

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO – UNISAGRADO

GUSTAVO DE ANDRADE ALVES

PAVIMENTAÇÃO COM BLOCOS INTERTRAVADOS

BAURU

2023

GUSTAVO DE ANDRADE ALVES

PAVIMENTAÇÃO COM BLOCOS INTERTRAVADOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil -
Centro Universitário Sagrado Coração.

Orientadora: Prof.^a Dra. Renata Teixeira de
Almeida Minhoni

BAURU

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Sobrenome, Nome

S-----t

Pavimentação com blocos intertravados / Gustavo de Andrade Alves. -
- 2023.

--f. : il.

Orientadora: Prof.^a Dra. Renata Teixeira de Almeida Minhoni

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) –
Centro Universitário Sagrado Coração - Bauru - SP

1. Blocos pré-moldados. 2. Blocos de concreto. 3. Tráfego.

Minhoni, Renata Teixeira. Pavimentação com blocos intertravados.

GUSTAVO DE ANDRADE ALVES

PAVIMENTAÇÃO COM BLOCOS INTERTRAVADOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil -
Centro Universitário Sagrado Coração.

Aprovado em: 04/12/2023

Banca examinadora:

Prof.^a Dra. Renata Teixeira de Almeida Minhoni (Orientadora)
Centro Universitário Sagrado Coração

Prof.^a Ma. Fabiana Costa Munhoz
Centro Universitário Sagrado Coração

Prof. Me. Thiago Pignatti de Freitas
Centro Universitário Sagrado Coração

Dedico este trabalho aos meus pais, com carinho, e a todos que acreditaram em mim e na importância desta pesquisa. Que este seja um pequeno tributo à confiança que depositaram em mim.

AGRADECIMENTOS

Neste momento de conclusão, é com profunda gratidão que expresso meus agradecimentos a todas as pessoas que tornaram possível a realização deste trabalho e encerramento de uma jornada que ficará marcado pelo resto da minha vida.

Primeiramente, quero expressar minha gratidão a Deus, onde, apesar de todas as dificuldades e desafios, se pôs como um alicerce, mantendo-me firme e focado a realizar meus objetivos e sonhos.

À minha família, especialmente aos meus pais, quero agradecer o apoio inabalável, amor e incentivo ao longo de toda a minha vida e, em especial, durante este processo. Suas palavras de encorajamento fizeram toda a diferença.

À minha namorada, que esteve ao meu lado durante toda a jornada, quero agradecer por sua paciência, compreensão, incentivo constante e um amor inimaginável. Seu apoio emocional foi um alicerce essencial para minha perseverança.

À minha orientadora, pela sua orientação, apoio incansável e conselhos valiosos ao longo de todo o processo de pesquisa e redação deste trabalho. Sua paciência e dedicação foram cruciais para o seu sucesso.

Aos meus amigos, que compartilharam momentos inesquecíveis, quero agradecer por estarem ao meu lado. Sua amizade foi um combustível adicional para minha determinação, onde levarei para o resto de minha vida.

A todos os que de alguma forma contribuíram para este trabalho, meu sincero obrigado. Este TCC é fruto de um esforço coletivo e do apoio de muitas pessoas queridas.

Muito obrigado a todos!

“Não espere. O momento nunca será o certo. Comece onde você está. Trabalhe com o que você tem. Faça o que puder”. (Hill, 2018).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Deslocamento Vertical	22
Figura 2 – Descolamento Horizontal	22
Figura 3 – Rotação ou giração	23
Figura 4 - Tipos de blocos de concreto	23
Figura 5 - Modelo de assentamento espinha-de-peixe	25
Figura 6 - Modelo de assentamento fileiras	26
Figura 7 - Modelo de assentamento trama	26
Figura 8 - Detalhamento estrutural da pavimentação em pavers.....	27
Figura 9 - Primeira etapa do processo de execução da pavimentação intertravada.....	31
Figura 10 - Segunda etapa do processo de execução da pavimentação intertravada.....	32
Figura 11 - Terceira etapa do processo de execução da pavimentação intertravada	33
Figura 12 - Quarta etapa do processo de execução da pavimentação intertravada	33
Figura 13 - Assentamento manual de blocos intertravados.....	35
Figura 14 - Corte (tipo1) para finalização da pavimentação	36
Figura 15 - Corte (tipo 2) para finalização da pavimentação intertravada.....	36
Figura 16 - Processo de compactação da pavimentação intertravada.....	37
Figura 17 - rejuntamento das juntas dos blocos de concreto.....	38
Figura 18 - Método de compactação.....	39
Figura 19 - Verificação final da pavimentação	39
Figura 20 - Resumo final das etapas de execução	40
Figura 21 - Máquina LX 4000 Industrial	44
Figura 22 - Máquina AGIL 4.3 Pneumática.....	45
Figura 23 - Super Industrial HP 6.4.....	45
Gráfico 1 - Efeito de espessura das peças de concreto sob solicitação de cargas	24
Gráfico 2 - Efeito de desempenhos permanentes a determinados modelos de pavimentação .	27
Quadro 1 - Faixa granulométrica recomendada para a camada de assentamento das peças ...	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	METODOLOGIA	20
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1	PAVIMENTO INTERTRAVADO.....	21
3.2	HISTÓRICO	21
3.3	BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO	22
3.4	CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES	24
3.5	MODELOS DE ASSENTAMENTOS.....	25
3.6	ESTRUTURA DA PAVIMENTAÇÃO	27
3.7	EXECUÇÃO DA PAVIMENTAÇÃO INTERTRAVADA	30
3.7.1	Serviços preliminares	30
3.7.2	Processos de execução	30
3.7.3	Fiada inicial	34
3.8	SUSTENTABILIDADE.....	40
3.9	ACESSIBILIDADE	41
3.10	FABRICAÇÃO.....	42
3.10.1	Processo de fabricação	42
3.10.2	Materiais usados para fabricação.....	43
3.10.3	Máquinas usadas para fabricação	44
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
	REFERÊNCIAS	48

