidade e estabilidade estrutural, o que as torna ideais para coberturas verdes extensivas em coberturas inclinadas. Onde o material granular poderia deslizar, as placas de lã mineral mantêm-se no lugar. Com uma inclinação da cobertura superior a 15°, têm de ser tomadas medidas construtivas.

Com um furador de torrões, abrem-se facilmente furos nas placas de substrato, nos quais os torrões das plantas em torrão encaixam exatamente. Também é possível espalhar estacas de sedum (à mão ou por hidrossementeira) ou desenrolar tapetes de vegetação sobre as placas de substrato. Quando são utilizadas estacas de sedum ou plantas em torrão, as placas de substrato devem ser cobertas com 10 a 20 mm de substrato mineral ND DGS-M. A elevada capacidade de retenção de água das placas de lã mineral permite plantar vegetação mais exigente, como herbáceas mais altas e gramíneas.

Vantagens:

- instalação rápida e fácil;
- baixo peso;
- elevada retenção de água.

As placas de substrato ND SM podem ser utilizadas como substrato de coberturas verdes e foram aprovadas pela Diretriz FLL para coberturas verdes (2008) como substituto aceitável do substrato. As placas são estruturalmente estáveis e têm uma capacidade de retenção de água de 40 l/m² com uma espessura de 50 mm.



Colocação de placas de substrato numa cobertura inclinada. Sint Michielsgestel Fire Station, Sint-Michielsgestel, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.

Produtos ND

- Placa de substrato ND SM-25
- Placa de substrato ND SM-50

2.8 Camada de reserva e de retenção de água

Com as alterações climáticas, ocorrem hoje cada vez mais chuvadas intensas. A rede de drenagem de águas pluviais muitas vezes não consegue escoar de imediato toda a água de uma chuvada forte e repentina, o que resulta em inundações de ruas e caves ou em água a sair da rede de drenagem. O excesso de água e os problemas associados à precipitação verificam-se sobretudo em zonas urbanas. Recorrendo à reserva de água em coberturas planas e/ou à retenção de água em sistemas de cobertura verde (para atrasar o percurso da água), os problemas causados pelo excesso de água pluvial podem ser reduzidos nestas zonas densamente construídas e vulneráveis. A Nophadrain desenvolveu o sistema de cobertura de retenção de água Nophadrain (com reserva de água).

A diferença entre reserva e retenção. Na reserva de água, a água pluvial é retida no sistema de cobertura verde durante um período prolongado e depois disponibilizada à vegetação. Na retenção de água, a água pluvial é conduzida para a rede de drenagem de águas pluviais, mas com atraso.

Produtos ND

- Placa de reserva de água ND WSM-50
- Placa de substrato ND SM-25
- Placa de substrato ND SM-50
- Elemento de retenção de água ND WSE
- Sistema de drenagem ND 6+1v
- Sistema de drenagem ND 4+1h



Cobertura de retenção de água com vegetação extensiva. Imagem: Nophadrain.

2.9 Camada de vegetação

As plantas utilizadas em coberturas verdes extensivas devem regenerar-se por si próprias e ser capazes de se adaptar tanto ao ambiente local como às condições climáticas extremas de uma cobertura. Devem ser originárias da flora da Europa Central, embora se deva ter em conta a biodiversidade regional e as condições climáticas predominantes.

Comunidades de plantas utilizadas numa cobertura verde extensiva:

- musgos e sedum;
- sedum, musgos e herbáceas;
- sedum, herbáceas e gramíneas;
- gramíneas e herbáceas.

Para mais informações sobre a variedade de espécies vegetais, a archiroof pode ser contactada através de info@archihub.pt.

A vegetação é fornecida nos seguintes formatos: estacas de sedum, plantas em torrão e tapetes de vegetação.

Na definição da plantação extensiva, e para o êxito e a durabilidade de uma cobertura verde extensiva, são relevantes as seguintes circunstâncias:

Circunstâncias climáticas	Circunstâncias construtivas	Circunstâncias de técnica de vegetação
clima local horas de sol períodos de secura precipitação anual direção predominante do vento	exposição ao sol e à sombra posição da cobertura pendente / inclinação da cobertura escoamento do vento	resistência ao vento exigências quanto à camada de substrato resistência à concorrência

Estacas de sedum. As estacas podem ser retiradas de plantas de sedum existentes sem causar danos duradouros à planta-mãe. As estacas de sedum devem ter cerca de 20 mm de comprimento e, depois de espalhadas, enraízam com bastante facilidade no substrato extensivo ND DGS-E, desenvolvendo-se rapidamente em novas plantas.

- **Plantação num sistema multicamada:** depois de espalhar as estacas de sedum sobre o substrato, assegura-se um bom contacto compactando-as cuidadosamente com rolo.
- **Plantação num sistema de camada única:** como o substrato é essencialmente mineral, as estacas de sedum têm de ser cobertas com composto (cerca de 10 l/m²). Não se cobre toda a superfície.
- **Plantação sobre uma composição de cobertura verde leve:** depois de espalhar as estacas de sedum sobre as placas de substrato ND SM-25 ou ND SM-50, as estacas têm de ser cobertas com cerca de 10 mm de substrato mineral ND DGS-M, o que pode ser feito facilmente com uma máquina de hidrossementeira.
- **Quantidade recomendada:** estacas de sedum: 75 a 100 g/m², no mínimo 100 estacas de sedum/m², de pelo menos 4 espécies diferentes.

Plantas em torrão. Sedum, herbáceas e gramíneas são cultivados especialmente como plantas em torrão em tabuleiros de fundo plano para coberturas verdes extensivas. As plantas em torrão devem ser cultivadas em contentores de pelo menos 50 cm³.

- **Plantação num sistema multicamada:** as plantas em torrão são plantadas numa camada de substrato com pelo menos 60 mm de espessura.
- **Plantação num sistema de camada única:** o substrato mineral funciona também como componente drenante, pelo que devem existir pelo menos 20 mm sob o torrão da planta, para evitar que as raízes fiquem em contacto direto com a camada drenante.
- **Plantação numa composição de cobertura verde leve:** é importante garantir que os furos atravessam toda a espessura das placas de substrato. Após a plantação, as placas de substrato ND SM devem ser cobertas com 10 a 20 mm de substrato

mineral ND DGS-M.

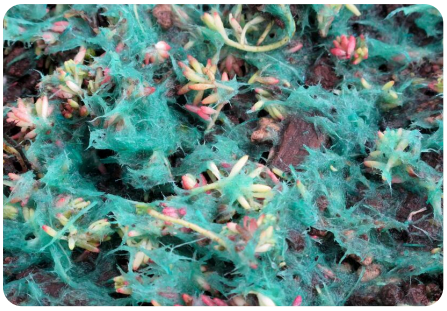
- **Quantidade recomendada:** plantas em torrão: pelo menos 15 plantas/m².

Tapetes de vegetação. Os tapetes de vegetação são tapetes pré-cultivados de sedum, herbáceas e gramíneas. Os tapetes devem ter pelo menos 75 % da superfície coberta, e até 20 % da vegetação pode ser constituída por vegetação não intencional, como ervas espontâneas e plantas dispersas.

- **Plantação:** os tapetes de vegetação devem ser desenrolados sobre o substrato no prazo de 48 horas após a entrega. Quando os tapetes têm de ser armazenados temporariamente, devem ficar num local fresco, seco e à sombra, porque a vegetação pode ser danificada se os rolos aquecerem demasiado. Para uma melhor cobertura, os tapetes devem sobrepor-se pelo menos 25 mm. Concluída a colocação, toda a composição deve ser regada até à saturação.
- **Quantidade recomendada:** tapetes de vegetação: área da superfície + 2,5 %.

Produtos ND

- Estacas de sedum ND
- Plantas em torrão ND – Sedum, herbáceas e gramíneas
- Tapetes de vegetação ND – Sedum, Sedum/herbáceas e Sedum/gramíneas



Estacas de sedum sob a emulsão de hidrossementeira. NHL Hogeschool, Leeuwarden, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.



Cobertura verde extensiva com plantas em torrão. Hart of Stein, Stein, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.



Colocação de tapetes de vegetação. Bike parking Laurentius hospital, Roermond, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.

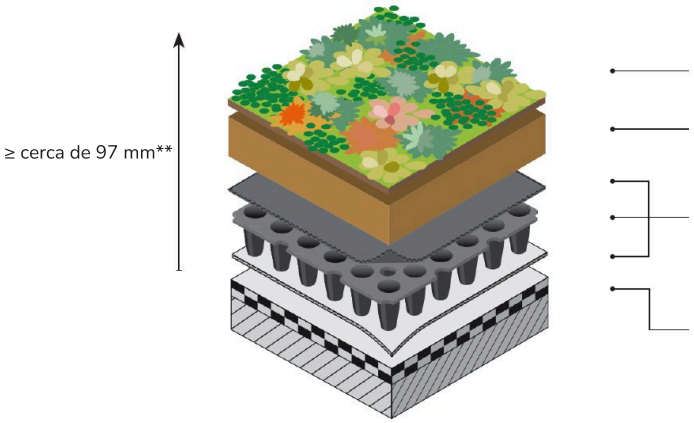
3 Sistemas Nophadrain para coberturas verdes extensivas

Notas aos quadros dos sistemas 3.1 a 3.7

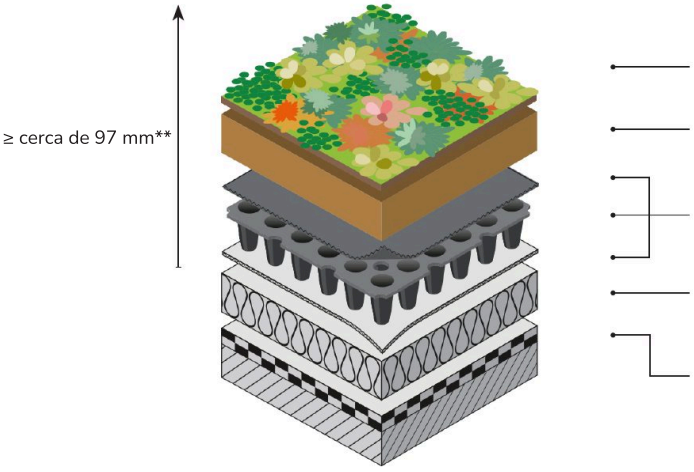
- * O peso do sistema pode variar devido a variações locais na composição do substrato e da vegetação. Todos os substratos cumprem as diretrizes FLL.
- ** O tipo de vegetação depende da espessura total da camada de substrato – ver o ponto 9.2.2, Quadro 3, da "FLL – Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von Dachbegrünungen 2018".
- *** De acordo com as diretrizes FLL em vigor para coberturas verdes. Os relatórios de ensaio específicos de cada sistema podem ser pedidos à Nophadrain (no sistema 3.5, ver a nota própria).
- Se a membrana de impermeabilização não for resistente às raízes, recomenda-se a aplicação da barreira antirraiz ND WSB-50.

3.1 Cobertura de substrato | Cobertura com pendente suficiente: 1,5° a 15°

a. Cobertura tradicional / cobertura sem isolamento térmico – carga superficial*: ≥ cerca de 96 kg/m²



b. Cobertura invertida – carga superficial*: ≥ cerca de 96 kg/m²

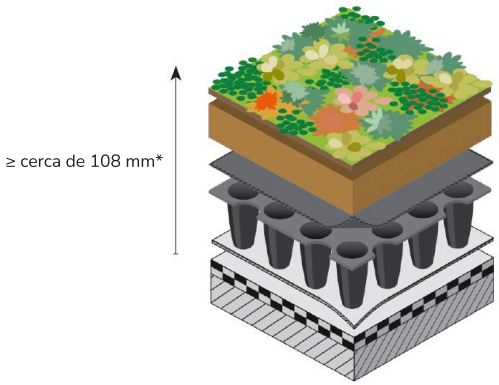


Composição, de cima para baixo: vegetação de sedum / herbáceas / gramíneas (estacas, plantas em torrão ou tapetes**); substrato extensivo ND DGS-E; sistema de drenagem ND 4+1h; na cobertura invertida, isolamento térmico****; membrana de impermeabilização resistente às raízes.

	Estacas	Plantas em torrão	Tapetes
Altura de substrato recomendada	cerca de 80 mm	cerca de 80 mm	cerca de 50 mm
Altura total do sistema	cerca de 97 mm	cerca de 97 mm	cerca de 97 mm
Peso total, seco*	cerca de 90 kg/m²	cerca de 90 kg/m²	cerca de 72 kg/m²
Peso total, saturado*	cerca de 118 kg/m²	cerca de 118 kg/m²	cerca de 96 kg/m²
Reserva de água	cerca de 28 l/m²	cerca de 28 l/m²	cerca de 28 l/m²
Coeficientes de escoamento***	C_s = 0,4–0,5	C_s = 0,4–0,5	C_s = 0,4–0,5

**** A adequação do isolamento térmico tem de ser comprovada pelo fornecedor do isolamento.

3.2 Cobertura de substrato | Cobertura com pendente reduzida: 0° a 5°



a. Cobertura tradicional / cobertura sem isolamento térmico – carga superficial*: ≥ cerca de 96 kg/m²

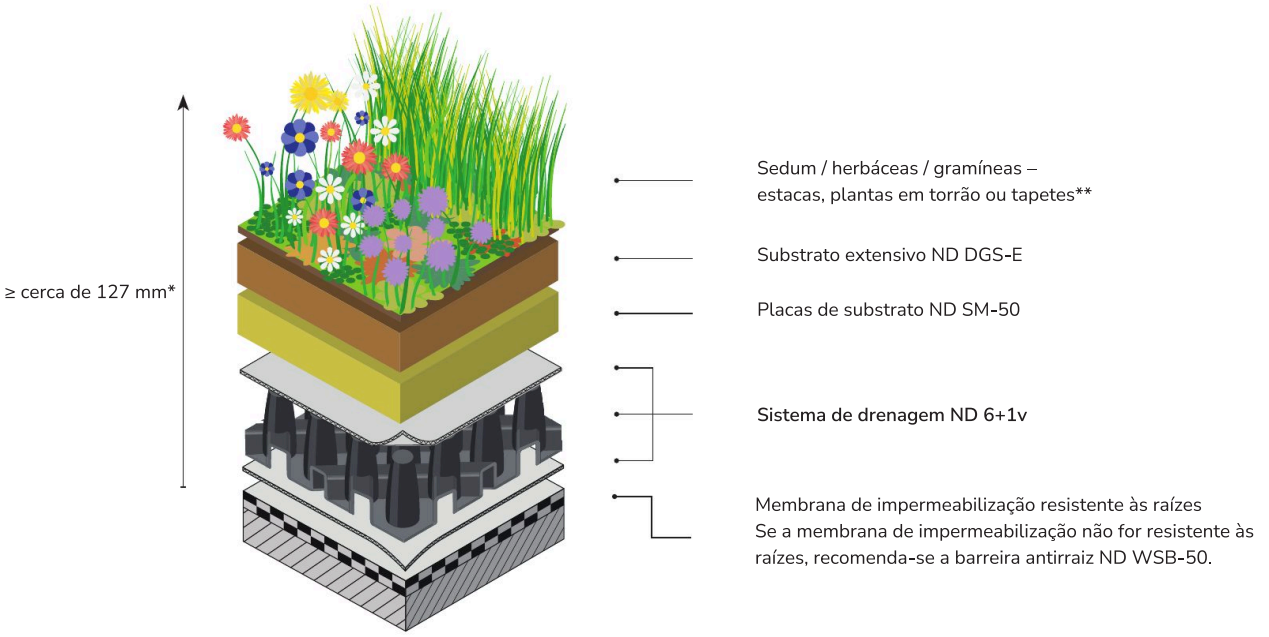
b. Também adequado para coberturas invertidas.

