

Pavimentos de concreto permeável

Fernando Benigno da Silva (colaborou: Associação Brasileira de Cimento Portland)
Edição 190 - Novembro/2012

Descrição do sistema

Pavimentos constituídos por peças permeáveis drenantes de concreto poroso, destinados a pátios residenciais, comerciais, estacionamentos e calçadas, e/ou constituídos por peças intertravadas de juntas alargadas em concreto, destinadas a pátios industriais e vias de tráfego leve e médio. São projetados para serem permeáveis, permitindo a infiltração da água de chuva. Os pavimentos permeáveis drenantes em concreto poroso possuem espaços livres na sua estrutura, considerando não só o revestimento, mas também as camadas inferiores de apoio e drenagem, que permitem a passagem da água. O concreto utiliza agregados com poucos ou sem finos, resultando nos vazios por onde a água passa. O sistema construtivo da Oterprem emprega peças de concreto poroso e também em concreto convencional no tipo de juntas alargadas.



Estacionamento revestido parcialmente com pavimento impermeável e com placas drenantes de concreto poroso

Características técnicas

Tipos e dimensões

As peças comercializadas pela Oterprem têm as seguintes dimensões:

- Piso permeável drenante em concreto poroso (a água passa para o solo pelos vazios das peças) Dimensões: 10 cm x 20 cm x 6 cm ou 10 cm x 20 cm x 8 cm

Consumo de peças por área: 50 peças/m²

Resistência do concreto: ≥ 25 MPa

Dimensões: 20 cm x 20 cm x 6 cm ou 20 cm x 20 cm x 8 cm

Consumo de peças por área: 25 peças/m²

Resistência do concreto: ≥ 25 MPa

Dimensões: 40 cm x 40 cm x 6 cm ou 40 cm x 40 cm x 8 cm

Consumo de peças por área: 6 peças/ m²

Resistência do concreto: ≥ 25 MPa

- Piso intertravado permeável com juntas alargadas (a água passa para o solo pelas juntas entre as peças)

Dimensões: 10 cm x 20 cm x 8 cm

Resistência do concreto: 35 MPa a 50 MPa

Consumo de peças por área: 50 peças/m²

Seção tipo

É composta pelo revestimento (peças pré-moldadas e material de rejuntamento), pela camada de assentamento, na base e sub-base, com tubulação de drenagem, quando necessária, e pelo subleito. O revestimento permite a passagem de água, que fica armazenada nas camadas de base e sub-base, funcionando como reservatório e filtro. A camada de assentamento possui espessura de 50 mm e tem como função deixar a superfície uniforme para assentamento das peças pré-moldadas de concreto, além de propiciar a penetração da água. A base e a sub-base são dimensionadas para cada caso, bem como a tubulação de drenagem, que deve ter sua necessidade verificada de acordo com a situação.

Materiais para sub-base e base

Para a sub-base e base, utiliza-se brita lavada com Abrasão Los Angeles menor que 40. É necessário um Índice de Suporte Califórnia (CBR) de pelo menos 80%. A capacidade de atuar como reservatório de água da base e da sub-base vai depender do índice de vazios do agregado. A *tabela 1* apresenta a granulometria recomendada para camadas de sub-base e base de pavimento permeável.

Materiais para camada de assentamento e rejunte

É utilizado agregado graúdo com dimensão máxima igual a 9,5 mm. O agregado da camada de assentamento deve ter dimensão suficiente para garantir uma superfície uniforme para o assentamento das peças pré-moldadas de concreto, propiciando também um travamento com a camada de base.

Para o material de rejunte das peças, pode ser usado o mesmo agregado utilizado na camada de assentamento, porém é permitido usar agregados mais finos para garantir o preenchimento das juntas, conforme granulometria recomendada na *tabela 2*.

É recomendado adotar uma margem de segurança de 80% em razão da colmatação do rejuntamento ao longo da vida útil do pavimento. Devido ao baixo coeficiente de permeabilidade, não é recomendada a utilização de areia ou pó de pedra na camada de assentamento e no material para rejunte.

Revestimento

As peças pré-moldadas de concreto que possuem relação comprimento- espessura menor que quatro são apropriadas para tráfego de veículos e são utilizadas no pavimento intertravado permeável. As peças têm espessura de 6 cm ou 8 cm, e a dimensão varia com o modelo, sendo o de 10 cm x 20 cm o mais utilizado. As cargas máximas devem ser verificadas em projeto.