RESUMO

A pavimentação intertravada é uma técnica de pavimentação amplamente utilizada na engenharia civil devido à sua durabilidade, resistência e apelo estético. Este trabalho de conclusão de curso explora os processos de fabricação e execução de pavimentação intertravada, com o objetivo de aprofundar a compreensão dos métodos, materiais e práticas envolvidos nessa tecnologia. A pesquisa adota uma abordagem mista, combinando elementos analíticos e qualitativos, e inclui uma extensa revisão da literatura. A revisão da literatura abrange conceitos básicos de pavimentação intertravada, desde os processos de fabricação, máquinas e equipamentos utilizados, tipos de blocos, modelos de assentamentos, técnicas de execução e normas relacionadas. O trabalho envolve observações sobre os desafios enfrentados durante a execução e o impacto das escolhas de fabricação e execução na durabilidade das pavimentações. Os resultados deste trabalho destacam a importância da integração eficaz entre os processos de fabricação e execução de pavimentação intertravada para alcançar resultados duradouros e de alta qualidade. A sustentabilidade também emerge como um tema fundamental, com a pesquisa destacando a necessidade de práticas ambientalmente conscientes e economia de resíduos e recursos. Este estudo oferece uma contribuição valiosa para o campo da engenharia civil, dispondo orientações práticas para profissionais e promovendo o desenvolvimento de pavimentações mais sustentáveis e esteticamente agradáveis.

Palavras-chave: Blocos pré-moldados. Blocos de concreto. Tráfego.

ABSTRACT

Interlocking pavement is a widely used civil engineering technique due to its durability, resilience, and aesthetic appeal. This thesis explores the manufacturing and execution processes of interlocking pavement with the aim of deepening the understanding of the methods, materials, and practices involved in this technology. The research adopts a mixed-method approach, combining qualitative and quantitative elements, and includes an extensive literature review, field research in real construction sites, and secondary data analysis. The literature review covers the fundamental concepts of interlocking pavement, from manufacturing processes and the machinery and equipment used to block types, laying patterns, execution techniques, and related standards. The work involves observations of the challenges faced during execution and the impact of manufacturing and execution choices on the durability of pavements. Additionally, the analysis of secondary data validates the findings and provides a comparative perspective. The results of this work highlight the importance of effective integration between the manufacturing and execution processes of interlocking pavement to achieve long-lasting, high-quality results. Sustainability also emerges as a key theme, with the research emphasizing the need for environmentally conscious practices and resource and waste efficiency. This study offers a valuable contribution to the field of civil engineering, providing practical guidance for professionals and promoting the development of more sustainable and aesthetically pleasing pavements.

Keywords: Precast blocks. Concrete blocks. Traffic.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o setor da construção civil está passando por grandes mudanças, impulsionado por uma busca contínua por alternativas e avanços tecnológicos que visam atingir níveis máximos de aprimoramento. À medida que os anos avançam, a mobilidade urbana cresce exponencialmente, resultando em um aumento significativo no tráfego de

espaço cada vez maior em nosso dia a dia. Sua aplicação se revela ideal em empreendimentos veículos e uma crescente demanda por vias e rodovias mais robustas. Isso, por sua vez, impulsiona a procura por soluções eficientes, economicamente viáveis, resistentes e altamente produtivas (Badan, 2020).

Um exemplo desse avanço é a pavimentação com blocos intertravados, que se torna um exemplar da união entre a produtividade, sustentabilidade e economia. Consequentemente, essa técnica tem conquistado espaços privados, condomínios residenciais e até mesmo, áreas comerciais, particularmente onde a concentração de cargas e tráfego são menos intensivos.

A aplicação de blocos de concreto para pavimentação teve sua origem no século XIX, embora o desenvolvimento significativo na adoção desse formato de piso tenha ocorrido após a Segunda Guerra Mundial. Na década de 1990, esses blocos, já amplamente utilizados na Europa, conquistaram espaço no Brasil, sendo empregados tanto em estradas como em calçadas (Wiebbelling, 2015).

Atualmente, observa-se um crescimento nesse tipo de pavimentação, especialmente em áreas como parques, praças, calçadas, ruas e pátios. Esse aumento na popularidade dos blocos intertravados se deve a várias características vantajosas, incluindo baixo custo de manutenção, facilidade de remoção da área pavimentada e a capacidade de reutilização de aproximadamente 95% das peças. Após a instalação da pavimentação, o tráfego de pessoas e veículos pode ocorrer imediatamente, eliminando a necessidade de esperar pelo tempo de cura. Além disso, não é necessário empregar mão de obra altamente especializada, pois as peças são de fácil assentamento, e há uma ampla variedade de cores e formatos disponíveis (Wiebbelling, 2015).

Esse tipo de pavimentação oferece inúmeras vantagens, incluindo baixo custo de manutenção, facilidade de remoção e a capacidade de reutilizar quase todas as peças. Além disso, sua instalação permite o tráfego imediato, eliminando a necessidade de espera para a cura. A facilidade de assentamento das peças também reduz a necessidade de mão de obra altamente especializada, e a variedade de cores e formatos disponíveis torna-os uma escolha versátil para diversas aplicações de pavimentação (Carvalho, 1998).

Baseado neste contexto, o objetivo deste trabalho é estudar a pavimentação com blocos intertravados para verificar se este método representa uma solução eficiente e sustentável para os desafios da construção civil contemporânea.