Composição, de cima para baixo: vegetação; camada de substrato; sistema de drenagem ND; membrana de impermeabilização resistente às raízes.

	Estacas	Plantas em torrão	Tapetes
Altura de substrato recomendada	cerca de 80 mm	cerca de 80 mm	cerca de 50 mm
Altura total do sistema	cerca de 108 mm	cerca de 108 mm	cerca de 108 mm
Peso total, seco*	cerca de 90 kg/m²	cerca de 90 kg/m²	cerca de 72 kg/m²
Peso total, saturado*	cerca de 118 kg/m²	cerca de 118 kg/m²	cerca de 96 kg/m²
Reserva de água	cerca de 29 l/m²	cerca de 29 l/m²	cerca de 29 l/m²
Coeficientes de escoamento***	C_s = 0,4–0,5	C_s = 0,4–0,5	C_s = 0,4–0,5

3.3 Cobertura biodiversa com reserva de água adicional | Cobertura com pendente suficiente: 1,5° a 15°

a. Cobertura tradicional / cobertura sem isolamento térmico – carga superficial*: ≥ cerca de 91 kg/m²

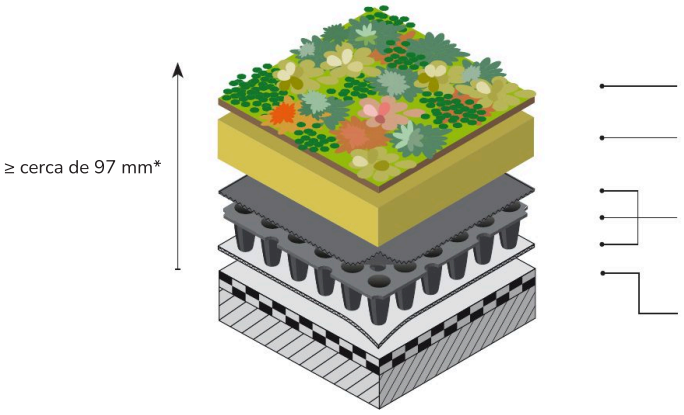


Composição, de cima para baixo: vegetação de sedum / herbáceas / gramíneas (estacas, plantas em torrão ou tapetes**); substrato extensivo ND DGS-E; placas de substrato ND SM-50; sistema de drenagem ND 6+1v; membrana de impermeabilização resistente às raízes.

	Estacas	Plantas em torrão	Tapetes
Altura de substrato recomendada (em combinação com placas de substrato ND SM-50)	cerca de 50 mm	cerca de 50 mm	cerca de 20 mm
Altura total do sistema	cerca de 127 mm	cerca de 127 mm	cerca de 127 mm
Peso total, seco*	cerca de 61 kg/m²	cerca de 61 kg/m²	cerca de 43 kg/m²
Peso total, saturado*	cerca de 113 kg/m²	cerca de 113 kg/m²	cerca de 91 kg/m²
Reserva de água	cerca de 53 l/m²	cerca de 53 l/m²	cerca de 53 l/m²
Coeficientes de escoamento***	C_s = 0,4–0,5	C_s = 0,4–0,5	C_s = 0,4–0,5

3.4 Cobertura leve (sem substrato) | Cobertura com pendente suficiente: 1,5° a 15°

a. Cobertura tradicional / cobertura sem isolamento térmico – carga superficial*: ≥ cerca de 60 kg/m²



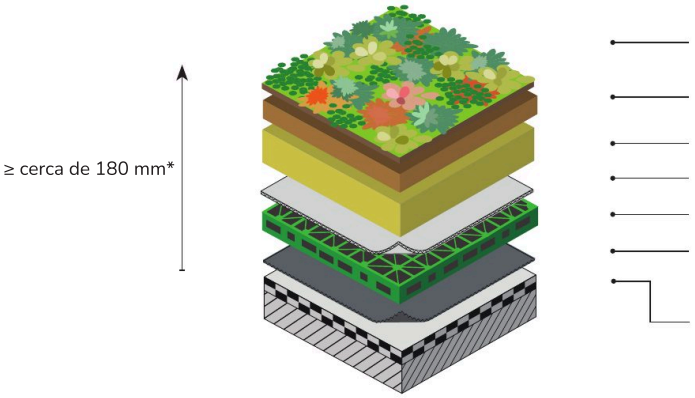
b. Também adequado para coberturas invertidas. Composição, de cima para baixo: tapetes de vegetação ND – Sedum / herbáceas / gramíneas**; placa de substrato ND SM-50; sistema de drenagem ND 4+1h; membrana de impermeabilização resistente às raízes.

	Estacas	Plantas em torrão	Tapetes
Altura do substituto de substrato	n.a.	n.a.	cerca de 50 mm
Altura total do sistema	n.a.	n.a.	cerca de 97 mm
Peso total, seco*	n.a.	n.a.	cerca de 21 kg/m²
Peso total, saturado*	n.a.	n.a.	cerca de 60 kg/m²
Reserva de água	n.a.	n.a.	cerca de 39 l/m²
Coeficientes de escoamento***	n.a.	n.a.	C_s = 0,45–0,5

n.a. = não aplicável.

3.5 Cobertura extensiva com retenção de água | Inclinação da cobertura: 0°

a. Cobertura tradicional / cobertura sem isolamento térmico – carga superficial*: ≥ cerca de 155 kg/m²



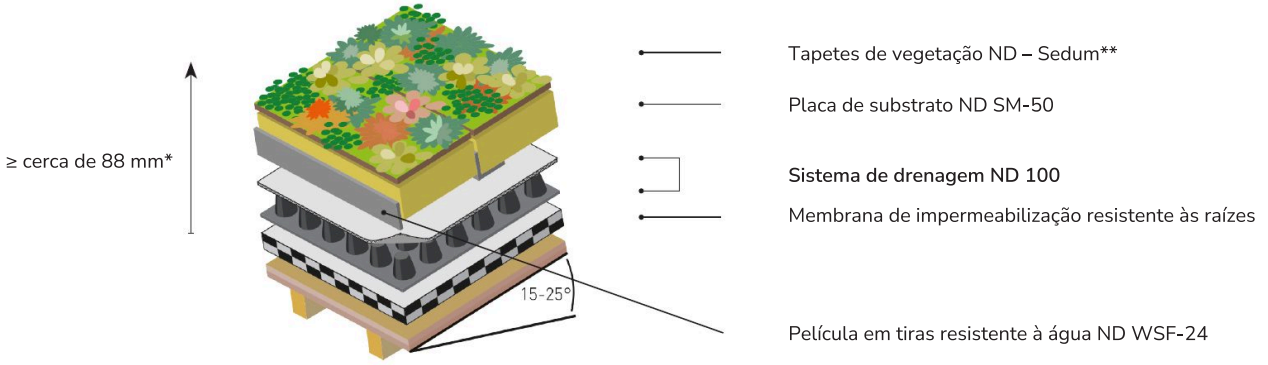
Composição, de cima para baixo: vegetação de sedum / herbáceas / gramíneas (estacas, plantas em torrão ou tapetes**); substrato extensivo ND DGS-E; placa de substrato ND SM-50; geotêxtil filtrante ND FV-300; elemento de retenção de água ND WSE-100lte; geotêxtil de proteção ND SV-300; membrana de impermeabilização resistente às raízes.

	Estacas	Plantas em torrão	Tapetes
Altura de substrato recomendada (incluindo placas de substrato ND SM-50)	cerca de 80 mm	cerca de 80 mm	cerca de 50 mm
Altura total do sistema	cerca de 180 mm	cerca de 180 mm	cerca de 180 mm
Peso total, seco*	cerca de 43 kg/m²	cerca de 43 kg/m²	cerca de 25 kg/m²
Peso total, saturado*	cerca de 177 kg/m²	cerca de 177 kg/m²	cerca de 155 kg/m²
Reserva de água	cerca de 134 l/m²	cerca de 134 l/m²	cerca de 134 l/m²
Coeficientes de escoamento***	valor de descarga regulado	valor de descarga regulado	valor de descarga regulado

*** No sistema 3.5, o valor de descarga do regulador de caudal ajustável ND AFC-100 pode ser regulado entre 0,09 l/s e 3,08 l/s.

3.6 Cobertura extensiva | Cobertura inclinada: 15° a 25°

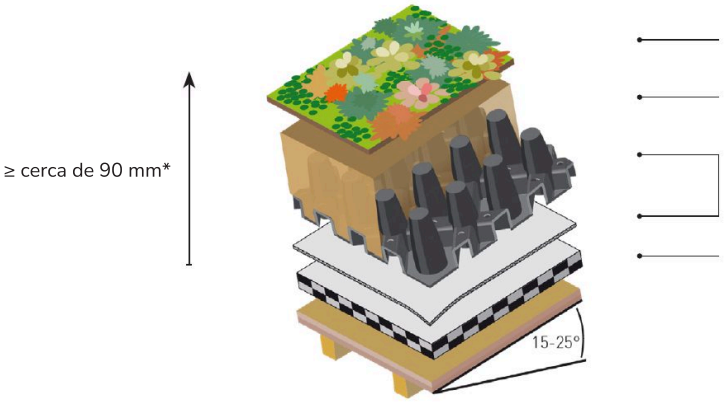
a. Composição multicamada – carga superficial*: ≥ cerca de 55 kg/m²



Composição, de cima para baixo: tapetes de vegetação ND – Sedum**; placa de substrato ND SM-50; sistema de drenagem ND 100; membrana de impermeabilização resistente às raízes; película em tiras resistente à água ND WSF-24.

	Estacas	Plantas em torrão	Tapetes
Altura do substituto de substrato	n.a.	n.a.	cerca de 50 mm
Altura total do sistema	n.a.	n.a.	cerca de 88 mm
Peso total, seco*	n.a.	n.a.	cerca de 20 kg/m²
Peso total, saturado*	n.a.	n.a.	cerca de 55 kg/m²
Reserva de água	n.a.	n.a.	cerca de 35 l/m²
Coeficientes de escoamento***	n.a.	n.a.	C_s = 0,5–0,6

b. Composição em camada única – carga superficial*: ≥ cerca de 103 kg/m²

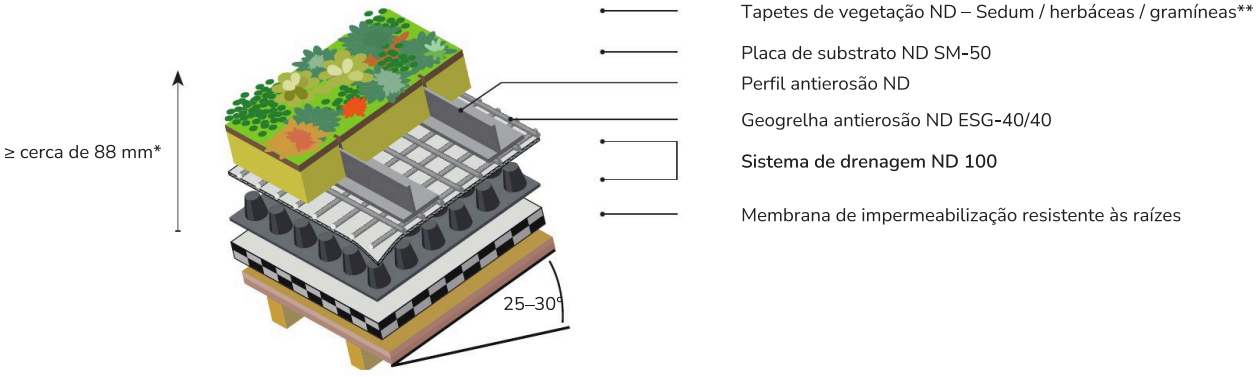


Composição, de cima para baixo: vegetação de sedum / herbáceas / gramíneas (estacas, plantas em torrão ou tapetes**); substrato mineral ND DGS-M; sistema antierosão ND 6+1esn; membrana de impermeabilização resistente às raízes.