Tabela 1 – GRANULOMETRIA RECOMENDADA PARA CAMADAS DE SUB-BASE E BASE DE PAVIMENTO PERMEÁVEL

Peneira com abertura de malha	Sub-base (% retida)	Base (% retida)
75 mm	0	–
63 mm	0 a 10	–
50 mm	30 a 65	–
37 mm	85 a 100	0
25 mm	–	0 a 5
19 mm	95 a 100	–
12,5 mm	–	40 a 75
4,75 mm	–	90 a 100
2,36 mm	–	95 a 100

Tabela 2 – GRANULOMETRIA RECOMENDADA PARA CAMADAS DE ASSENTAMENTO E MATERIAL DE REJUNTE DE PAVIMENTO PERMEÁVEL

Peneira com abertura de malha	Camada de assentamento e material de rejunte (% retida)	Material de rejunte (% retida)	
12,5 mm	0	0	–
9,5 mm	0 a 15	0 a 10	0
4,75 mm	70 a 90	45 a 80	0 a 15
2,36 mm	90 a 100	70 a 95	60 a 90
1,16 mm	95 a 100	90 a 100	90 a 100
0,300 mm	–	95 a 100	95 a 100

Pré-dimensionamento das camadas de base e sub-base

Pré-dimensionamento hidráulico

Para o dimensionamento hidráulico, são necessários os dados de precipitação da região e o coeficiente de permeabilidade do solo, além da avaliação do risco de contaminação da água. O tipo de infiltração do sistema pode ser total, parcial ou sem infiltração.

No sistema de infiltração total, a água da chuva é direcionada ao subleito. No sistema de infiltração parcial, são instalados tubos de drenagem para complementar a drenagem do excesso de água. No caso do solo ter permeabilidade muito baixa ou ocorrer risco de contaminação de água, utiliza-se o sistema sem infiltração, no qual toda a água é direcionada a um sistema de drenagem. Deve-se observar que a parte inferior da base deve ter no mínimo 0,6 m de distância para o nível do lençol freático. As informações referentes ao cálculo para volume de água precipitada e infiltrada no solo e ao cálculo do tempo máximo de armazenamento de água podem ser verificadas na publicação *Melhores Práticas: Pavimento Intertravado Permeável*, de autoria de Mariana Marchioni e Cláudio Oliveira Silva, editado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

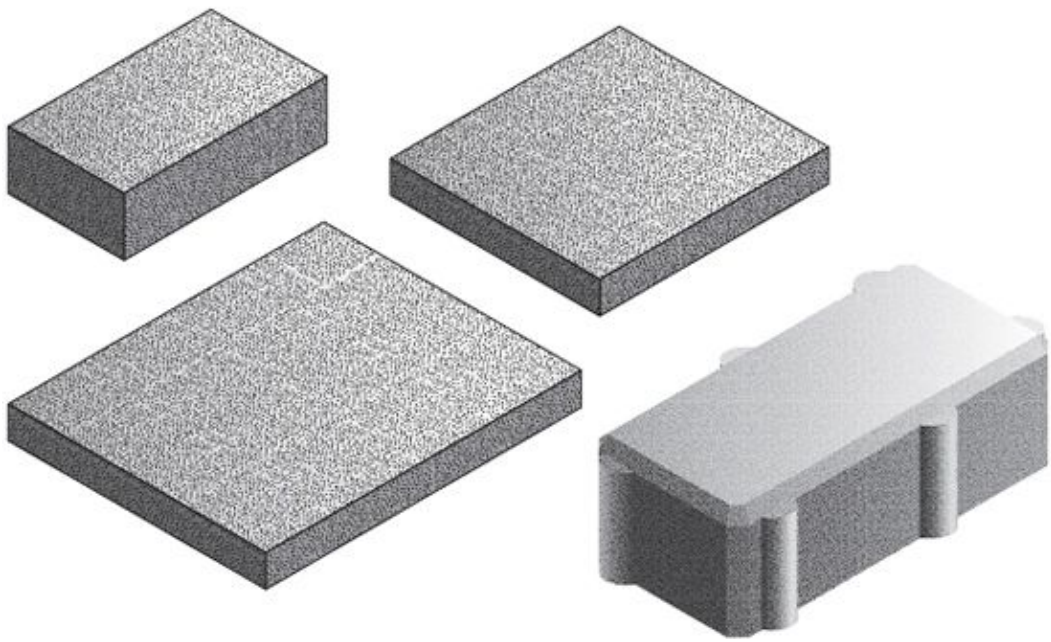
Pré-dimensionamento mecânico

O dimensionamento mecânico da camada de base do pavimento permeável é

semelhante ao pavimento intertravado convencional. A *tabela 3* pode ser utilizada como referência para o pré-dimensionamento.