2 METODOLOGIA

O estudo será conduzido em quatro etapas principais. Primeiramente, uma revisão da literatura será realizada para estabelecer uma base teórica sólida, abordando conceitos-chave de pavimentação intertravada, processos de fabricação e execução. Em seguida, será destacada uma análise dos métodos de fabricação de blocos, incluindo o desenvolvimento de processos, conceito de técnicas e materiais utilizados. A terceira etapa envolverá a investigação dos procedimentos de execução da pavimentação em um contexto geral, desde os serviços preliminares até os acabamentos finais, destacando práticas recomendadas e desafios enfrentados no campo. Por fim, a coleta de dados será feita por meio de revisão bibliográfica, observações de campo e análise de documentos técnicos. A análise dos dados se baseará em métodos qualitativos e quantitativos, permitindo a obtenção de conclusões sólidas e recomendações práticas para a melhoria dos processos de fabricação e execução de pavimentação intertravada.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste ponto, será exposta uma análise bibliográfica sobre a pavimentação em blocos intertravados de concreto, sua origem, conceito, características e aplicações.

3.1 PAVIMENTO INTERTRAVADO

A pavimentação intertravada é um tipo de pavimento no qual utiliza-se blocos de concreto formando então um piso totalmente uniforme e flexível, ela deve ser feita sobre um solo corretamente compactado garantindo então a resistência e segurança desejada.

As peças são dispostas de forma que se encaixem como um quebra-cabeça, o que permite que elas se travem entre si. Portanto, é crucial que todos os blocos sejam instalados de maneira adequada, estejam livres de danos e que suas juntas sejam preenchidas com rejunte para garantir a estabilidade do sistema (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013).

3.2 HISTÓRICO

Nas últimas décadas, o pavimento intertravado de concreto ganhou popularidade e emergiu em vários países como uma alternativa prática, versátil e econômica em comparação a outros tipos de pavimentação.

Além disso, o crescimento da conscientização ambiental e a crescente importância das questões de sustentabilidade no mercado da construção civil foram fatores determinantes para o seu desenvolvimento (A história [...], 2017).

Esse sistema de pavimentação tem sido empregado ao redor do mundo por muitos anos. Na Mesopotâmia, por exemplo, cerca de 5.000 anos a.C., e no Império Romano desde 2.000 a.C., utilizavam-se um modelo semelhante para pavimentar estradas, revestidas com pedras naturais rústicas, segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP (2010).

Em seguida, os pavimentos executados por pedras brutas progrediram para pedras que eram desenvolvidas manualmente, recebendo a forma de paralelepípedos. As pedras eram moldadas de modo a proporcionar um encaixe mais preciso durante o processo de pavimentação, garantindo uma melhor adaptação e firmeza entre elas (ABCP, 2010). Acrescenta que o pavimento intertravado teve sua origem na técnica de pavimentação utilizando pedras esculpidas, com o objetivo de melhorar a rodagem, uma vez que antes eram utilizadas pedras em estado natural. No entanto, a pavimentação com pedras talhadas apresentou desafios consideráveis em termos de produção artesanal, além de resultar em uma superfície ainda irregular, o que comprometia o conforto e dificultava a passagem de pessoas e veículos (ABCP, 2010).

Por conta desta dificuldade, foi iniciado o uso do pavimento intertravado em blocos, o qual passou a ser fabricados em concreto pré-moldado somente no final do século XIX em fábricas de menor porte. Após a Segunda Guerra Mundial, a produção de blocos industriais passou a ocorrer em grandes fábricas na Alemanha (A história [...], 2017). Devido à necessidade de reconstruir a Europa, surgiu o sistema de pavimentação utilizando blocos de concreto intertravados (Fioriti; Ino; Akasaki, 2007).

A partir dos anos 1960, ocorreu um crescimento significativo das tecnologias empregadas na fabricação e instalação dos blocos na Europa, acompanhando o aumento do mercado. A partir desse momento, essas tecnologias se expandiram para o resto do mundo (Page, 1998 *apud* Barbosa, E.; Barbosa, F.; Bassi, 2021).

Na década de 1990, os blocos intertravados, que eram mais populares na Europa, passaram a ser amplamente utilizados no Brasil, tanto em calçadas quanto em vias. O fator

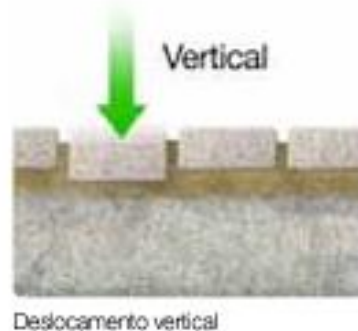
que impulsionou significativamente o crescimento desse sistema foi a sua sustentabilidade ambiental, viabilidade econômica e avanço tecnológico, além de sua praticidade e confiabilidade ((Fioriti; Ino; Akasaki, 2007).

3.3 BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO

Os blocos intertravados, também conhecido como “pavers”, são blocos maciços, pré-fabricados e intertravados, que possibilitam o revestimento total de uma superfície. O intertravamento refere-se à habilidade do material em resistir aos movimentos individuais de deslocamento, sejam eles verticais, horizontais, de rotação ou giração em relação às peças vizinhas. Ele é fundamental para a durabilidade e desempenho dos pavimentos, não apenas melhora a resistência, mas também distribui as cargas de maneira mais uniforme, reduzindo o desgaste e a degradação ao longo do tempo (Fioriti; Ino; Akasaki, 2007).

O deslocamento vertical refere-se à tendência do revestimento de afundar quando uma carga central é aplicada a um dos blocos (Figura 1).

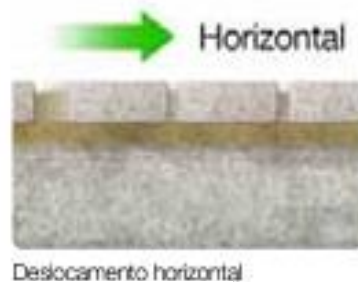
Figura 1 – Deslocamento Vertical



Fonte: ABC (2010).