	Estacas	Plantas em torrão	Tapetes
Altura de substrato recomendada	cerca de 90 mm	cerca de 90 mm	cerca de 60 mm
Altura total do sistema	cerca de 90 mm	cerca de 90 mm	cerca de 90 mm
Peso total, seco*	cerca de 92 kg/m²	cerca de 92 kg/m²	cerca de 77 kg/m²
Peso total, saturado*	cerca de 123 kg/m²	cerca de 123 kg/m²	cerca de 103 kg/m²
Reserva de água	cerca de 32 l/m²	cerca de 32 l/m²	cerca de 32 l/m²
Coeficientes de escoamento***	C_s = 0,5–0,6	C_s = 0,5–0,6	C_s = 0,5–0,6

3.7 Cobertura extensiva | Cobertura muito inclinada: 25° a 30°

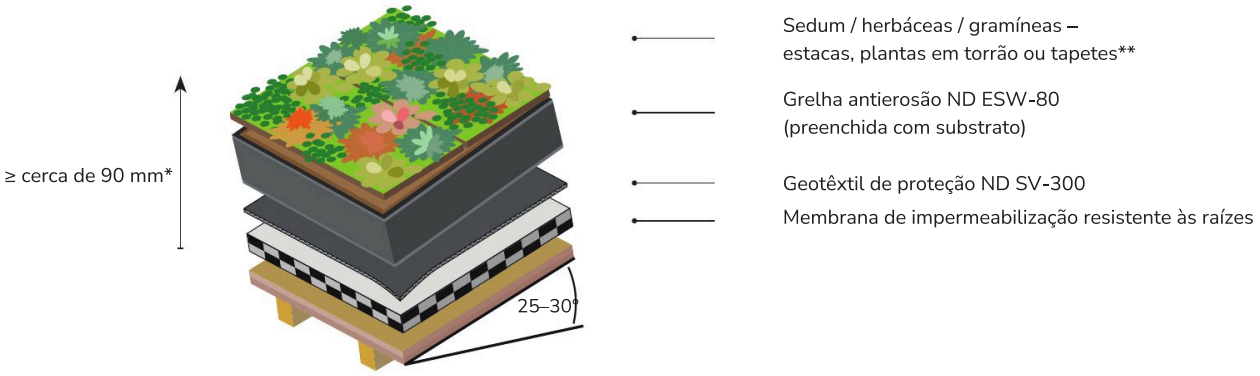
a. Composição multicamada – sem remate vertical – carga superficial*: ≥ cerca de 56 kg/m²



Composição, de cima para baixo: tapetes de vegetação ND – Sedum / herbáceas / gramíneas**; placa de substrato ND SM-50; perfil antierosão ND; geogrelha antierosão ND ESG-40/40; sistema de drenagem ND 100; membrana de impermeabilização resistente às raízes.

	Estacas	Plantas em torrão	Tapetes
Altura do substituto de substrato	n.a.	n.a.	cerca de 50 mm
Altura total do sistema	n.a.	n.a.	cerca de 88 mm
Peso total, seco*	n.a.	n.a.	cerca de 17 kg/m²
Peso total, saturado*	n.a.	n.a.	cerca de 56 kg/m²
Reserva de água	n.a.	n.a.	cerca de 39 l/m²
Coeficientes de escoamento***	n.a.	n.a.	C_s = 0,5–0,6

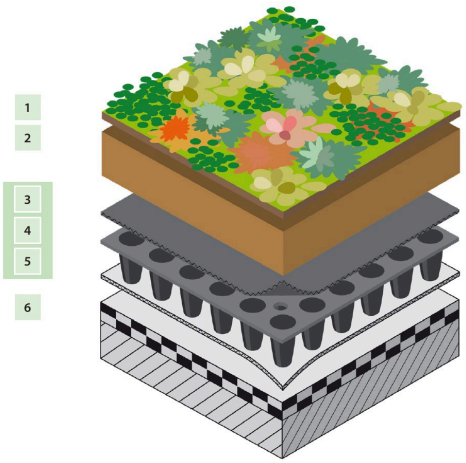
b. Composição em camada única – com remate vertical – carga superficial*: ≥ cerca de 126 kg/m²



Composição, de cima para baixo: vegetação de sedum / herbáceas / gramíneas (estacas, plantas em torrão ou tapetes**); grelha antierosão ND ESW-80 (preenchida com substrato); geotêxtil de proteção ND SV-300; membrana de impermeabilização resistente às raízes.

	Estacas	Plantas em torrão	Tapetes
Altura de substrato recomendada	cerca de 90 mm	cerca de 90 mm	cerca de 80 mm
Altura total do sistema	cerca de 90 mm	cerca de 90 mm	cerca de 110 mm
Peso total, seco*	cerca de 95 kg/m²	cerca de 95 kg/m²	cerca de 110 kg/m²
Peso total, saturado*	cerca de 126 kg/m²	cerca de 126 kg/m²	cerca de 146 kg/m²
Reserva de água	cerca de 31 l/m²	cerca de 31 l/m²	cerca de 36 l/m²
Coeficientes de escoamento***	C_s = 0,5–0,6	C_s = 0,5–0,6	C_s = 0,5–0,6

Composição de uma cobertura verde extensiva



	Camada	Produto
1	Camada de vegetação	Tapetes de vegetação ND – Sedum / herbáceas / gramíneas
2	Camada de substrato	Substrato extensivo ND DGS-E
3	Camada filtrante	Sistema de drenagem ND 4+1h
4	Camada drenante	Sistema de drenagem ND 4+1h
5	Camada de separação e proteção	Sistema de drenagem ND 4+1h
6	Camada de barreira antirraiz	Membrana de impermeabilização resistente às raízes*

* Se a membrana de impermeabilização não for resistente às raízes, recomenda-se a aplicação da barreira antirraiz ND WSB-50.

Parte 2 · Coberturas verdes intensivas

Polivalentes e sustentáveis. A segunda parte desta brochura trata das coberturas verdes intensivas: princípios de projeto, composição das camadas, combinação com pavimentos e elementos construídos e sistemas Nophadrain de coberturas verdes intensivas.



Jardim intensivo sobre laje, com caminhos pavimentados. Cruquius, Amesterdão, Países Baixos. Imagem: Walter Herfst / Nophadrain.



Relvado, arbustos e trepadeiras num pátio sobre estacionamento. Groot Hartje, Eindhoven, Países Baixos. Imagem: Du Pré Groenprojecten / Nophadrain.

0 Introdução

A vegetação intensiva de uma cobertura pode considerar-se comparável aos espaços verdes tradicionais, tanto no uso possível como na diversidade de desenho. A plantação pode incluir relvado, arbustos e, pontualmente, árvores. Depois de plantada, a vegetação impõe exigências bastante elevadas às camadas da composição e precisa de rega regular (ou de um sistema de retenção de água), bem como de um fornecimento regular de nutrientes. Este tipo de cobertura verde só prospera com manutenção regular. Uma cobertura verde intensiva combina-se facilmente com pavimentos e elementos construídos para tráfego pedonal e de veículos.

Devido às necessidades de água e de nutrientes da vegetação e ao peso da própria plantação, o peso mínimo típico deste tipo de cobertura verde ronda os 312 kg/m², com uma espessura mínima das camadas de 268 mm. No projeto de coberturas verdes intensivas, estas cargas elevadas têm de ser tidas em conta.

Características de uma cobertura verde intensiva

- grande escolha de vegetação adequada
- total liberdade de desenho
- fácil combinação com zonas acessíveis a peões e a veículos
- altura de construção a partir de 268 mm
- peso próprio a partir de cerca de 312 kg/m²

1 Princípios de projeto

1.1 Normas

Marcação CE segundo a hEN 13252

Os geotêxteis e produtos relacionados utilizados em sistemas de drenagem têm de ter marcação CE nos termos da norma europeia hEN 13252 «Geotêxteis e produtos relacionados – Características exigidas para a utilização em sistemas de drenagem». Consideram-se sistemas de drenagem os sistemas que recolhem e transportam precipitação, água freática e/ou outros líquidos ou gases através de um geotêxtil ou de um produto relacionado.

Esta norma europeia abrange mais do que os geotêxteis, como membranas e tecidos filtrantes. Também os produtos relacionados com geotêxteis, como os geocompósitos (canais e placas de drenagem) e os geoespaçadores* (películas e placas alveolares [os chamados alvéolos em forma de caixa de ovos]), são abrangidos por esta norma (hEN ISO 10318 «Geossintéticos – Parte 1: Termos e definições»).

Enquanto fabricante, a Nophadrain BV é responsável pela emissão de uma Declaração de Desempenho (DoP) relativa às características essenciais dos geotêxteis e canais de drenagem que coloca no mercado nos termos da norma europeia hEN 13252. Parte da Declaração de Desempenho é um sistema de controlo interno da produção, avaliado anualmente por um organismo de certificação (organismo notificado). A Declaração de Desempenho, a publicar no sítio da Nophadrain na internet, autoriza a Nophadrain BV a apor a marcação CE nos seus produtos.

Deste modo, o produto cumpre as disposições nacionais dos Estados-Membros europeus relativas às características essenciais dos produtos de construção. Todos os geotêxteis e produtos relacionados colocados no mercado pela Nophadrain BV têm marcação CE.

* Estrutura polimérica tridimensional concebida para criar um espaço de ar no solo e/ou noutros materiais, em aplicações de geotecnia e engenharia civil (hEN ISO 10318).

Diretrizes FLL para o planeamento, execução e manutenção de coberturas verdes, edição de 2018

Não existem normas europeias que especifiquem o projeto de coberturas verdes. A FLL (instituto de investigação alemão) elaborou um guia para o projeto, a instalação e a manutenção de coberturas verdes. Este guia estabelece os princípios e requisitos básicos que, em geral, se aplicam ao projeto, à instalação e à manutenção de coberturas verdes, e baseia-se na investigação científica e na experiência prática de construção de coberturas verdes na Alemanha ao longo dos últimos 20 anos.

Em muitos países europeus, este documento foi aceite como o guia de referência para a construção de coberturas verdes. Esta brochura Nophadrain baseia-se também nas diretrizes FLL para coberturas verdes (2018).

1.2 Cargas de projeto

A laje estrutural deve ser capaz de suportar e absorver as cargas estáticas e dinâmicas impostas durante a construção e a utilização.

A carga sobre uma cobertura é determinada por:

- carga permanente devida ao peso próprio da construção
- carga permanente devida à composição da cobertura verde
- carga variável devida, por exemplo, a trabalhos de manutenção ou a tráfego

Quadro 1. Cargas de projeto – carga permanente admitida para uma cobertura verde intensiva, com a capacidade máxima de água

Vegetação	Carga da vegetação kg/m²	Substrato intensivo ND DGS-I*: espessura mm / carga kg/m²	Placa de reserva de água ND WSM-50: espessura mm / carga kg/m²	Sistema de drenagem ND: espessura mm / carga kg/m²	Barreira antirraiz ND WSB-80**: carga kg/m²	Carga total kg/m²***	Espessura total mm***
Relvado	5	150 / 225	50 / 46	17 / 5,31	0,8	282	217
		350 / 525				582	417
Arbustos de pequeno porte	10	150 / 225	50 / 46	17 / 5,31	0,8	287	217
		500 / 750				812	567
Arbustos de médio porte até 1,5 m	20	200 / 300	50 / 46	17 / 5,31	0,8	372	267
		500 / 750				822	567
Arbustos de grande porte até 3 m	30	350 / 525	50 / 46	17 / 5,31	0,8	607	417
		700 / 1 050				1 132	767
Grandes arbustos e árvores de pequeno porte até 6 m	40	600 / 900	50 / 46	17 / 5,31	0,8	992	667
		1 250 / 1 875				1 967	1 317
Árvores de médio e grande porte até 10 m	60	1 000 / 1 500	50 / 46	17 / 5,31	0,8	1 612	1 067
		2 000 / 3 000				3 112	2 067
Árvores de grande porte até 15 m	150	1 500 / 2 250	50 / 46	17 / 5,31	0,8	2 452	1 567
		2 000 / 3 000				3 202	2 067

* Peso de cerca de 1,5 t/m³ com a capacidade máxima de água. **Opcional, para utilização sobre uma membrana de impermeabilização não resistente às raízes.** * Com o sistema de drenagem ND 5+1, a espessura total aumenta 10 mm e a carga 2,5 kg/m². Em cada linha, o primeiro valor corresponde à espessura mínima de substrato e o segundo à máxima.

Não existem normas publicadas que regulem a construção de pavimentos modulares sobre lajes de cobertura no Reino Unido nem na República da Irlanda. Com base em investigação realizada em estreita colaboração com a Universidade Técnica de Munique (Alemanha), distinguem-se as seguintes classes de carga, em função da utilização prevista da cobertura:

Quadro 2. Classes de carga

Classe de carga	Utilização	Tráfego	Carga por eixo	Carga por roda
1	Coberturas transitáveis pedonais, terraços	Peões, bicicletas	—	—
2	Cobertura de estacionamento	Automóveis ligeiros	10 kN (eixo dianteiro); 15 kN (eixo traseiro)	5 kN (eixo dianteiro); 7,5 kN (eixo traseiro)
3	Cobertura de estacionamento	Veículos pesados de mercadorias	100 kN	50 kN

A construção de pavimentos modulares sobre lajes de cobertura para as diferentes classes de carga está descrita na brochura Nophadrain «Guia de projeto e instalação – coberturas transitáveis pedonais e coberturas de estacionamento» (Design and Installation Guide Podium Roof Decks – Parking Roof Decks). A adequação dos sistemas Nophadrain para coberturas de estacionamento pode ser demonstrada por relatórios de ensaio extensos, internos e externos, em que a composição completa é submetida a um ensaio de desempenho dinâmico. Estes relatórios estão disponíveis mediante pedido.

1.3 Tipos de construção de cobertura

A laje estrutural tem de ser capaz de suportar a carga adicional da composição da cobertura verde intensiva. A membrana de impermeabilização deve ser resistente às raízes e, tal como o isolamento térmico, capaz de suportar a carga permanente da composição da cobertura verde intensiva.

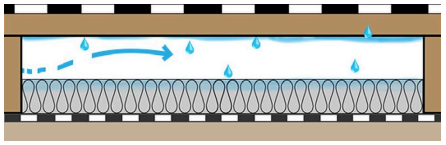
Distinguem-se os seguintes tipos de construção de cobertura:

Cobertura fria (ventilada). Construção de cobertura com um teto independente que encerra um espaço de ar entre a laje estrutural e o teto. Quando há isolamento, este deve ficar sob a laje estrutural, com um espaço de ar ventilado entre ambos. A capacidade resistente da laje estrutural é, em geral, reduzida e tem de corresponder ao peso calculado da cobertura verde intensiva. O efeito de arrefecimento de uma cobertura verde intensiva pode afetar as propriedades físicas da estrutura. Temperaturas negativas na face inferior da laje estrutural podem provocar danos de geada na vegetação.

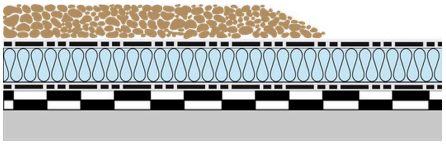
Cobertura tradicional. Construção de cobertura sem espaço de ar ventilado sob a laje estrutural. Quando há isolamento, este deve ficar sobre a laje estrutural. Recomenda-se colocar uma barreira pára-vapor sobre a laje estrutural, sob o isolamento térmico. Em geral, todos os tipos de sistemas de cobertura verde e todas as formas de vegetação são adequados a este tipo de construção.