Tabela 3 – ESPESSURA MÍNIMA DA CAMADA DE BASE

Solicitações equivalentes para 20 anos	Índice de suporte Califórnia do subleito		
	> 15	10 a 14	5 a 9
50.000	125 mm	175 mm	225 mm
150.000	150 mm	200 mm	275 mm
600.000	175 mm	225 mm	350 mm



À esquerda, piso permeável drenante em concreto poroso. À direita, piso intertravado permeável com juntas alargadas utilizado em pátios industriais e vias de tráfego leve e médio

Projeto

As áreas de contribuição não podem exceder em cinco vezes a área do pavimento. Recomenda-se, no mínimo, 30 m de distância de córregos, reservatórios de água e áreas alagadas (brejos). A declividade do pavimento deve ser de no máximo 5%. Nas áreas no entorno do pavimento, devem ser evitadas declividades superiores a 20%.

É necessário conhecer os dados de precipitação do local, sendo definido o período de retorno do projeto, normalmente de cinco a dez anos para projetos de microdrenagem, caso dos pavimentos permeáveis. Também é necessário conhecer os dados de tráfego no local de implantação. Também são necessários dados do subleito, como o tipo de solo, a capacidade de suporte e o coeficiente de permeabilidade. Em solos muito pouco permeáveis, pode ser necessária a utilização de tubos de drenagem.

Indicadores de prazo

Conforme informações da fabricante, com uma equipe de três profissionais, sendo dois ajudantes e um oficial, é possível realizar de 100 m² a 150 m² de pavimento de concreto permeável por dia, considerando a preparação da base e o assentamento dos blocos de concreto permeável.

Execução

1) Preparação do subleito

O subleito pode ser o solo natural do local ou de empréstimo, com Índice de Suporte Califórnia (CBR) maior que 2% e expansão volumétrica menor ou igual a 2%. A camada de subleito deve estar limpa, sem a presença de plantas, raízes e qualquer tipo de matéria orgânica. Antes da execução da base e da sub-base, é necessário verificar se o subleito atende à cota e aos caimentos definidos no projeto. Quando existir a tubulação de drenagem, ela é feita conforme projeto e direcionada para uma caixa de retenção ou para sistema de drenagem.

2) Posicionamento da manta geotêxtil não tecido

Caso seja especificada em projeto, a manta é posicionada logo acima do subleito, sendo deixada uma sobra nas laterais de 0,3 m no caso de solos com CBR maior que cinco e de 0,6 m em solos mais fracos, com CBR menor ou igual a cinco.

3) Execução das camadas de sub-base e base

A sub-base é espalhada em camadas de 100 mm a 150 mm de espessura e compactada usando uma placa vibratória ou um rolo compactador. A base possui uma espessura de 100 mm e pode ser executada em uma camada e compactada utilizando placa vibratória ou rolo compactador.

As espessuras das camadas de base e sub-base, entretanto, devem ser definidas em projeto e dependem das características do solo, tanto de suporte de carga, quanto de permeabilidade, da precipitação da região e da carga a qual será submetido o pavimento.

4) Assentamento das peças pré-moldadas de concreto

Antes de iniciar o assentamento, são posicionadas contenções laterais para garantir a estabilidade horizontal do sistema, que podem ser de estrutura rígida ou de dispositivos fixados na base do pavimento, de modo a impedir o seu deslocamento. A camada de assentamento é espalhada de maneira uniforme com uma espessura suficiente para que após a compactação tenha uma espessura final de 50 mm. O material de assentamento é nivelado manualmente por meio de régua metálica, correndo a régua sobre as mestras ou de modo mecanizado. Após o nivelamento, recomenda-se que a camada de assentamento não seja submetida ao tráfego de equipamentos ou pedestres antes da

instalação das peças de concreto. Os espaços deixados pela régua metálica são preenchidos com material de assentamento.

O assentamento das peças pode ser manual ou mecanizado, e é executado sem modificar a espessura e a uniformidade da camada de assentamento.

A primeira fiada é assentada de acordo com o padrão de assentamento estabelecido no projeto, respeitando-se o esquadro e o alinhamento marcados. A peça não deve ser arrastada sobre a camada de assentamento até sua posição final. Manter as linhas-guia na frente da área de assentamento das peças, verificando o alinhamento longitudinal e transversal e efetuar os ajustes de alinhamento das peças, mantendo a espessura das juntas uniforme.