O deslocamento horizontal refere-se à tendência dos blocos de se moverem lateralmente quando uma força horizontal é aplicada (Figura 2).

Figura 2 – Descolamento Horizontal



Fonte: ABCP (2010).

A rotação ou giração refere-se à tendência da peça de girar quando uma carga é aplicada em sua extremidade (Figura 3).

Figura 3 – Rotação ou giração



Fonte: ABCP (2010).

Essa peça de concreto apresenta como vantagem a capacidade de serem produzidos em uma variedade de formatos. Alguns designs se destacam devido à sua maior popularidade e uso. Ainda não há uma definição sobre qual formato é o melhor. A única condição é que ele seja capaz de possibilitar o encaixe em uma disposição bidirecional.

Na Figura 4 são exibidos alguns dos possíveis formatos para os blocos intertravados feitos de concreto.

Figura 4 - Tipos de blocos de concreto



Fonte: Tudo [...] (c2023).

Sua comercialização ocorre por metro quadrado (m^2) e geralmente são armazenados em paletes de madeira ou cintados. Esses blocos apresentam uma série de formas, cores e

tamanhos, com espessuras variando de 6 a 10 cm, dependendo da aplicação. Suas características e resistência são adaptadas de acordo com o tipo de tráfego ao qual a pavimentação será submetida (Pavers [...], [202-?]).

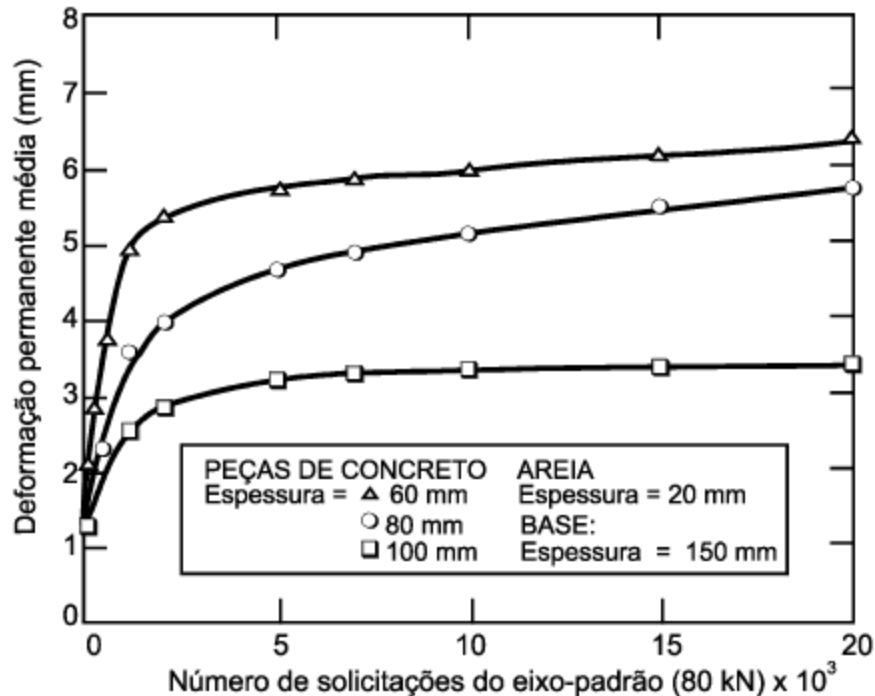
Para áreas destinadas ao tráfego de pedestres, ciclovias ou ruas internas de condomínios, a peça ideal deve ter aproximadamente 40 mm de espessura e uma resistência de 35 MPa. Em locais com tráfego intenso, incluindo veículos pesados como caminhões e ônibus, é necessário que o bloco apresente uma resistência de pelo menos 50 MPa; caso contrário, não estará em conformidade com as normas regulamentadoras (Pavers [...], [202-?]).

As peças são projetadas para ter uma resistência igual ou superior à estrutura dos edifícios. Quando um arquiteto ou engenheiro projeta o pavimento, ele determina o tamanho e a espessura das camadas de sub-base e subleito de forma a garantir que os blocos suportem a pressão exercida sobre eles, impedindo afundamentos ou quebras (Pavers [...], [202-?]).

Shackel (1979 *apud* Cruz, 2003) mostra que por meio de ensaios efetuados por Simulador de Veículos Pesados, na África do Sul, os resultados indicaram que as deformações permanentes no pavimento eram consideravelmente menores com peças de concreto de 80 mm em comparação com peças de 60 mm, quando sujeito o mesmo nível de solicitação. No entanto, o benefício adicional não era tão significativo ao se empregarem peças com 100 mm de espessura.

O Gráfico 1 apresenta algumas alterações quanto a diferenças de desempenho entre as três espessuras analisadas.

Gráfico 1 - Efeito de espessura das peças de concreto sob solicitação de cargas



Fonte: Shackel (1990) *apud* Cruz (2003).

3.4 CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

Os blocos intertravados, também conhecido como “pavers”, são blocos maciços, pré-fabricados e intertravados, que possibilitam o revestimento total de uma superfície. O intertravamento refere-se à habilidade do material em resistir aos movimentos individuais de

deslocamento, sejam eles verticais, horizontais, de rotação ou giração em relação às peças adjacentes (Fioriti; Ino; Akasaki, 2007).

Ainda, segundo os autores acima citados, o deslocamento vertical refere-se à tendência do revestimento de afundar quando uma carga central é aplicada a um dos blocos.

Para Fioriti, Ino e Akasaki (2007) a rotação ou giração refere-se à tendência da peça de girar quando uma carga é aplicada em sua extremidade.

O deslocamento horizontal refere-se à tendência dos blocos de se moverem lateralmente quando uma força horizontal é aplicada (Fioriti; Ino; Akasaki, 2007).