Cobertura invertida. O isolamento é colocado sobre a membrana de impermeabilização. Se for escolhida uma cobertura invertida para receber vegetação, devem ser consideradas medidas relativas à difusão de vapor. Na instalação de uma cobertura verde intensiva, tem de ser colocada sobre o isolamento térmico uma camada drenante permeável ao vapor, para proteger o isolamento da acumulação de humidade (condensação interna) ao longo do tempo. Em geral, todos os tipos de sistemas de cobertura verde e todas as formas de vegetação são adequados a este tipo de cobertura, desde que exista peso próprio suficiente para impedir o levantamento do isolamento térmico pela água e pelo vento.

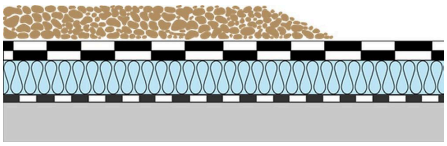
Cobertura sem isolamento térmico. A membrana de impermeabilização é instalada sobre a laje estrutural, sem qualquer isolamento térmico. Característica desta construção é o espaço sob a cobertura não ser aquecido. Em princípio, todos os tipos de sistemas de cobertura verde e todas as formas de vegetação são adequados. Temperaturas negativas na face inferior da laje estrutural podem provocar danos de geada na vegetação.



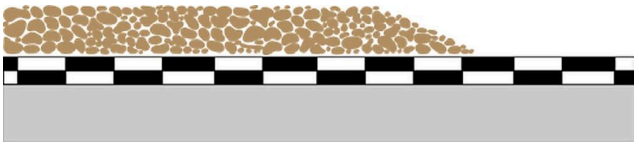
Cobertura fria (ventilada)



Cobertura invertida



Cobertura tradicional



Cobertura sem isolamento térmico

1.4 Isolamento térmico

O isolamento térmico tem de ter marcação CE com base nas normas hEN 13162 a 13171 «Produtos de isolamento térmico para edifícios – Produtos manufaturados ... – Especificação».

Há dois métodos de instalação do isolamento térmico numa laje de cobertura:

- CT = isolamento colocado sob a membrana de impermeabilização – cobertura tradicional
- CI = isolamento colocado sobre a membrana de impermeabilização – cobertura invertida

A cobertura fria não é considerada, por ser hoje um tipo de construção pouco utilizado.

A membrana de impermeabilização e o isolamento térmico aplicado devem resistir a cargas de curta e de longa duração. Caso se prevejam deformações do isolamento térmico, estas devem ser tidas em conta no pormenor da membrana de impermeabilização (ralo de cobertura, bordo da cobertura, atravessamentos, etc.). Para a classe de carga 1, em coberturas executadas sobre isolamento, o isolamento térmico deve cumprir no mínimo a classe de carga «dh». Para as classes de carga 2 e 3, o isolamento térmico deve cumprir a classe de carga «ds» e «dx», respetivamente. A adequação do isolamento térmico tem de ser demonstrada pelo fabricante.

Quadro 3. Adequação dos tipos de isolamento térmico

Tipo de isolamento térmico	Construção	dm	dh	ds	dx
Poliestireno expandido (EPS)*, segundo a hEN 13163 «Produtos de isolamento térmico para edifícios – Produtos manufaturados de poliestireno expandido – Especificação»	CT	100 kPa*	150 kPa*	—	—
	CI	—	—	—	—
Poliestireno extrudido (XPS)*, segundo a hEN 13164 «Produtos de isolamento térmico para edifícios – Produtos manufaturados de poliestireno extrudido – Especificação»	CT	200 kPa*	300 kPa*	500 kPa*	—
	CI	300 kPa*	300 kPa*	500 kPa*	700 kPa*
Espuma rígida de poliuretano (PUR)*, segundo a hEN 13165 «Produtos de isolamento térmico para edifícios – Produtos manufaturados de espuma rígida de poliuretano – Especificação»	CT	100 kPa*	100 kPa*	150 kPa*	—
	CI	—	—	—	—
Vidro celular (CG)*, segundo a hEN 13167 «Produtos de isolamento térmico para edifícios – Produtos manufaturados de vidro celular – Especificação»	CT	400 kPa*	400 kPa*	900 kPa*	1 200 kPa*
	CI	—	—	—	—

Quadro 4. Classes de carga do isolamento térmico

Classe de carga	Descrição	Aplicação possível
dm	Capacidade de carga média	Cobertura verde extensiva
dh	Capacidade de carga elevada	Cobertura verde intensiva / cobertura transitável pedonal
ds	Capacidade de carga muito elevada	Cobertura de estacionamento com tráfego limitado de automóveis
dx	Capacidade de carga extrema	Cobertura de estacionamento com tráfego de automóveis e de camiões

Recomendação

Se for necessário instalar um pavimento sobre uma cobertura isolada, recomenda-se optar por uma cobertura invertida com isolamento XPS ou por uma cobertura tradicional com vidro celular. Na cobertura invertida, a membrana de impermeabilização deve ficar totalmente aderida à laje estrutural, para que qualquer fuga na membrana possa ser localizada com facilidade. As placas de isolamento XPS conferem proteção adicional à membrana de impermeabilização durante a instalação da composição do pavimento.

É importante colocar uma camada drenante permeável ao vapor sobre o isolamento XPS. Isto permite a secagem das placas e minimiza a absorção de água por condensação interna. Não é necessário instalar uma barreira pára-vapor separada, porque a própria impermeabilização desempenha essa função. A camada drenante não deve danificar a face superior das placas de isolamento. A aderência total da membrana de impermeabilização também é possível numa cobertura tradicional, se for utilizado vidro celular como isolamento térmico. As placas de vidro celular são totalmente aderidas à laje estrutural e todas as juntas são preenchidas com betume. O sistema de impermeabilização fica assim totalmente aderido às placas de vidro celular.

1.5 Sistemas de impermeabilização

Sistemas de impermeabilização contínuos

Em geral, as coberturas são protegidas contra a penetração de água por um sistema de impermeabilização (betuminoso, sintético ou de aplicação líquida). No projeto e na escolha de um sistema de impermeabilização, têm de ser observados a utilização prevista, as normas e regulamentos aplicáveis e as regras da boa prática. As lajes de cobertura devem ser executadas com pendentes adequadas.

A membrana de impermeabilização sob plantações intensivas deve ser resistente às raízes ou estar protegida contra a penetração de raízes por uma barreira antirraiz separada. A resistência às raízes pode ser comprovada se o material tiver sido aprovado no ensaio de resistência às raízes da FLL ou estiver abrangido por uma certificação do British Board of Agrément (BBA) para aplicações em coberturas verdes.

As membranas podem ser aplicadas em uma ou duas camadas e fixadas à laje estrutural pelos seguintes métodos:

- independentes e lastradas
- fixadas mecanicamente
- totalmente aderidas

A composição de um sistema de impermeabilização totalmente aderido pode ser a seguinte:

Membranas betuminosas – betume modificado (APP – SBS)

- pelo menos duas camadas
- primeira camada: uma membrana betuminosa com armadura de poliéster, totalmente aderida à laje estrutural (aplicação com betume quente)
- camada superior: uma membrana de impermeabilização APP ou SBS resistente às raízes, totalmente aderida (soldada a maçarico)

Membranas de impermeabilização sintéticas

- pelo menos duas camadas
- primeira camada: uma membrana betuminosa com armadura de poliéster, totalmente aderida à laje estrutural (aplicação com betume quente)
- camada superior: uma membrana de impermeabilização de EPDM, ECB, POCB ou TPO
- totalmente aderida à primeira camada

Impermeabilização de aplicação líquida

- a impermeabilização de aplicação líquida é considerada um sistema de camada única
- deve aderir a toda a superfície e ser aplicada em pelo menos duas camadas distintas
- deve ser colocado entre as camadas um geotêxtil adequado, como armadura
- o fabricante deve dispor de uma Aprovação Técnica Europeia segundo o ETAG 005 «Kits de impermeabilização de coberturas aplicados em forma líquida»

Asfalto fundido

- o suporte de betão tem de receber um primário antes da instalação
- como subcamada, uma membrana APP – SBS resistente às raízes, soldada a maçarico
- a camada de asfalto, com uma espessura mínima de 25 mm, deve ser instalada sobre a subcamada
- independente e lastrado

Betão impermeável

- os requisitos do betão impermeável estão especificados na hEN 206-1 «Betão – Especificação, desempenho, produção e conformidade» e na BS 8500 «Betão – Norma britânica complementar da hEN 206-1, partes 1 e 2»
- a abertura de fendas, em qualquer direção, deve ser limitada a ≤ 0,2 mm

Recomendação

Recomenda-se que a membrana de impermeabilização seja totalmente aderida à laje estrutural. Em muitas instalações, as fugas resultam de pormenores mal executados, de uma escolha inadequada de materiais ou de falhas e danos ocorridos durante a instalação. Quando um sistema de impermeabilização independente é danificado, o ponto de fuga é difícil de localizar, porque a água pode circular livremente sobre a laje estrutural. Os sistemas de impermeabilização totalmente aderidos dão muito mais segurança se forem instalados sobre uma laje estrutural contínua. Assim, nas coberturas isoladas, a escolha limita-se a uma cobertura tradicional com vidro celular ou PUR e a uma cobertura invertida com isolamento XPS.

Se for escolhida uma cobertura tradicional em que a membrana de impermeabilização não fica totalmente aderida à laje estrutural, recomenda-se criar compartimentos separados na barreira pára-vapor. Esta compartimentação facilita a deteção e a localização de eventuais fugas, em caso de dano na membrana de impermeabilização.

1.6 Pormenores

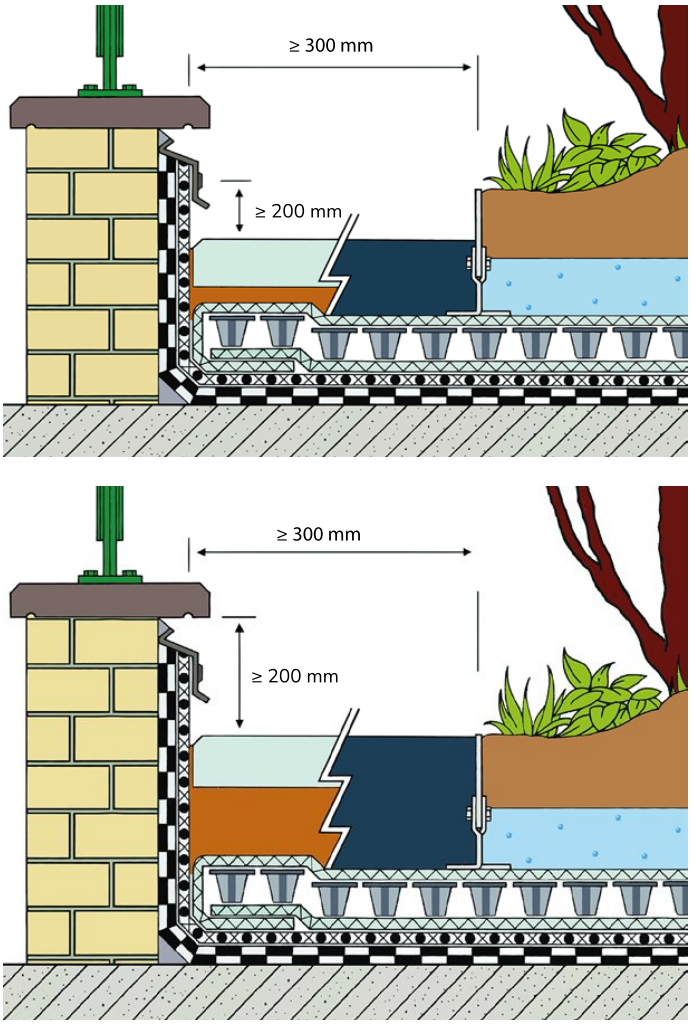
Em princípio, aplicam-se às coberturas verdes as mesmas regras de pormenorização da impermeabilização que às coberturas planas. Nos remates verticais, como platibandas, encontros com paredes e atravessamentos, a membrana de impermeabilização deve subir pelo menos 200 mm acima do nível da superfície acabada.

Bordo da cobertura. Nos pormenores de bordo da cobertura, deve ser instalada uma faixa sem vegetação em seixo lavado (no mínimo 16/32 mm) ou em lajetas de betão, para manutenção e inspeção. A largura mínima recomendada é de 300 mm. Para evitar que o substrato seja arrastado para a faixa sem vegetação, deve ser instalado um perfil de contenção ND GARDLINER®.

Se a membrana de impermeabilização se prolongar para além do bordo da cobertura até ao terreno, recomenda-se que ultrapasse o bordo em pelo menos 500 mm e que cubra uma junta em pelo menos 200 mm.