5) Rejuntamento

O material de rejuntamento seco é espalhado sobre a camada de revestimento, formando uma camada fina e uniforme em toda a área executada, e então se executa a varrição do material de rejuntamento até que as juntas entre as peças e as juntas destas com a contenção lateral sejam preenchidas a 5 mm do topo das peças.

Para o rejunte, utiliza-se o material comercialmente conhecido como pedrisco ou areia de brita, sendo importante verificar o teor de finos e a dimensão máxima dos agregados para garantir que seja possível rejuntar no espaço disponível da junta. Ao contrário do pavimento intertravado comum, esse sistema não utiliza areia. Mais informações constam no manual Melhores Práticas: Pavimento Intertravado Permeável (ABCP).

6) Compactação

A compactação é executada com uso de placas vibratórias, de modo a manter a regularidade da camada de revestimento sem danificar as peças de concreto e seguindo os seguintes critérios:

A compactação é executada com sobreposição entre 15 cm e 20 cm em cada passada sobre a anterior

Alternar a execução da compactação com o espalhamento do material de rejuntamento, até que as juntas tenham sido preenchidas até 5 mm abaixo do topo do pavimento

A compactação é executada aproximadamente até 1,5 m de qualquer frente de trabalho do assentamento que não contenha algum tipo de contenção

Ferramentas e equipamentos necessários para a execução do serviço

- Carrinho de mão ou jérica
- Colher de pedreiro
- Compactador tipo sapo ou rolo compactador

- Enxada
- Fio de prumo
- Guilhotina de pressão ou máquina de corte com disco diamantado
- Lápis de carpinteiro
- Linha de náilon
- Pá
- Placa vibratória para compactação das peças
- Régua
- Rodo de madeira
- Trena
- Vassoura