Os autores ainda colocam que os blocos podem ser fabricados com materiais recicláveis e também podem ser reutilizados, caso seja necessária uma manutenção no subleito do pavimento ou nas redes existentes abaixo da sua instalação, sem deixar marcas visíveis, embora esse tipo de pavimento não requer mão de obra especializada, é recomendável ter certa experiência em sua montagem. Isso se deve ao fato de que uma má aplicação pode resultar no deslocamento das peças e reduzir a vida útil do pavimento.

No entanto, mesmo se ocorrerem problemas durante a aplicação, o reparo desse tipo de pavimento é, geralmente, considerado fácil.

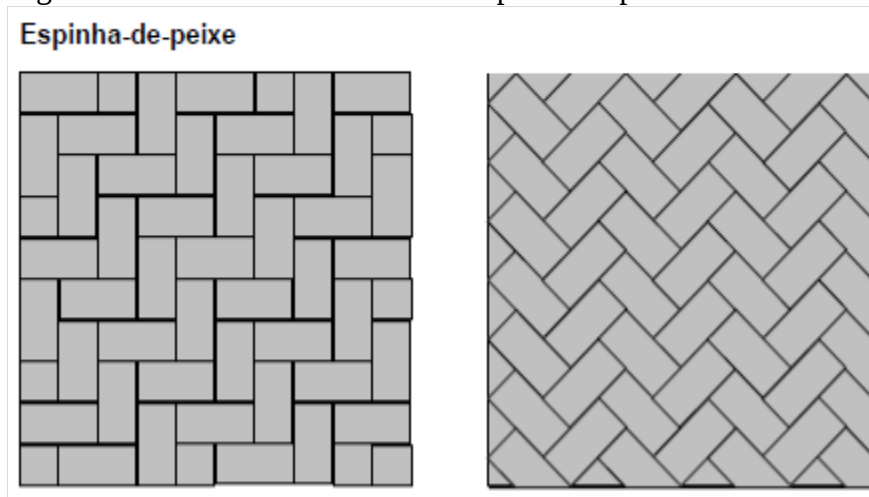
A durabilidade de um pavimento intertravado depende de vários fatores, incluindo a qualidade dos materiais usados, o projeto e a instalação adequados, as condições climáticas locais e o tráfego a que o pavimento é submetido.

De acordo com a ABCP (2010), a durabilidade desse tipo de pavimento é determinada pelo modelo de intertravamento utilizado. Fioriti, Ino e Akasaki (2007) afirmam que essa durabilidade pode chegar a até 25 anos.

3.5 MODELOS DE ASSENTAMENTOS

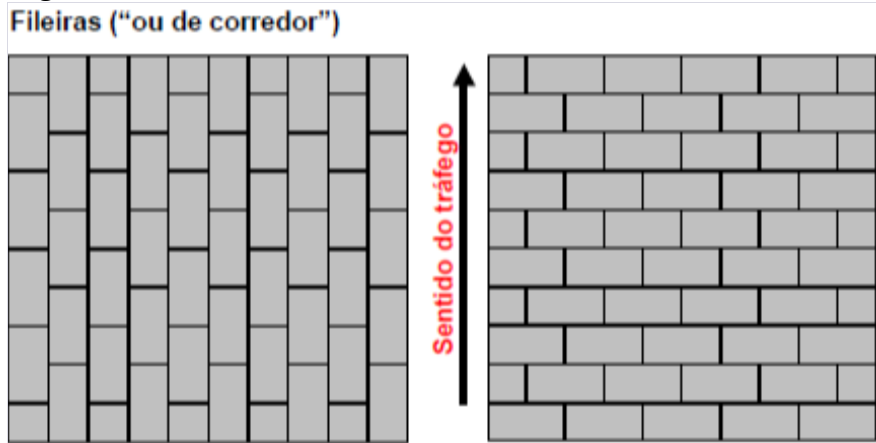
Apesar de sua série de vantagens, o piso intertravado se destaca por possuir uma alta variedade de escolhas referente a tipos e modelos de assentamento, que impacta diretamente no seu desempenho e aparência estética. Nas Figuras 5 a 7 são apresentados alguns dos modelos mais tradicionais usados ao redor do mundo.

Figura 5 - Modelo de assentamento espinha-de-peixe



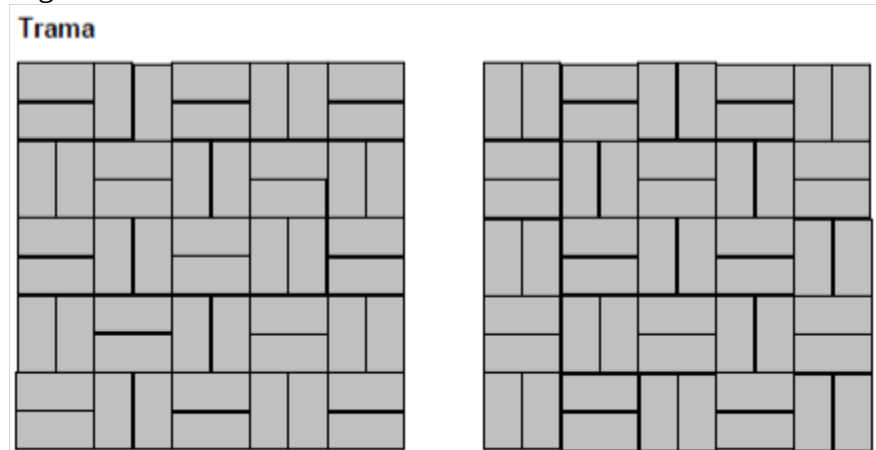
Fonte: Hallack (1998) *apud* Müller (2005).

Figura 6 - Modelo de assentamento fileiras



Fonte: Hallack (1998) *apud* Müller (2005).