Produtos ND

- ND GARDLINER® FSD Fixing Anchor Roof (âncora de fixação para cobertura)
- Perfil de contenção ND GARDLINER® 100/4V
- Perfil de contenção ND GARDLINER® 150/4V
- Perfil de contenção ND GARDLINER® 200/4V



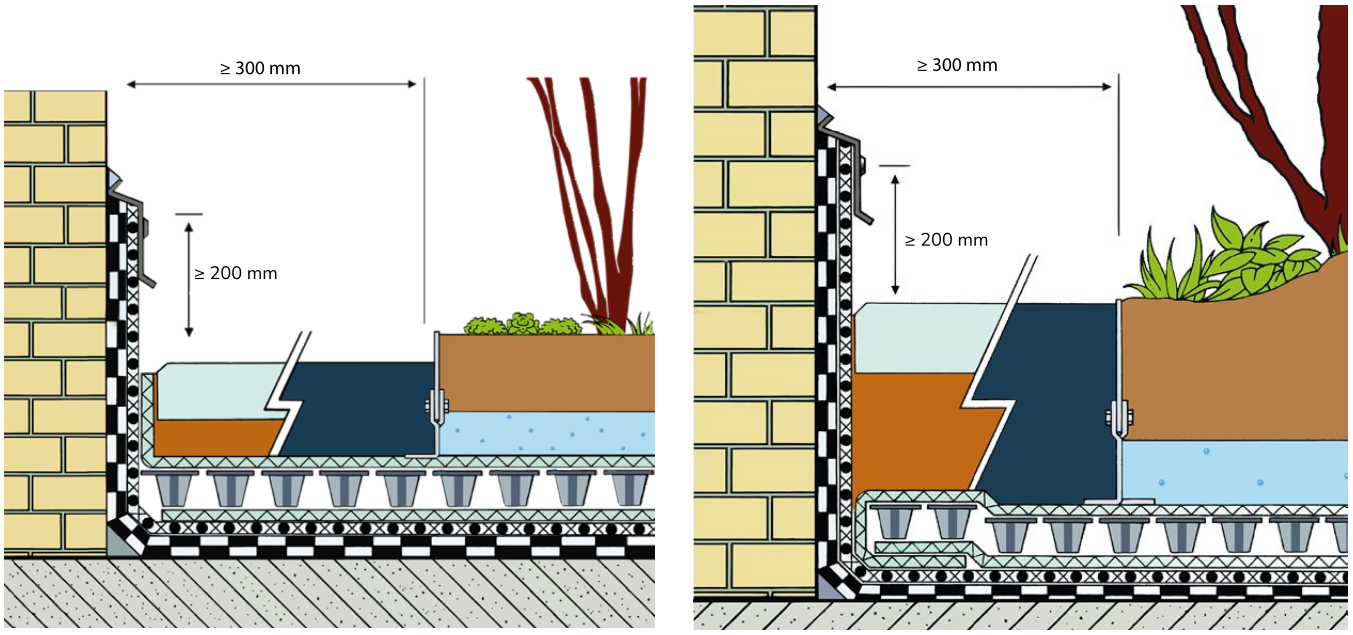
Pormenor 1. Platibanda.

Fachada. Junto às fachadas, a membrana de impermeabilização deve subir pelo menos 200 mm acima do nível de utilização, acima do bordo mais alto da cobertura. Nas soleiras de portas isto nem sempre é possível; por isso, nas soleiras onde é instalado um canal de drenagem, a membrana de impermeabilização pode subir 50 mm acima do nível da superfície acabada.

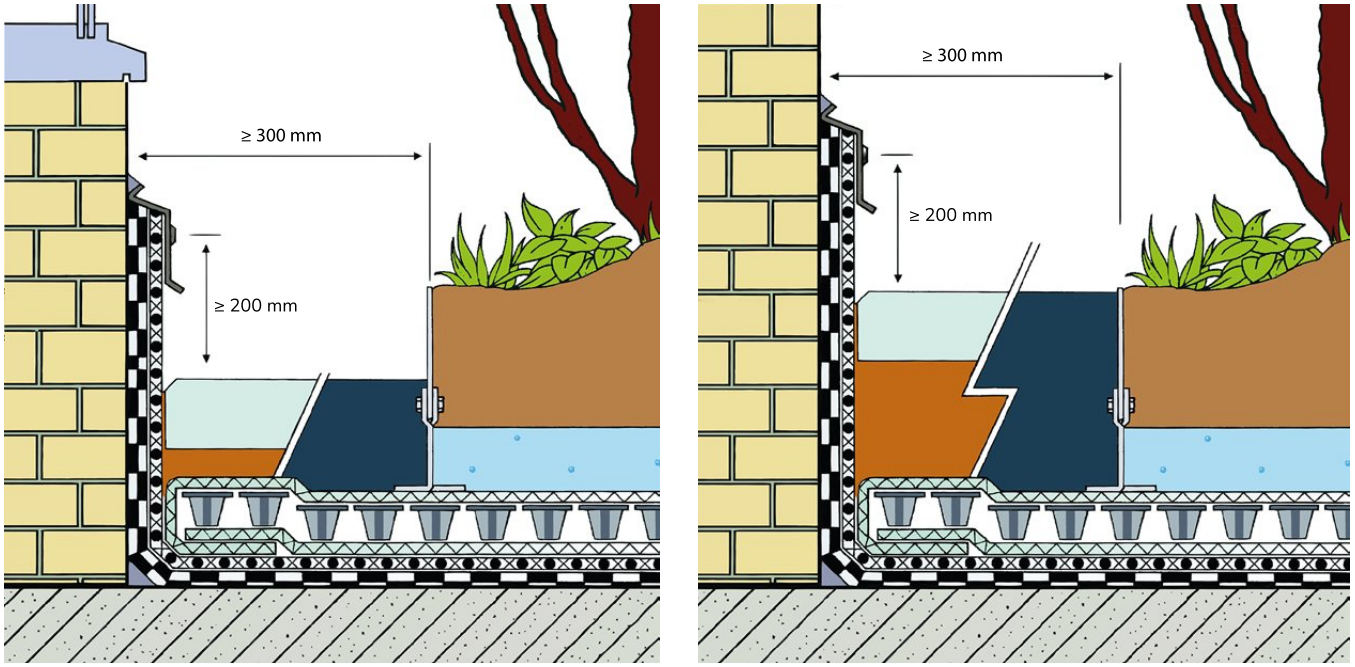
Ao longo das fachadas, deve ser instalada uma faixa sem vegetação em seixo lavado (no mínimo 16/32 mm) ou em lajetas de betão, para manutenção e inspeção e como proteção contra salpicos. A faixa sem vegetação entre a fachada e a zona com vegetação ajuda a evitar que a água que escorre da fachada prejudique o desenvolvimento da vegetação. Para evitar que o substrato seja arrastado para a faixa sem vegetação, deve ser instalado um perfil de contenção ND GARDLINER®. A largura mínima recomendada desta faixa é de 300 mm.

Produtos ND

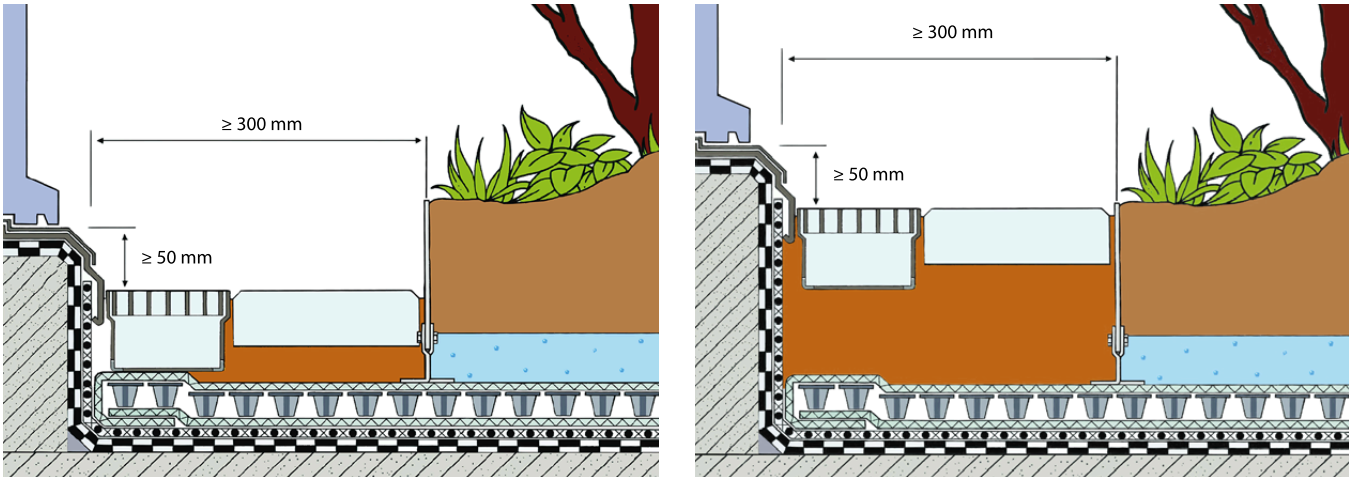
- ND GARDLINER® FSD Fixing Anchor Roof (âncora de fixação para cobertura)
- Perfil de contenção ND GARDLINER® 100/4V
- Perfil de contenção ND GARDLINER® 150/4V
- Perfil de contenção ND GARDLINER® 200/4V



Pormenor 2. Fachada.



Pormenor 3. Fachada com abertura.



Pormenor 4. Soleira de porta.

Atravessamentos, com ou sem remate vertical. O remate vertical de, por exemplo, claraboias, condutas de ventilação e outros atravessamentos tem de ficar pelo menos 50 mm acima do bordo da cobertura ou do descarregador de emergência. A membrana de impermeabilização tem de subir pelo menos 200 mm acima do nível de utilização.

Em torno dos atravessamentos, com ou sem remate vertical, deve ser instalada uma faixa sem vegetação em seixo lavado ou em lajetas de betão, para manutenção e inspeção. Para evitar que o substrato seja arrastado para a faixa sem vegetação, deve ser instalado um perfil de contenção ND GARDLINER®. A largura mínima recomendada desta faixa é de 300 mm.

Produtos ND

- ND GARDLINER® Fixing Anchor (âncora de fixação)
- Perfil de contenção ND GARDLINER® 100/4V
- Perfil de contenção ND GARDLINER® 150/4V
- Perfil de contenção ND GARDLINER® 200/4V

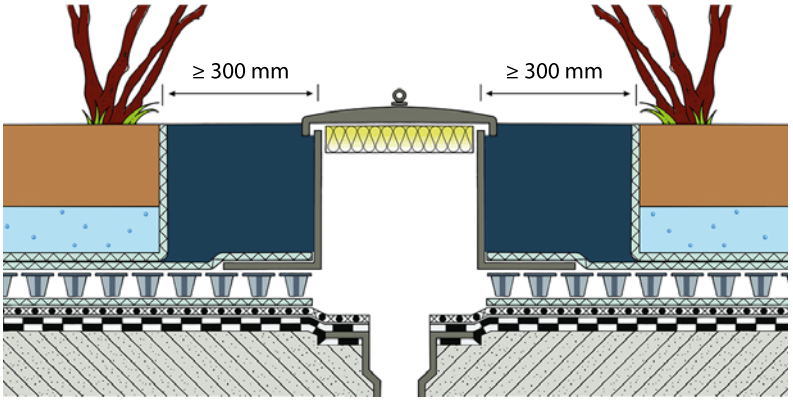
Ralo de cobertura. Quando um ralo de cobertura fica dentro de uma zona com vegetação, coloca-se sobre ele uma câmara de inspeção com tampa, que o protege do crescimento das plantas e de impurezas. A câmara de inspeção não deve afetar nem reduzir a eficácia da drenagem e tem de estar sempre acessível.

Em torno da câmara de inspeção, deve ser colocada uma faixa sem vegetação em seixo lavado (no mínimo 16/32 mm). A largura recomendada desta faixa é de pelo menos 300 mm. Para evitar que o substrato seja arrastado para a faixa sem vegetação, deve ser instalado um perfil de contenção ND GARDLINER®.

Os ralos de cobertura situados fora da zona com vegetação ficam normalmente numa zona de seixo, cobertos por uma grelha de proteção. Quando o ralo fica numa zona pavimentada, deve ser colocada sobre ele uma câmara de inspeção com uma grelha adequada.

Produtos ND

- Câmara de inspeção ND RS-8
- Câmara de inspeção ND RS-30
- Câmara de inspeção ND RS-50



Pormenor 5. Ralo de cobertura.

Quadro 5. Largura das faixas sem vegetação

Pormenor	Faixa sem vegetação, por exemplo seixo (no mínimo 16/32) ou lajetas de betão	Largura recomendada
Ralo de cobertura	Sim	≥ 300 mm em todo o contorno
Fachada	Sim	≥ 300 mm
Bordo da cobertura	Sim	≥ 300 mm
Atravessamento	Sim	≥ 300 mm

1.7 Pendentes e inclinação da cobertura

Numa cobertura verde intensiva, as pendentes devem garantir que a água não fica estagnada sobre a construção da cobertura. A construção deve impedir, em qualquer momento, que a água acumulada ou estagnada entre em contacto direto com a camada de substrato.

Para isso, as coberturas planas devem ser executadas com uma pendente mínima de 1:80 (cerca de 1,3 %). Isto significa que a pendente de projeto deve ser superior, para ter em conta deformações e imprecisões de execução. Alguns projetistas adotam uma pendente de 1:80 (cerca de 1,3 %) e somam um acréscimo arbitrário para imprecisões de execução de 25 mm nas lajes de betão e de 15 mm nas coberturas metálicas.

Note-se que pode haver água estagnada sobre o revestimento da cobertura mesmo quando esta foi projetada com pendentes suficientes. Isto pode dever-se às sobreposições da membrana de impermeabilização, a imprecisões inesperadas de execução ou à deformação da estrutura da cobertura. Quando o substrato fica em contacto direto com água estagnada, satura por ação capilar. Nessas circunstâncias, não é possível garantir um ambiente de crescimento saudável para as plantas.

Com os sistemas de drenagem ND 5+1, com uma altura de construção de 27 mm, evita-se o contacto direto entre a água estagnada e o substrato. As coberturas com pendente de 1:20 ou superior (≥ 5 %) devem ter maior capacidade de retenção de água, porque estas pendentes relativamente acentuadas podem provocar uma remoção acelerada e/ou excessiva da água do substrato. Consegue-se isto aumentando a espessura da camada de substrato.

Produtos ND

- Sistema de drenagem ND 4+1h
- Sistema de drenagem ND 200
- Sistema de drenagem ND 220
- Sistema de drenagem ND 5+1
- Sistema de drenagem ND 800

1.8 Gestão das águas pluviais

Drenagem da cobertura. A hEN 12056-3 «Sistemas de drenagem por gravidade no interior de edifícios – Drenagem de coberturas: traçado e cálculo» prevê um coeficiente de escoamento para revestimentos de cobertura absorventes, quando os regulamentos e a prática nacionais e locais o permitem. No entanto, no Reino Unido não existe atualmente orientação nesse sentido, pelo que o projetista tem de adotar métodos alternativos se quiser ter em conta a redução do escoamento proporcionada por uma cobertura verde.

Nas coberturas com pendente de 1:40 (2,5 %) ou inferior (coberturas nominalmente planas), o projetista deve utilizar, para efeitos de dimensionamento, um evento de precipitação da categoria 1 da hEN 12056-3. Este evento ocorre em média uma vez por ano no Reino Unido e gera intensidades de precipitação que variam entre 0,01 l/(s·m²) e 0,022 l/(s·m²), consoante a localização geográfica. Trata-se de chuva de trovoada de curtíssima duração, que ocorre em média durante 2 minutos, normalmente no verão, quando seria de esperar que a composição da cobertura verde estivesse no seu estado mais seco.