Segurança

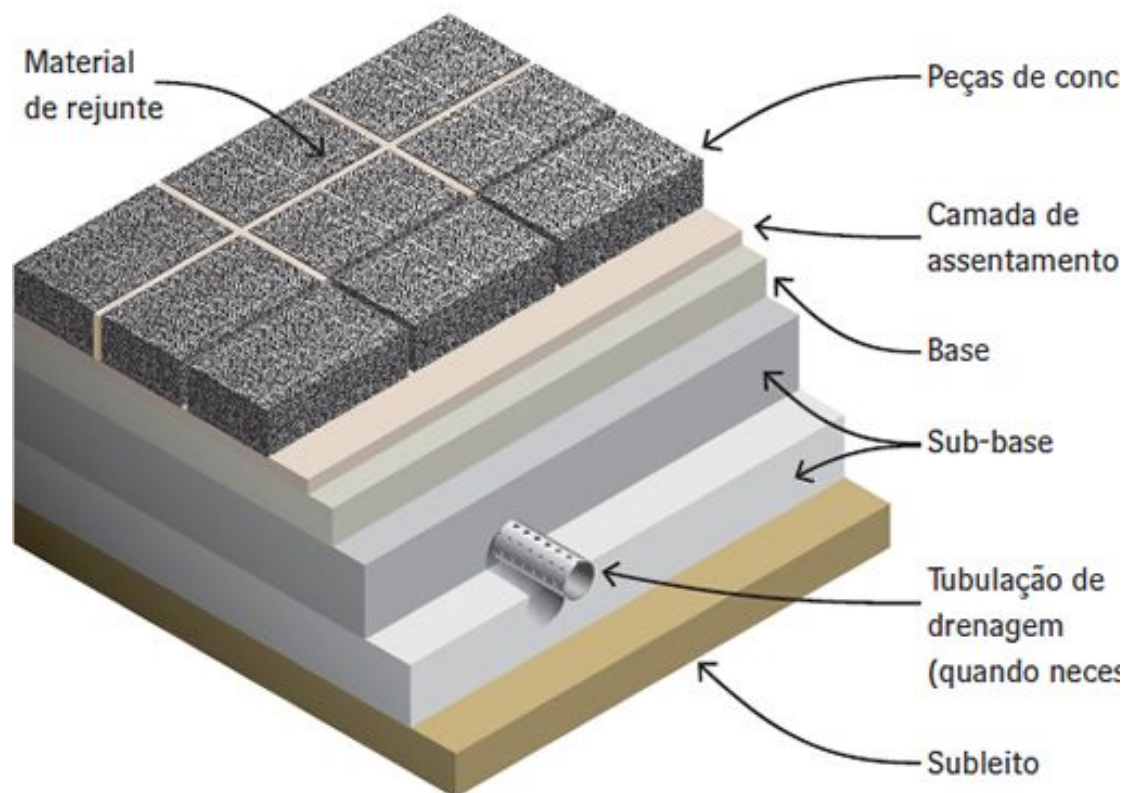
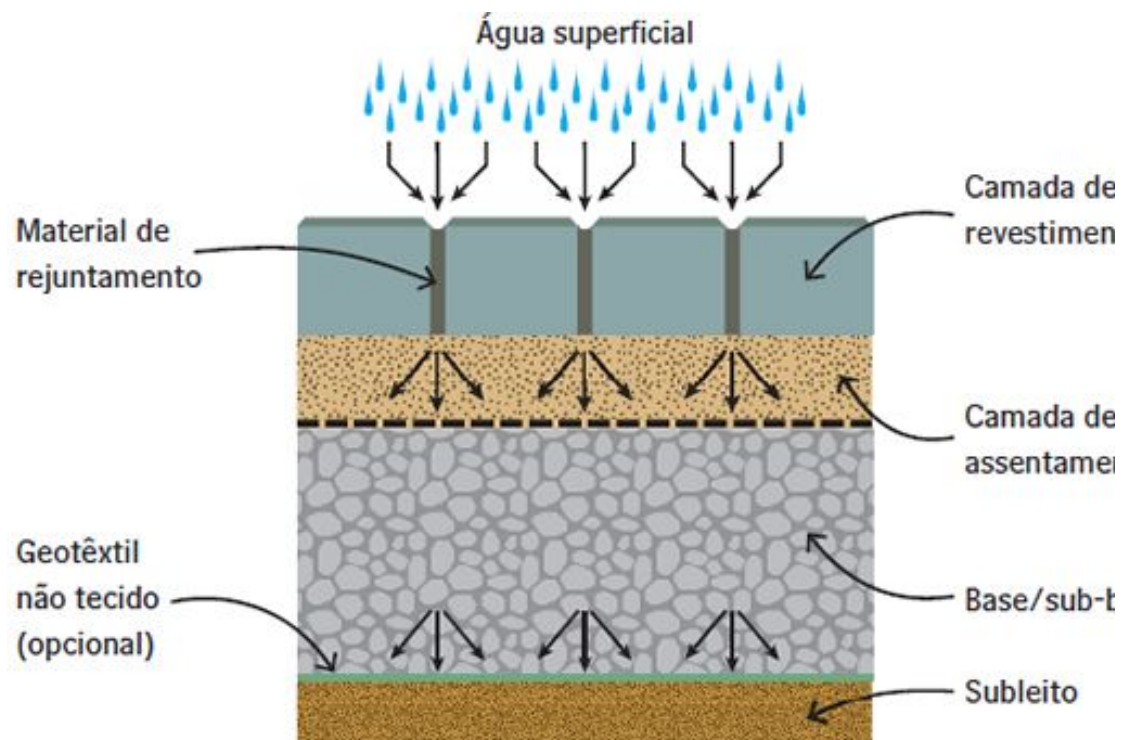
O uso de EPIs é necessário durante a execução dos serviços de pavimentação. O início dos serviços de pavimentos com concreto permeável deve ser precedido das proteções, evitando, dessa forma, eventual queda de pessoas ou materiais, além da circulação de pessoas não autorizadas. A relação dos EPIs necessários durante a execução do serviço é a seguinte:

- Bota de segurança com bico de aço
- Capacete de segurança
- Luva de proteção (de raspa ou vinílica)
- Máscara com filtro
- Óculos de segurança
- Protetor auricular (corte das peças)

Controle da qualidade

Recomenda-se verificar cotas, níveis e espessuras determinadas em projeto, atendimento dos requisitos das peças de concreto, conforme norma técnica NBR 9.781:1987 - Peças de Concreto para Pavimentação - Especificação, e da granulometria dos agregados. Após a execução, verificar se as peças foram assentadas corretamente, se há ocorrência de peças quebradas, e verificar o desnível do pavimento.