Figura 7 - Modelo de assentamento trama



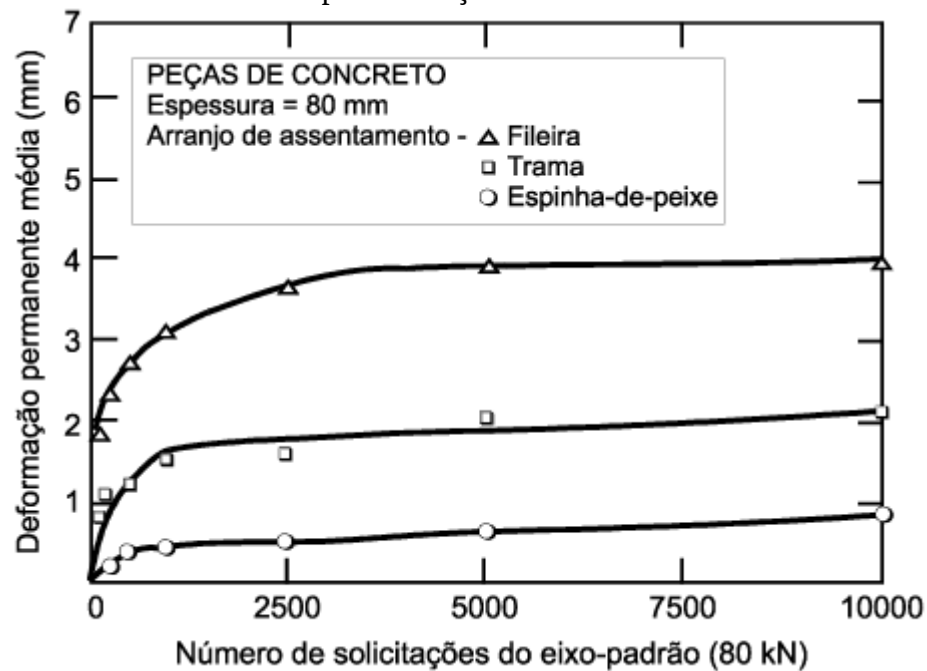
Fonte: Hallack (1998) *apud* Müller (2005).

A escolha do melhor modelo pode variar de acordo com o design desejado, o ambiente em que serão instalados, intensidade de tráfego e as preferências pessoais. Em alguns casos, pode ser apropriado combinar diferentes modelos de assentamento para criar uma aparência personalizada e atraente. Ressalta-se de que a preparação adequada do solo e a instalação correta são igualmente importantes para garantir a durabilidade e a estabilidade da pavimentação. Porém, alguns modelos podem apresentar melhores resultados de desempenhos quando sujeito a um tráfego constante.

Shackel (1990 *apud* Cruz, 2003) relata que os pavimentos que seguem o arranjo conhecido como "espinha-de-peixe" tendem a apresentar níveis de desempenho superiores, demonstrando menores valores de deformação permanente relacionados ao tráfego. Em contrapartida, observaram-se maiores deformações permanentes em pavimentos com um padrão de assentamento do tipo "fileira", especialmente quando o assentamento ocorre de forma paralela à direção do tráfego.

No Gráfico 2 está ilustrado efeitos de desempenhos permanentes referente a determinados modelos de pavimentação.

Gráfico 2 - Efeito de desempenhos permanentes a determinados modelos de pavimentação



Fonte: Shackel (1990) *apud* Cruz (2003).

3.6 ESTRUTURA DA PAVIMENTAÇÃO

A estrutura do pavimento intertravado é caracterizada pelo uso dos blocos de concreto, que são assentados sobre uma camada de areia, a base, a sub-base e o subleito. Os blocos e a areia de assentamento são geralmente contidos lateralmente por uma contenção ou meio-fio.

De forma técnica, pode-se afirmar que a função primária e fundamental de um pavimento é distribuir as cargas concentradas de modo a proteger o subleito. Isso é realizado de forma a garantir que a capacidade de suporte do subleito não seja ultrapassada, independentemente de o subleito ser resultado de corte ou aterro.

A Figura 8 mostra uma seção transversal típica do pavimento com blocos intertravados de concreto.

Figura 8 - Detalhamento estrutural da pavimentação em pavers



Fonte: ABCP (2010).

As espessuras das camadas do pavimento intertravado podem variar de acordo com as seguintes características:

- a) **intensidade do tráfego que circulará sobre o pavimento:** a intensidade e o tipo de tráfego que a pavimentação irá suportar, assim como a carga esperada, influenciando na densidade das camadas. As áreas de tráfego pesado eram mais espessas para garantir a resistência adequada (Wiebbelling, 2015);
- b) **características do terreno da fundação:** composto por solo natural ou constituído por meio de troca de solo, o material deve ser compactado em camadas de 15 centímetros, podendo variar de acordo com condições do local. O subleito deve ser regularizado e compactado até a cota de projeto antes da colocação das camadas posteriores. O dimensionamento deve ser realizado de acordo com referências bibliográficas, levando em consideração as demandas de tráfego de veículos e o CBR (Wiebbelling, 2015);
- c) **características dos blocos:** o tipo de bloco utilizado e sua geometria também podem influenciar nas espessuras das camadas de assentamento. Blocos maiores e mais pesados podem exigir camadas mais espessas para suportar a carga e evitar o afundamento (Wiebbelling, 2015).

É importante ressaltar que as espessuras das camadas, devem ser projetadas de acordo com as normas técnicas específicas do local e considerando as condições locais e requisitos de projeto (Carvalho, 1998).