Com este método, admite-se que qualquer chuvada mais intensa seria absorvida pela composição da cobertura verde ou ficaria retida sobre os pavimentos entre as zonas verdes. A laje da cobertura deve, contudo, ter resistência suficiente para as cargas de pequenas acumulações de água, uma vez que deve ter sido dimensionada para as cargas da cobertura verde.

Nas coberturas com pendente superior a 1:40 (2,5 %), deve ser utilizado um evento de precipitação da categoria 2 ou 3 da hEN 12056-3, porque existe o risco de uma acumulação de água estruturalmente significativa caso a cobertura verde não consiga absorver toda a água pluvial.

Os eventos das categorias 2 e 3 baseiam-se na vida útil do edifício multiplicada por um coeficiente de segurança de 1,5 ou 4,5 e resultam em intensidades de precipitação muito mais elevadas (0,029 l/(s·m²) a 0,088 l/(s·m²)).

Para mais orientações sobre a intensidade de precipitação no Reino Unido, consultar o Anexo Nacional NB da BS EN 12056-3.

Coeficientes de escoamento. Para coberturas verdes intensivas, podem utilizar-se os seguintes coeficientes de escoamento (C). Os valores dependem da espessura do substrato e da inclinação da cobertura:

Quadro 6. Coeficiente de escoamento

Espessura da camada de substrato mm	Inclinação ≤ 5° (cerca de 8,8 %)	Inclinação > 5° (cerca de 8,8 %)
150 – 250	C = 0,3	—
250 – 500	C = 0,2	—
> 500	C = 0,1	—

Quadro 7. Valores de referência para os eventos de precipitação das categorias 1, 2 e 3

Região	Intensidade de precipitação l/(s·m²), categoria 1	Intensidade de precipitação l/(s·m²), categoria 2	Intensidade de precipitação l/(s·m²), categoria 3
Inglaterra	0,022	0,066	0,088
Escócia, País de Gales e Irlanda do Norte	0,016	0,053	0,065
Norte da Escócia, Shetland e Órcades	0,010	0,029	0,034

Capacidade anual de retenção de águas pluviais. A percentagem média anual de águas pluviais efetivamente retidas por uma cobertura verde calcula-se como a diferença entre a quantidade de precipitação e a quantidade de água descarregada. O inverso é o coeficiente de escoamento anual, C_a. A retenção anual de águas pluviais depende mais da espessura da camada de substrato do que do tipo de composição e da constituição das camadas.

Percentagem média anual de retenção de águas pluviais e coeficiente de escoamento de um sistema de cobertura verde para várias alturas de construção, admitindo uma precipitação anual de 650 – 800 mm:

Quadro 8. Capacidade média anual de retenção de águas pluviais

Altura de construção mm	Tipo de vegetação	Retenção média anual de águas pluviais %	Coeficiente de escoamento anual C_a
150 – 250	Relvado, arbustos, arbustos de pequeno porte	60	0,40
250 – 500	Relvado, arbustos	70	0,30
> 500	Relvado, arbustos, árvores	> 90	≤ 0,10

Com uma precipitação anual superior (> 800 mm) ou inferior (< 650 mm), a retenção média anual de águas pluviais será, respetivamente, inferior ou superior à indicada no quadro 8.

1.9 Proteção contra quedas

Nas coberturas planas, todas as medidas de segurança necessárias à utilização da cobertura pelo público e à execução de trabalhos de inspeção e manutenção devem ser consideradas na fase de planeamento. A previsão de medidas de segurança adequadas na fase de projeto evita custos potencialmente mais elevados caso essas medidas de proteção contra quedas tenham de ser instaladas mais tarde.

Devem ser instaladas medidas de proteção coletiva, por exemplo guarda-corpos, rodapés, barreiras, etc. O equipamento de proteção individual contra quedas não é adequado a uma cobertura verde intensiva, porque este tipo de cobertura verde se destina a ser acessível ao público.

1.10 Prevenção de incêndios

As coberturas verdes intensivas com manutenção adequada são classificadas como «coberturas duras» (hard roofs) e, como tal, consideradas resistentes a faúlhas e ao calor radiante.

1.11 Cargas de vento

As membranas de impermeabilização e as camadas da cobertura verde têm de ser dimensionadas tendo em conta as cargas de vento. Cabe ao engenheiro determinar as cargas permanentes adequadas e a sua posição. Note-se que o potencial de sucção pelo vento é maior no perímetro da cobertura, pelo que podem ser necessárias medidas de proteção, como faixas de seixo ou lajetas de betão.

Quando as membranas de impermeabilização são colocadas independentes, sem fixação permanente à estrutura, as camadas da cobertura verde podem funcionar como lastro. O fator determinante será o peso seco destas camadas.

Deve ainda ter-se em conta:

- a altura, a espessura e a densidade variáveis da vegetação
- a carga da humidade residual na estrutura das camadas
- a carga da vegetação
- o peso da vegetação
- a natureza aberta e arejada da plantação, que reduz a sucção do vento sobre a camada de vegetação

Estes critérios devem ser incluídos no cálculo das cargas de vento de projeto.

1.12 Proteção contra emissões

As plantas podem sofrer desidratação e danos de geada por exposição a calor excessivo, ar frio e/ou correntes de ar provocadas por sistemas de ventilação e de climatização. Além disso, os gases de chaminés e de sistemas de exaustão podem causar danos diretos na vegetação. Deve ser respeitada uma faixa sem vegetação, com área e largura dependentes do efeito da emissão.

1.13 Elementos de desenho

Alguns elementos de desenho que podem fazer parte de coberturas verdes intensivas:

- vedações
- pérgulas e caramanchões
- candeeiros e iluminação
- lagos, regos, fontes e outros elementos de água
- bancos, assentos, mesas, etc.

A instalação e a construção destes elementos exigem muitas vezes soluções de pormenor específicas de cada obra, definidas em função da sua construção, das cargas estáticas e dinâmicas que podem impor e das suas propriedades físicas.

A estabilidade estrutural, a distribuição do peso e a ancoragem têm de estar sempre asseguradas. Devem ser sempre evitados esforços sobre as camadas de proteção e de drenagem. Durante o projeto, devem ser consideradas as cargas de superfície e os pontos de tensão, bem como os esforços do vento.



Jardim de cobertura com toldo, mobiliário e plantação intensiva. Ebben Inspyrium, Cuijk, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.

1.14 Proteção contra depósitos de calcário

Os carbonatos libertados por camadas de proteção (como betonilhas de cimento ou de betão, bordaduras de canteiros, tampas ou elementos de desenho) podem danificar o sistema de drenagem da cobertura.

> **Nota**
> Estas camadas devem ser compactas ou tratadas de forma a minimizar a libertação de carbonatos. Em alternativa, podem escolher-se outros materiais, como metal ou plástico, por exemplo os perfis de contenção ND GARDLINER® em plástico ou em metal.

1.15 Manutenção

Recomenda-se a celebração de um contrato de manutenção entre o dono de obra e o empreiteiro, com um plano de cuidados a longo prazo.

O plano de cuidados deve, naturalmente, abranger a manutenção essencial das plantas, mas é indispensável considerar também os seguintes pontos:

- funcionamento do sistema de drenagem e das câmaras de inspeção do sistema de drenagem e de rega
- inspeção de impurezas, depósitos e crescimento de raízes nas câmaras de inspeção; estabilidade das bordaduras de canteiros, das fixações de superfície e de outros componentes, para garantir que se mantêm em bom estado e preservam a integridade da cobertura verde
- inspeção do sistema de impermeabilização quanto a danos

2 Composição de uma cobertura verde intensiva

2.1 Composição

A composição de uma cobertura verde intensiva compreende as seguintes camadas, tratadas nas secções seguintes:

- camada antirraiz
- camada de separação e de deslizamento
- camada de proteção
- camada drenante
- camada filtrante
- camada de reserva de água
- camada de substrato
- camada de vegetação

As várias camadas têm de ser compatibilizadas de modo a garantir o funcionamento da composição completa. Cada camada tem uma função específica na composição do sistema de cobertura verde. Um produto pode integrar as funções de várias camadas, ou uma camada pode ser constituída por mais do que um produto: por exemplo, os sistemas de drenagem ND integram a camada drenante e a camada filtrante e, em certas composições, também a camada de separação e a de proteção.

Composição de várias camadas. Um sistema de cobertura verde intensiva é uma construção de várias camadas, cada uma com a sua função. Na construção, o substrato é separado da camada drenante por um geotêxtil filtrante, que impede que as partículas mais finas do substrato entrem na camada drenante. Esta filtração garante que a drenagem horizontal e vertical se mantém sempre plenamente funcional.

Como a camada de substrato não funciona como componente de drenagem horizontal, pode ser misturada com material de base orgânica para melhorar a retenção de humidade e o fornecimento de nutrientes, aumentando o efeito tampão e, ao mesmo tempo, melhorando o crescimento das plantas.

Vantagens de um sistema de várias camadas:

- a maior retenção de humidade do substrato favorece plantas saudáveis a longo prazo
- excelente drenagem horizontal e vertical a longo prazo, que evita cargas permanentes adicionais sobre a estrutura da cobertura por acumulação de água da chuva
- bom efeito tampão no substrato, graças à presença de partículas finas e de matéria orgânica
- adequado a coberturas planas e inclinadas

2.2 Camada de barreira antirraiz

A camada antirraiz impede a penetração das raízes na camada de impermeabilização. Pode estar integrada numa membrana de impermeabilização resistente às raízes, por exemplo membranas de PVC, de EPDM ou betuminosas com cobre, ensaiadas segundo um ensaio de resistência às raízes.

Se a membrana de impermeabilização não for resistente às raízes, deve ser colocada uma barreira antirraiz separada diretamente sobre ela. As sobreposições têm de ser soldadas termicamente ao longo das juntas. Não é necessária uma barreira antirraiz separada sobre a membrana de impermeabilização quando esta é resistente às raízes.

> **Nota**
> Na instalação de uma barreira antirraiz separada, aplicam-se as mesmas regras de pormenorização que na instalação de uma membrana de impermeabilização. Nas coberturas invertidas sem membrana de impermeabilização resistente às raízes, a barreira antirraiz fica diretamente sob o isolamento térmico, sobre a membrana de impermeabilização.

Produtos ND

- Barreira antirraiz ND WSB-80

2.3 Camada de separação e de deslizamento

A camada de separação separa materiais quimicamente incompatíveis (por exemplo policloreto de vinilo (PVC) e poliestireno (PS)). A camada de separação pode também fazer parte da camada de deslizamento. Os sistemas de drenagem ND estão disponíveis com película de deslizamento de repartição de cargas ou com geotêxtil de separação, conforme a aplicação.

As camadas instaladas por cima não devem transmitir esforços ao sistema de impermeabilização. Se esses esforços ocorrerem em resultado da utilização prevista, tem de ser instalada uma camada de deslizamento. Uma camada de deslizamento é constituída por duas superfícies lisas instaladas sobre o sistema de impermeabilização.

Nos sistemas Nophadrain de coberturas verdes, a camada de deslizamento é formada pela folha de deslizamento e proteção ND TSF-100 ou pela película de separação e deslizamento ND TGF-20, em conjunto com os sistemas de drenagem ND.

Produtos ND

- Sistemas de drenagem ND
- Folha de deslizamento e proteção ND TSF-100
- Película de separação e deslizamento ND TGF-20

2.4 Camada de proteção

A camada de proteção protege a membrana de impermeabilização contra ações mecânicas e dinâmicas. Quando é utilizada uma camada de proteção separada, esta deve ser uma membrana de proteção, uma manta de borracha com 4 ou 6 mm de espessura, ou um geotêxtil com massa mínima de 300 g/m², espessura mínima de 2 mm e resistência ao punçoamento de 1,5 kN. A camada de proteção deve ser dimensionada para as condições a que a membrana de impermeabilização vai estar sujeita. Pode também desempenhar a função de camada de separação e fazer parte da camada de deslizamento.

Se os sistemas de drenagem ND forem colocados imediatamente após a instalação da membrana de impermeabilização, podem funcionar como camada de separação e de proteção para cargas estáticas ligeiras, como as de uma cobertura verde intensiva. Para cargas mais elevadas, são necessários geotêxteis pesados, folhas plásticas, camadas de betão e soluções semelhantes, para proteger a membrana de impermeabilização dos danos causados pelas cargas estáticas e dinâmicas durante a instalação e a utilização.

Recomendação

Nas coberturas da classe de carga 1 (coberturas transitáveis pedonais) e das classes de carga 2 e 3 (coberturas transitáveis por veículos), onde é instalada uma camada de regularização ou uma camada de base, ou quando são utilizadas pás carregadoras na colocação do substrato de uma cobertura verde, recomenda-se instalar a folha de deslizamento e proteção ND TSF-100 sobre o sistema de impermeabilização. A folha ND TSF-100 deve ser instalada de modo a que nenhum material granular possa passar por baixo dela e danificar a membrana de impermeabilização.

Produtos ND

- Sistemas de drenagem ND
- Folha de deslizamento e proteção ND TSF-100

2.5 Camada drenante

A camada drenante alivia a membrana de impermeabilização da pressão hidrostática. Além disso, conduz para fora o excesso de água da camada de substrato, evitando a eventual acumulação de água no substrato, que pode danificar a vegetação. A camada drenante tem de ter boa permeabilidade vertical, aliada à capacidade de transportar horizontalmente o excesso de água para fora da cobertura. Tem de manter a plena funcionalidade durante 50 anos, de acordo com a DIN 4095 «Drenagem para proteção de estruturas enterradas – projeto, dimensionamento e instalação». A capacidade de drenagem deve ser especificada em l/(s·m), tendo em conta a inclinação da cobertura e a pressão de carga prevista. Qualquer sistema de drenagem, incluindo placas plásticas alveolares em forma de caixa de ovos (geoespaçadores), que faça parte de um sistema de drenagem tem de ter marcação CE segundo a hEN 13252.

2.6 Camada filtrante

É indispensável que a camada drenante fique permanentemente protegida contra a colmatação pelas partículas finas presentes no substrato. Consegue-se isto com um geotêxtil filtrante tecido ou não tecido que retém essas partículas finas. A massa deste geotêxtil é normalmente de 100 – 200 g/m², consoante a carga, e a dimensão dos poros deve corresponder à dimensão mínima das partículas do substrato. Em geral, o geotêxtil deve ter uma abertura de filtração O_{90} de 0,06 mm a < 0,2 mm. A camada filtrante deve permitir que as raízes cresçam através dela até à camada drenante.