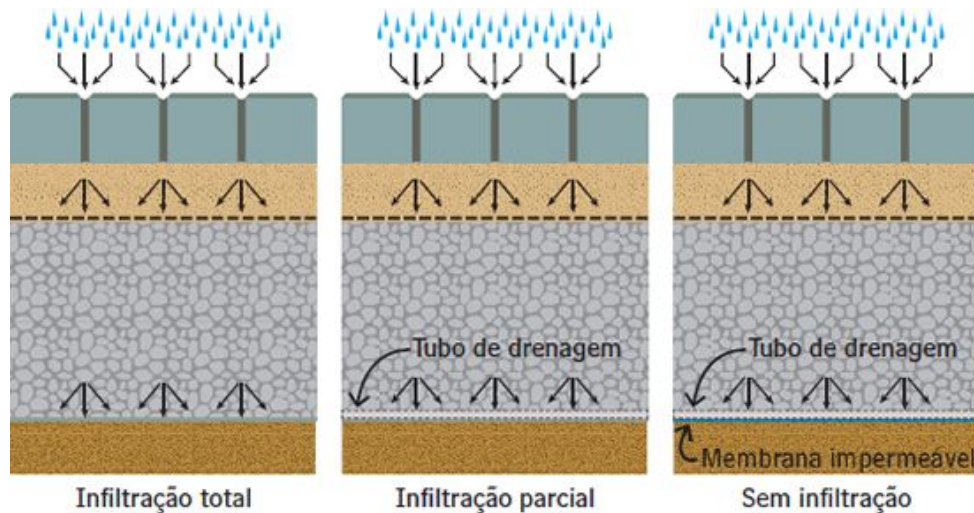
O pavimento permeável pode ainda ter seu coeficiente de permeabilidade avaliado de acordo com a norma americana ASTM C1701, cujo método está descrito no manual Melhores Práticas de Pavimento Intertravado Permeável da ABCP.



Seções tipo de pavimento permeável

Avaliações técnicas

Após a execução do pavimento permeável, é realizado ensaio para determinar o coeficiente de permeabilidade, de acordo com a norma ASTM C1701. O ensaio é realizado em uma seção do pavimento confinada num cilindro de 300 mm, aplicando-se um volume de água, mantendo-se uma coluna constante de 10 mm a 15 mm, determinando-se o tempo de infiltração. O ensaio pode ser realizado periodicamente para determinar a capacidade de infiltração e verificar a necessidade de manutenção do pavimento permeável.



Tipos de infiltração

Manutenção e durabilidade

Manutenção

Recomenda-se uma limpeza anual com a retirada dos sedimentos acumulados. Podem ser utilizados equipamentos de aspiração para limpeza do pavimento permeável. Além disso, a vegetação que cresce nas juntas deve ser retirada, pois reduz a infiltração de água. Tais procedimentos são importantes, pois evitam a colmatação superficial e melhoram a penetração de água.

Durabilidade

Normalmente, adota-se a vida útil de projeto do pavimento de 20 anos. Com o passar do tempo, o acúmulo de sedimentos no pavimento permeável diminui a capacidade de infiltração. A velocidade do acúmulo de sedimentos depende do volume de tráfego e da existência de fontes de sedimentos próximos ao pavimento, como jardins e áreas propensas a carreamentos de sólidos. Os sedimentos, porém, ficam limitados à parte superior da peça e ao topo do rejunto do pavimento. Recomenda-se uma limpeza anual com a retirada dos sedimentos acumulados de modo a atingir a vida útil esperada para o pavimento permeável. Podem ser utilizados equipamentos de aspiração para limpeza do

pavimento permeável. Outro item a ser observado é o crescimento de vegetação nas juntas, que deve ser frequentemente retirada, pois afeta a infiltração de água.

Indicadores ambientais

Classificação do resíduo: conforme a resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), de 5 de julho de 2002, os resíduos de pavimentos de concreto permeável podem ser considerados de classe A.

Destinação do resíduo: os resíduos de classe A são resíduos reutilizáveis ou recicláveis.

Nota: verificar se não houve incorporação de outro resíduo ao processo original de produção dos blocos permeáveis, bem como se não há o emprego de agregados com contaminantes.

Indicadores de preços e formas de comercialização

Itens a serem tratados diretamente com a empresa.

Bibliografia

Melhores Práticas: Pavimento Intertravado Permeável. Mariana Marchioni e Cláudio Oliveira Silva. ABCP, 2011.

EMPRESA

Oterprem Pré-moldados de Concreto Ltda.

Estrada Benedito Pereira Rodrigues, 2.130 - Lagoa CEP 06858-000

Itapecerica da Serra - SP

Tel.: (11) 4667-1369

Site: www.oterprem.com.br

E-mail: comercial@oterprem.com.br