De maneira geral, cada camada do solo desempenha um papel fundamental na construção de uma estrutura de pavimentação durável e estável. A pavimentação é um processo que envolve várias camadas, cada uma com sua função específica. As camadas típicas de uma pavimentação incluem:

- a) **subleito** - o subleito é a estrutura final de terraplenagem sobre a qual o pavimento será construído. Antes da colocação das camadas superiores, o subleito deve ser regularizado e compactado de acordo com a altura projetada para o pavimento. Isso significa que o subleito deve ser preparado, removendo-se os materiais alcançados e compactando-o para garantir uma base sólida e estável para o pavimento intertravado. Essa etapa é crucial para garantir a integridade e durabilidade do pavimento (Carvalho, 1998);
- b) **sub-base** - conforme mencionado por Fioriti, Ino e Akasaki (2007), a sub-base do pavimento pode ser composta por materiais granulares, solo selecionado, solobrita ou tratado com aditivos, como a utilização de solo melhorado com cimento Portland. A escolha do material da sub-base dependerá do valor mínimo de Índice de Suporte Califórnia (ISC) necessário;
- c) **base** - a base é a camada do pavimento responsável por receber as tensões vindas da camada de revestimento e tem como função principal proteger estruturalmente o subleito contra cargas externas, prevenindo deformações e a emulação do pavimento intertravado (Cruz, 2003);
- d) **camada de assentamento** - a finalidade da camada de assentamento é servir como base para o assentamento dos blocos, fornecendo uma superfície uniforme onde os blocos podem ser colocados e acomodados em suas variações dimensionais possíveis (Cruz, 2003). Segundo Hallack (1998 *apud* Müller, 2005), a camada de revestimento desempenha uma função estrutural devido à rigidez do concreto e ao sistema de intertravamento dos blocos. No entanto, é importante destacar que ocorre uma pequena deformação inicial no pavimento intertravado devido à acomodação inicial da camada de assentamento. No Brasil, a camada de assentamento dos blocos é geralmente

composta por areia, com um teor máximo de 5% de silte e argila (em massa) e um máximo de 10% do material retido na peneira de abertura de malha 4,8mm. Recomenda-se que a areia esteja dentro da faixa granulométrica mostrada no Quadro 1. A forma dos grãos de areia utilizada tem um impacto direto no comportamento e deformação do pavimento intertravado. Isso ocorre porque as partículas angulares apresentam um maior coeficiente de atrito, o que resulta em uma melhor distribuição dos esforços no pavimento (Barbosa, E.; Barbosa, F.; Bassi, 2021);

Quadro 1 - Faixa granulométrica recomendada para a camada de assentamento das peças

Abertura de peneira (mm)	Porcentagem que passa, em massa (%)		
9,50	100		
4,80	95	a	100
1,20	50	a	85
0,60	25	a	60
0,30	10	a	30
0,15	5	a	15
0,075	0	a	10

Fonte: Carvalho (1998).

- e) **camada de rolamento** - a camada de rolamento é realizada a partir dos blocos de concreto, sendo elaborado por três etapas durante a execução. O assentamento dos blocos, acabamento próximo às bordas, vãos e meio-fio ou qualquer outra interrupção no pavimento intertravado, e a terceira e última etapa é a vibração para travamento, realizado sobre o piso já finalizado. A execução do piso intertravado deve ser feito com cuidado para evitar o deslocamento das peças já assentadas e garantir uma camada de assentamento uniforme. O colocador deve posicionar cada bloco junto aos que já foram colocados e, em seguida, movimentá-lo verticalmente para baixo até que esteja nivelado com a camada de assentamento. O assentamento dos blocos intertravados pode ser realizado por meio de equipamentos automatizados, porém no Brasil a forma mais comum é o assentamento de forma manual, já que maquinários automatizados requerem um maior investimento e a forma mecânica ainda apresenta um bom índice de produtividade quando realizado com mão de obra especializada (Carvalho, 1998);
- f) **contenção lateral** - a contenção lateral desempenha um papel fundamental na pavimentação com blocos intertravados. Nesse contexto, a contenção é geralmente alcançada por meio da instalação de guias e meio-fios. Estes elementos desempenham um papel multifacetado no sistema de pavimentação, proporcionando uma série de benefícios essenciais. Além de delinear as bordas da área pavimentada, as guias e meio-fios têm como objetivo primordial proporcionar travamento, resistência e uniformidade ao pavimento intertravado. (ABCP, 2010).

3.7 EXECUÇÃO DA PAVIMENTAÇÃO INTERTRAVADA

Para execução da pavimentação intertravada, deve-se respeitar uma série de etapas importantes para que se garanta um resultado durável e uniforme. É importante que a instalação seja realizada por profissionais experientes ou por empresas especializadas, pois a execução adequada é fundamental para a durabilidade e segurança do pavimento (ABCP, 2010).

As etapas fundamentais para a instalação da pavimentação intertravada, de forma eficaz, estão descritas nos tópicos abaixo.

3.7.1 Serviços preliminares

O ponto de partida será os serviços preliminares, onde será realizado uma análise técnica, estudo e conhecimento do projeto a ser executado, que por sua vez, deve ser realizado antes do assentamento da primeira peça.

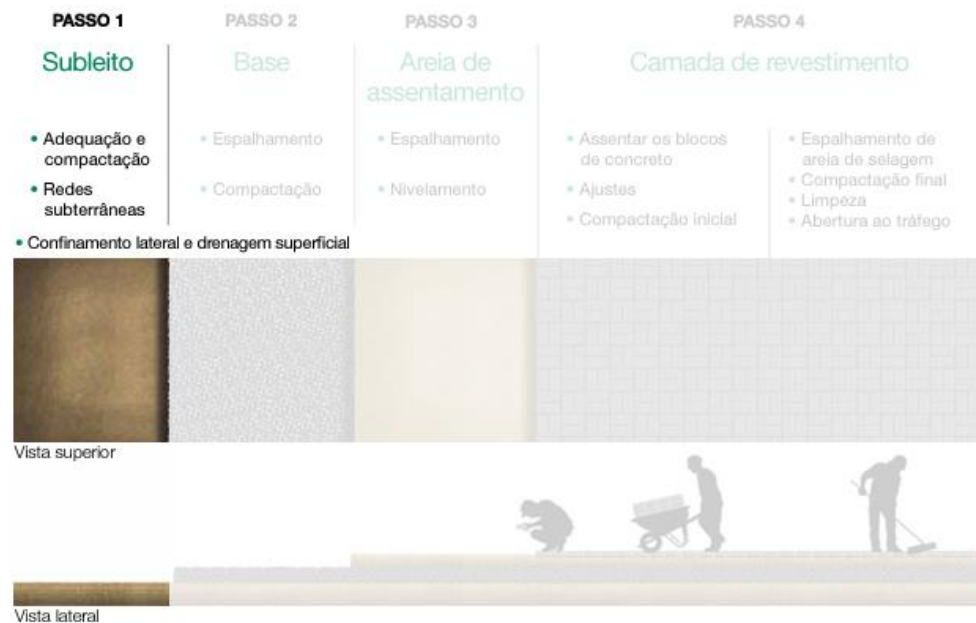
Esses serviços preliminares se baseiam em (ABCP, 2010):