> **Nota**
> Os geotêxteis filtrantes tecidos e não tecidos têm de se sobrepor pelo menos 100 mm. Quando a camada filtrante (geotêxtil), como parte de um sistema de drenagem, é colocada sobre uma placa plástica alveolar em forma de caixa de ovos (geoespaçador) ou sobre um material granular, tanto o geotêxtil como o geoespaçador têm de ter marcação CE (hEN 13252).

2.7 Sistemas de drenagem ND

Os sistemas de drenagem ND reúnem numa única unidade integrada a camada filtrante, a camada drenante, a camada de proteção (cargas estáticas ligeiras) e a camada de separação e de deslizamento. A altura de construção dos sistemas de drenagem ND é de 13 mm / 17 mm / 27 mm. A cada alvéolo está colado um geotêxtil filtrante (tecido ou não tecido). Consoante a aplicação, o núcleo pode ser perfurado e ter no verso uma película plástica ou um geotêxtil. Os alvéolos dos sistemas de drenagem ND 4+1h / ND 5+1 funcionam como reserva de água adicional para a vegetação.

Sistemas de drenagem ND em coberturas invertidas. Os sistemas de drenagem ND 4+1h / ND 5+1 / ND 600sv têm um núcleo perfurado. Estes sistemas de drenagem evitam a formação de uma barreira pára-vapor sobre o isolamento térmico XPS. A face superior das placas de isolamento XPS pode secar e, assim, a condensação interna é minimizada. O valor de isolamento não é afetado ao longo do tempo.

Quadro 9. Aplicações dos sistemas de drenagem ND

Tipo de sistema de drenagem ND	ND 4+1h	ND 5+1	ND 200	ND 800
Cobertura verde intensiva – pendente ≥ 1:80	■	■	■	■
Cobertura verde intensiva – pendente ≥ 1:80 (cobertura invertida)	■	■	–	–
Cobertura verde intensiva – pendente < 1:80	–	■	–	■
Cobertura verde intensiva – pendente < 1:80 (cobertura invertida – exceção)	–	■	–	–

Dimensionamento dos sistemas de drenagem ND. A quantidade de água que a camada drenante tem de escoar (q') pode ser calculada em l/(s·m) com a seguinte equação:

$q' = (A \times C_s \times r) / L_r$, em l/(s·m)

- q' = quantidade de água a escoar pela camada drenante, em l/(s·m)
- A = área efetiva da cobertura, em m² ($L_r \times B_r$)
- C_s = coeficiente de escoamento (ver quadro 6)
- r = intensidade de precipitação, em l/(s·m²)
- L_r = comprimento da cobertura a drenar, em m

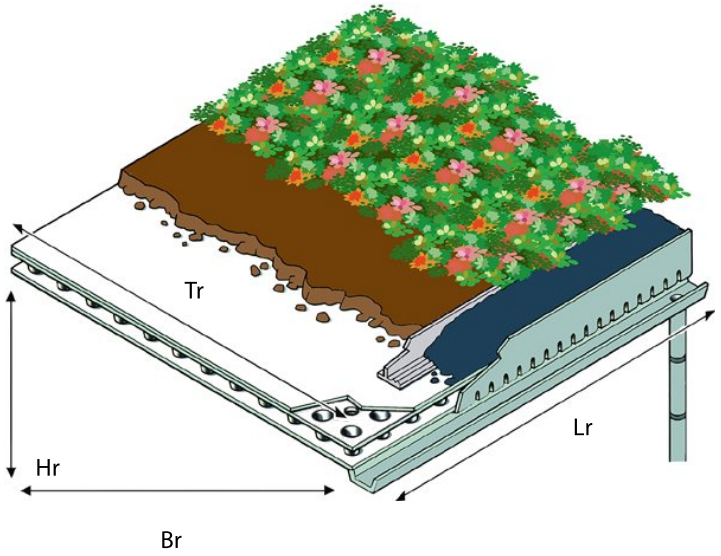


Figura 1. Dimensões da cobertura. L_r = comprimento da cobertura a drenar; B_r = largura em planta da cobertura, do algeroz à cumeeira; H_r = altura da cobertura, do algeroz à cumeeira; T_r = distância do algeroz à cumeeira, medida ao longo da cobertura.

2.8 Camada de reserva de água

A plantação de uma cobertura verde intensiva tem em geral uma grande área foliar, o que resulta em elevada transpiração e, por isso, em grande necessidade de água. Uma rega feita apenas quando se nota a necessidade dificilmente dá bons resultados, porque, quando a falta de água é reconhecida (isto é, quando as plantas murcham), o dano já ocorreu. A água retida pela fração mineral e orgânica do substrato só é parcialmente acessível às plantas. Para satisfazer as necessidades de água das plantas, é preciso aumentar a espessura da camada de substrato, o que aumenta a carga sobre a laje estrutural.

Uma estratégia alternativa consiste em fornecer água ao substrato por difusão de humidade, através da evaporação de água armazenada sobre a laje estrutural ou da evaporação de água armazenada em sistemas de drenagem plásticos (por exemplo, nas placas alveolares em forma de caixa de ovos). A desvantagem da difusão de humidade é que a água armazenada não está em contacto direto com o substrato e, por isso, não fica disponível para a plantação, quando necessária, por ação capilar.

Com a instalação das placas de reserva de água ND WSM-50, podem reter-se naturalmente até 40 litros de água por metro quadrado, de forma semelhante à retenção de água pelas argilas ou pelo subsolo. A água é transportada pelo contacto direto das placas de reserva de água com o substrato. O substrato não fica sobressaturado, porque a água retida se limita aos 40 mm inferiores das placas de 50 mm de espessura e só é transportada para a zona superior por ação capilar, quando necessário.

Através do contacto direto das placas de reserva de água com o substrato, a vegetação pode regular o seu próprio balanço hídrico, como acontece na natureza. Quando as placas ficam saturadas, o excesso de água é descarregado para a camada drenante. Com as placas de reserva de água ND WSM-50 não se cria pressão hidrostática sobre a membrana de impermeabilização.

As placas de reserva de água ND WSM-50 são fabricadas em lã mineral hidrófila. A estabilidade a longo prazo resulta da elevada massa volúmica (120 kg/m³). As placas têm uma capacidade de retenção de 40 litros de água por metro quadrado, com uma altura de construção de apenas 50 mm. Devido à reduzida compressibilidade, as placas estão aprovadas como substituto do substrato pelas diretrizes FLL para coberturas verdes (2018).

Produtos ND

- Placas de reserva de água ND WSM-50

2.9 Camada de substrato

A composição do substrato é importante para a saúde e o crescimento das plantas. O substrato tem de ser capaz de reter água, pôr à disposição das plantas quantidades suficientes de água e permitir que o excesso seja descarregado para a camada drenante.

Substrato. O substrato, constituído por material granular, tem uma proporção muito baixa de matéria orgânica (≤ 90 g/l). As diretrizes FLL para coberturas verdes (2018) definem os requisitos exatos deste substrato. O teor orgânico melhora a retenção de humidade e o fornecimento de nutrientes, aumentando o efeito tampão e, ao mesmo tempo, melhorando o crescimento das plantas. O elevado teor mineral impede a colmatação da drenagem e da camada filtrante por partículas finas.

A espessura do substrato varia entre 150 mm e 2 000 mm, consoante o tipo de vegetação escolhido. A partir de uma espessura de cerca de 350 mm, é necessário reduzir o teor de matéria orgânica. Para espessuras superiores a 500 mm, deve ser instalado sob a camada de substrato intensivo um substrato puro, de base mineral. Como o substrato tem pouca capacidade de retenção de água, devido ao elevado teor mineral, devem ser instaladas placas de reserva de água ND WSM-50.

Terra vegetal. Embora a terra vegetal seja um meio de crescimento muito melhor para plantações intensivas do que um substrato fabricado, raramente é utilizada, porque o elevado teor orgânico reduz a estabilidade de filtração. Com o tempo, as pequenas partículas orgânicas colmatam a camada drenante e a camada filtrante. A investigação da Nophadrain mostra que é possível utilizar terra vegetal em combinação com as placas de reserva de água ND WSM-50. No entanto, é importante realizar uma análise do solo para determinar a adequação da terra vegetal disponível. Com base em investigação, análises de solos e ensaios extensos, a Nophadrain pode indicar se é possível utilizar uma determinada terra vegetal com os sistemas Nophadrain de coberturas verdes intensivas.

As placas de reserva de água ND WSM-50 não só funcionam como reserva de água de 40 l/m², mas também como filtro adicional, que impede a colmatação da camada drenante e da camada filtrante.

A utilização de terra vegetal permite uma poupança considerável face a um substrato dispendioso, que muitas vezes tem de ser trazido de longe. Além disso, o solo escavado na própria obra pode ser reutilizado como camada de substrato de uma cobertura verde intensiva.

Vidro celular em granulado. O vidro celular em granulado permite criar taludes e declives estruturalmente estáveis numa cobertura, com um peso próprio mínimo. A massa volúmica deste material é de apenas 150 / 350 kg/m³ (consoante a granulometria e o método de compactação). A utilização de vidro celular em granulado dá aos arquitetos paisagistas a máxima flexibilidade no desenho.

Produtos ND

- Substrato intensivo ND DGS-I
- Substrato mineral ND DGS-M
- Placas de reserva de água ND WSM-50

Quadro 10. Espessura da camada de substrato, determinada pelas necessidades da vegetação em água, nutrientes e espaço para as raízes

Tipo de vegetação	Espessura da camada de substrato mm
Relvado	150 – 350
Arbustos de pequeno porte	150 – 500
Arbustos de médio porte até 1,5 m	200 – 500
Arbustos de grande porte até 3 m	350 – 700
Grandes arbustos e árvores de pequeno porte até 6 m	600 – 1 250
Árvores de médio e grande porte até 10 m	1 000 – 2 000
Árvores de grande porte até 15 m	1 500 – 2 000

Fornecimento do substrato intensivo ND DGS-I e do substrato mineral ND DGS-M:

- big bags de 1 000 litros
- a granel: entregue em camião basculante e distribuído por grua ou por tapete transportador
- a granel: entregue em camião-silo e distribuído por insuflação pneumática

A forma de fornecimento mais adequada é determinada pela dimensão e pela localização da obra. Podem ocorrer perdas de cerca de 20 % (ND DGS-I) / 15 % (ND DGS-M) por assentamento.



Colocação do substrato por insuflação pneumática. Centro comercial 't Loon, Heerlen, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.

2.10 Camada de vegetação

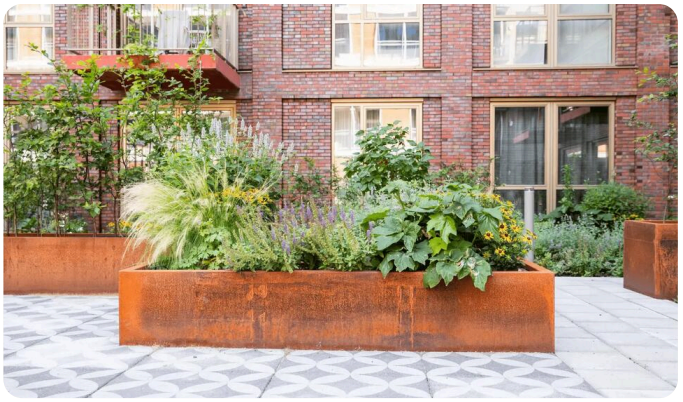
Uma cobertura verde intensiva pode incluir uma ou mais das seguintes comunidades de vegetação:

- relvado
- arbustos de pequeno porte
- arbustos de médio porte até 1,5 m
- arbustos de grande porte até 3 m
- grandes arbustos e árvores de pequeno porte até 6 m
- árvores de médio e grande porte até 10 m
- árvores de grande porte até 15 m
- plantas bolbosas

A estrutura e as características da cobertura têm um papel decisivo na escolha das plantas mais adequadas. A boa execução de uma cobertura verde intensiva exige um planeamento cuidadoso, que considere a capacidade estrutural, as condições climáticas e as necessidades da vegetação. Para mais informações sobre a escolha das plantas, pode ser contactada a archiroof (info@archihub.pt).



Parque público sobre cobertura, com relvado, arbustos e árvores. Vierhavenstrip, Roterdão, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.



Canteiros elevados com arbustos e gramíneas. Groot Hartje, Eindhoven, Países Baixos. Imagem: Du Pré Groenprojecten / Nophadrain.

3 Coberturas verdes intensivas combinadas com pavimentos e elementos construídos

As coberturas verdes intensivas combinam-se facilmente com pavimentos e elementos construídos para tráfego pedonal e de veículos. O sistema de drenagem ND mais adequado é determinado pelos pesos e cargas impostos. A folha de deslizamento e proteção ND TSF-100 protege a membrana de impermeabilização contra as cargas impostas.

Os pavimentos flexíveis são colocados sobre uma camada de assentamento, diretamente sobre o sistema de drenagem ND. Deve ser instalada uma camada de base adicional sob a camada de assentamento quando se preveem cargas maiores (por exemplo, zonas transitáveis por veículos) ou quando é preciso criar pendentes adicionais. Para mais pormenores, consultar a brochura «Guia de projeto e instalação – coberturas transitáveis pedonais e coberturas de estacionamento» (Design and Installation Guide – Podium Roof Decks / Parking Roof Decks).



Caminho em lajetas entre relvado e plantação. Centrumplan, Ubach over Worms, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.

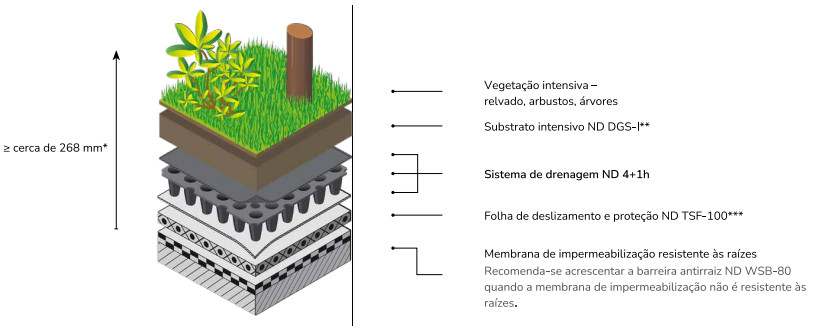


Caminhos pavimentados num jardim intensivo entre edifícios de habitação. SPACE-S, Eindhoven, Países Baixos. Imagem: Nophadrain.

4 Sistemas Nophadrain de coberturas verdes intensivas

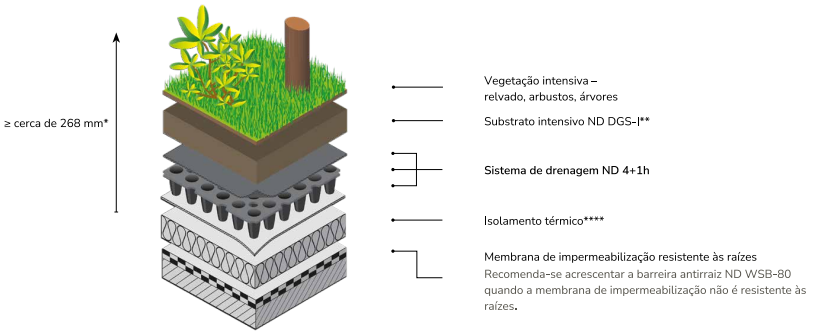
4.1 Cobertura com substrato | Cobertura com pendente suficiente: 1,5° – 15°

a. Cobertura tradicional / cobertura sem isolamento térmico. Carga de superfície*: ≥ cerca de 332 kg/m².



- Vegetação intensiva – relvado, arbustos, árvores
- Substrato intensivo ND DGS-I**
- Sistema de drenagem ND 4+1h
- Folha de deslizamento e proteção ND TSF-100***
- Membrana de impermeabilização resistente às raízes. Recomenda-se acrescentar a barreira antirraiz ND WSB-80 quando a membrana de impermeabilização não é resistente às raízes.
- Altura do sistema: ≥ cerca de 268 mm*

b. Cobertura invertida. Carga de superfície*: ≥ cerca de 332 kg/m².



- Vegetação intensiva – relvado, arbustos, árvores
- Substrato intensivo ND DGS-I**
- Sistema de drenagem ND 4+1h
- Isolamento térmico****
- Membrana de impermeabilização resistente às raízes. Recomenda-se acrescentar a barreira antirraiz ND WSB-80 quando a membrana de impermeabilização não é resistente às raízes.
- Altura do sistema: ≥ cerca de 268 mm*

* O peso do sistema pode variar devido a variações locais na composição do substrato e da vegetação. Todos os substratos cumprem os requisitos FLL.

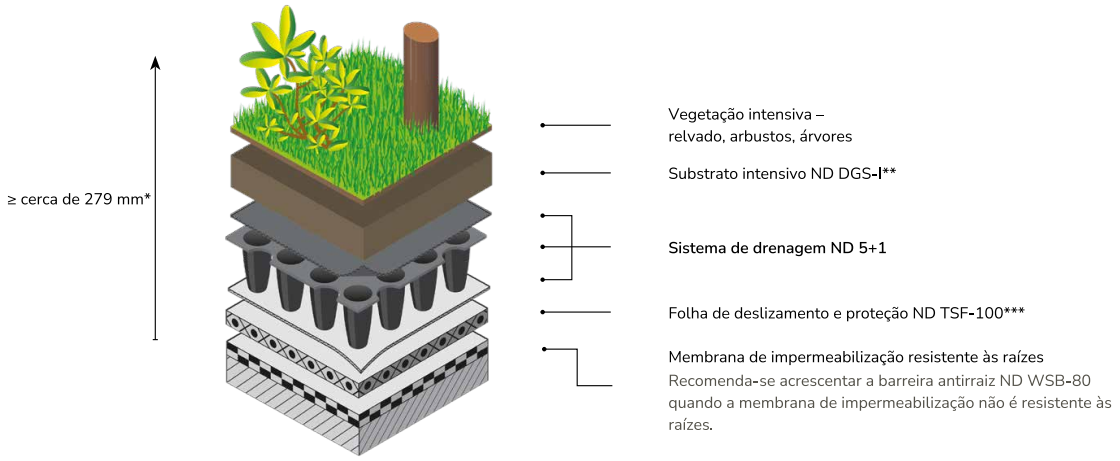
** O tipo de vegetação depende da espessura total da camada de substrato – ver 9.2.2, quadro 3, das «FLL – Diretrizes para o planeamento, execução e manutenção de coberturas verdes, edição de 2018».

*** Segundo as diretrizes FLL em vigor para coberturas verdes. Relatórios de ensaio específicos do sistema disponíveis mediante pedido.

**** A adequação do isolamento térmico tem de ser demonstrada pelo fornecedor do isolamento.

4.2 Cobertura com substrato | Pendente reduzida: 0° – 5°

a. Cobertura tradicional / cobertura sem isolamento térmico. Carga de superfície*: ≥ cerca de 332 kg/m².



- Vegetação intensiva – relvado, arbustos, árvores
- Substrato intensivo ND DGS-I**
- Sistema de drenagem ND 5+1
- Folha de deslizamento e proteção ND TSF-100***
- Membrana de impermeabilização resistente às raízes. Recomenda-se acrescentar a barreira antirraiz ND WSB-80 quando a membrana de impermeabilização não é resistente às raízes.
- Altura do sistema: ≥ cerca de 279 mm*

b. Também adequado a coberturas invertidas.

	Baixa	Média	Alta
Espessura de substrato recomendada	cerca de 250 mm	cerca de 500 mm	cerca de 1 000 mm
Altura total do sistema	cerca de 279 mm	cerca de 529 mm	cerca de 1 029 mm
Peso total do sistema, seco*	cerca de 253 kg/m²	cerca de 503 kg/m²	cerca de 1 003 kg/m²
Peso total do sistema, saturado*	cerca de 332 kg/m²	cerca de 657 kg/m²	cerca de 1 307 kg/m²
Reserva de água	cerca de 80 l/m²	cerca de 155 l/m²	cerca de 305 l/m²
Coeficientes de escoamento***	C_s = 0,1 – 0,2	C_s = 0,1 – 0,2	C_s = 0,1 – 0,2

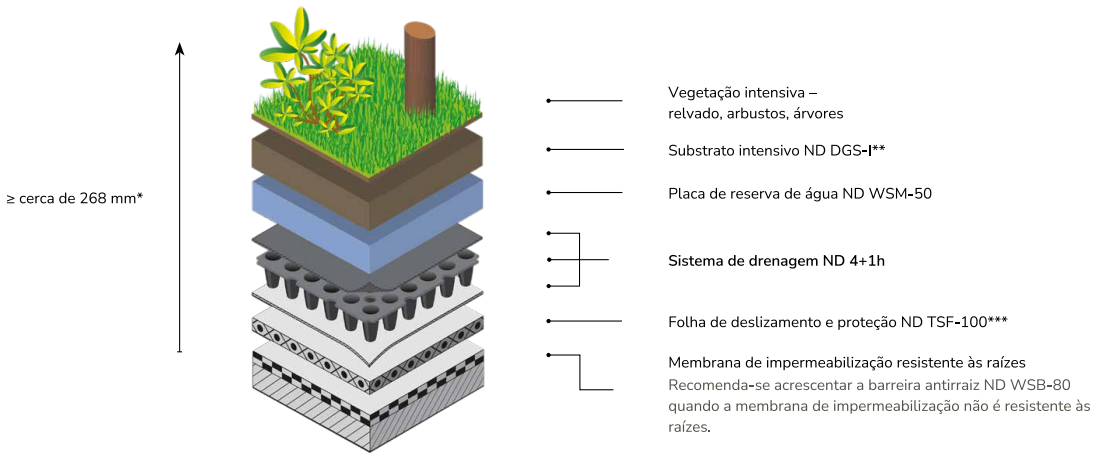
* O peso do sistema pode variar devido a variações locais na composição do substrato e da vegetação. Todos os substratos cumprem os requisitos FLL.

** O tipo de vegetação depende da espessura total da camada de substrato – ver 9.2.2, quadro 3, das «FLL – Diretrizes para o planeamento, execução e manutenção de coberturas verdes, edição de 2018».

*** Segundo as diretrizes FLL em vigor para coberturas verdes. Relatórios de ensaio específicos do sistema disponíveis mediante pedido.

4.3 Cobertura verde intensiva com filtro adicional | Cobertura com pendente suficiente: 1,5° – 15°

a. Cobertura tradicional / cobertura sem isolamento térmico. Carga de superfície*: ≥ cerca de 312 kg/m².



- Vegetação intensiva – relvado, arbustos, árvores
- Substrato intensivo ND DGS-I**
- Placa de reserva de água ND WSM-50
- Sistema de drenagem ND 4+1h
- Folha de deslizamento e proteção ND TSF-100***
- Membrana de impermeabilização resistente às raízes. Recomenda-se acrescentar a barreira antirraiz ND WSB-80 quando a membrana de impermeabilização não é resistente às raízes.
- Altura do sistema: ≥ cerca de 268 mm*

b. Também adequado a coberturas invertidas.

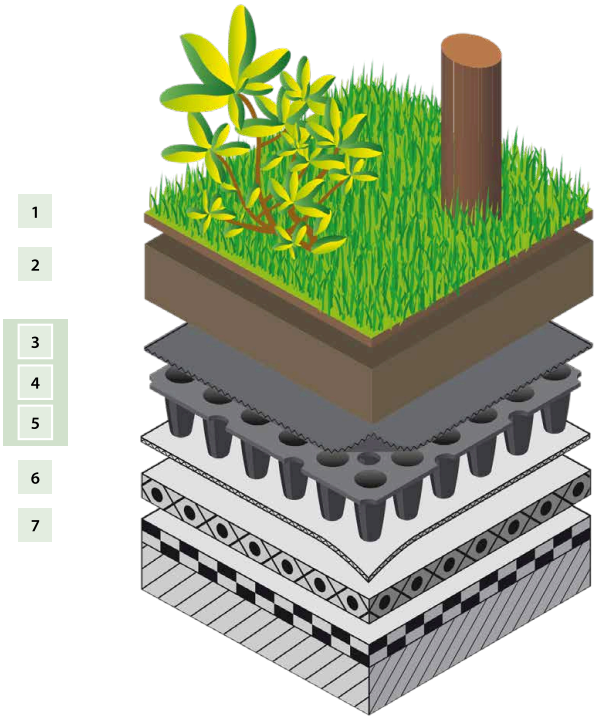
	Baixa	Média	Alta
Espessura de substrato recomendada	cerca de 250 mm	cerca de 500 mm	cerca de 1 000 mm
Altura total do sistema	cerca de 268 mm	cerca de 518 mm	cerca de 1 018 mm
Peso total do sistema, seco*	cerca de 209 kg/m²	cerca de 459 kg/m²	cerca de 959 kg/m²
Peso total do sistema, saturado*	cerca de 312 kg/m²	cerca de 637 kg/m²	cerca de 1 287 kg/m²
Reserva de água	cerca de 103 l/m²	cerca de 178 l/m²	cerca de 328 l/m²
Coeficientes de escoamento***	C_s = 0,1 – 0,2	C_s = 0,1 – 0,2	C_s = 0,1 – 0,2

* O peso do sistema pode variar devido a variações locais na composição do substrato e da vegetação. Todos os substratos cumprem os requisitos FLL.

** O tipo de vegetação depende da espessura total da camada de substrato – ver 9.2.2, quadro 3, das «FLL – Diretrizes para o planeamento, execução e manutenção de coberturas verdes, edição de 2018».

*** Segundo as diretrizes FLL em vigor para coberturas verdes. Relatórios de ensaio específicos do sistema disponíveis mediante pedido.

Composição: sistema de cobertura verde intensiva



	Camada	Produto
1	Camada de vegetação	Vegetação intensiva – relvado, arbustos, árvores. Fácil de combinar com pavimentos.
2	Camada de substrato	Substrato intensivo ND DGS-I
3	**Camada filtrante**	**Sistema de drenagem ND 4+1h**
4	**Camada drenante**	**Sistema de drenagem ND 4+1h**
5	**Camada de separação e de proteção**	**Sistema de drenagem ND 4+1h**
6	Camada de proteção	Folha de deslizamento e proteção ND TSF-100
7	Camada antirraiz	Membrana de impermeabilização resistente às raízes*

* Recomenda-se acrescentar a barreira antirraiz ND WSB-80 quando a membrana de impermeabilização não é resistente às raízes.

Nota para Portugal: o documento original da Nophadrain admite coberturas verdes extensivas com inclinação até 45°. Esta tradução limita a inclinação a 30°, de acordo com o Guia Técnico da Associação Nacional de Coberturas Verdes (ANCV, 2024, p. 48), que indica que as coberturas verdes com pendentes superiores a 30° não devem ser executadas.

Nota para Portugal: o documento original da Nophadrain indica que a membrana de impermeabilização sobe pelo menos 150 mm acima da superfície nos remates verticais. Esta tradução indica 200 mm, de acordo com o Guia Técnico da Associação Nacional de Coberturas Verdes (ANCV, 2024, p. 64), que pede que a membrana suba, no mínimo, 20 cm acima da proteção da cobertura junto aos elementos emergentes.

Nota para Portugal: o Guia Técnico da Associação Nacional de Coberturas Verdes (ANCV, 2024, p. 47) considera normal uma pendente igual ou superior a 2 %; abaixo de 2 % é provável que haja encharcamentos, pelo que se aumenta a pendente ou, não sendo possível, a espessura da camada drenante.

Nota para Portugal: as referências a normas, dados de precipitação e práticas do Reino Unido e da Irlanda reproduzem o documento original. Em Portugal aplicam-se as normas europeias e portuguesas e a regulamentação nacional em vigor.

Esta informação é publicada pela Nophadrain BV como contributo para a boa prática na aplicação de coberturas verdes. Embora tenha sido preparada com todo o cuidado, a Nophadrain exclui qualquer responsabilidade por imprecisões, omissões ou outras situações decorrentes do conteúdo desta brochura. Cabe ao leitor certificar-se de que os princípios e as práticas descritos nesta brochura se aplicam a cada caso concreto e obter aconselhamento profissional independente adequado. ©Nophadrain 02.2020 EN.

Em caso de divergência, prevalece a informação técnica do fabricante.