- a) paginação do piso;
- b) todas as interferências ou pontos de intercessão como bueiros, postes, entradas de veículos, entre outros;
- c) planejamento: por onde começar; como fazer as juntas e recortes em interferências; como terminar etc.

3.7.2 Processos de execução

- a) **preparação de subleito** – conforme demonstrado na Figura 9, nesse processo deve-se realizar a adequação e compactação necessária, instalação das redes subterrâneas e confinamento lateral e drenagem superficial. A primeira medida a ser adotada é a verificação da camada de subleito, que servirá como base para o pavimento. Essa camada pode ser composta pelo solo natural do local ou por solo proveniente de escavações (empréstimo). Essa superfície deve ser observada para que esteja em condições necessárias para execução, deve estar corretamente compactada livre de buracos, elevações e irregularidades. Seu nivelamento seguirá a cota prevista no projeto com o caimento de acordo com as especificações. Recomenda-se que no mínimo, seu caimento seja de 2%, facilitando o escoamento de água. Antes da compactação do solo, deve-se ser realizado todas as instalações de drenagem, rede de serviços e locações complementares (ABCP, 2010);

Figura 9 - Primeira etapa do processo de execução da pavimentação intertravada



Fonte: ABCP (2010).

- b) contenções laterais** - todo pavimento intertravado deve obrigatoriamente conter algum tipo de contenção lateral, seja ela guias ou por meio-fio, essa barreira realizará o intertravamento necessário garantindo que a pavimentação em conjunto permaneça estável e resistente as movimentações individuais, tais como: rotação, movimentação horizontal e vertical. Existem dois tipos de confinamento: o externo, que circunda o pavimento em seu perímetro (geralmente composto por sarjetas e meios-fios), e o interno, que cerca as estruturas situadas dentro do pavimento (tais como bocas-de-lobo, canaletas, jardins etc.). Esses elementos devem ser construídos antes da aplicação da camada de areia de assentamento dos blocos de concreto, criando assim uma "caixa" na qual a areia e os blocos são colocados. O fundo dessa "caixa" corresponde à superfície compactada da base, enquanto as paredes são formadas pelas estruturas de confinamento. O confinamento ideal seja de parece vertical, em contato com os blocos intertravados. Portanto, é desejável que seja pré-fabricado ou moldado no local, normalmente utilizando concreto com uma resistência característica à compressão simples de, no mínimo, 25 MPa, medida aos 28 dias de idade. O confinamento deve ser construído de forma sólida, sem o risco de desalinhamento, e com altura suficiente para penetrar na camada de base do pavimento, proporcionando o suporte adequado (ABCP, 2010);
- c) preparação da base** - nessa etapa, conforme mostrado na Figura 10, para formação da base é comum utilizar-se a bica corrida, desde que tenha sido corretamente especificada, tomando as devidas precauções evitando que ocorra a segregação do material durante o transporte, descarga e espalhamento. Após esse processo, os principais pontos de construção que demandam atenção incluem a regularização e compactação da camada de base. Sua camada de superfície deve ficar perfeitamente uniforme, para que se evite desperdícios com a areia de assentamento (ABCP, 2010);

Figura 10 - Segunda etapa do processo de execução da pavimentação intertravada



Fonte: ABCP (2010).

- d) camada de assentamento** - na camada de assentamento, começa diretamente o serviço de construção do piso intertravado (Figura 11). Ela pode ser feita com pó de pedra ou areia média, isso pode variar de acordo com o projeto ou intensidade de tráfego. Seu nivelamento deve ser feito de forma manual por meio de uma régua niveladora ou sarrafo correndo sobre mestras, desta forma sua espessura deve ser regularizada de maneira uniforme e com uma altura ideal, em que não fique nem muito grande e nem muito pequena, obtendo então uma camada adequada para o funcionamento. Caso a camada esteja grande, poderá haver deformações (afundamento); se insuficiente, haverá quebra dos blocos. Essa espessura poderá ser definida pelo tamanho e formado dos blocos, mas de forma padronizada o ideal seria de 3cm e 4cm. É necessário um planejamento de jornada de trabalho, evitando pausas por períodos prolongados, pois isso pode afetar sua capacidade de assentamento (ABCP, 2010);

Figura 11 - Terceira etapa do processo de execução da pavimentação intertravada



Fonte: ABCP (2010).

- e) **camada de revestimento** - para elaboração da camada de revestimento, alguns critérios devem ser considerados.

Figura 12 - Quarta etapa do processo de execução da pavimentação intertravada



Fonte: ABCP (2010).

3.7.3 Fiada inicial

Para executar um pavimento uniforme, é recomendável elaborar uma primeira fiada com os blocos soltos e sem compactar. Isso permite verificar se o projeto está de acordo com as medidas reais da obra e se há necessidade de ajustes. Essa etapa de verificação prévia ajuda a evitar problemas posteriores e garante que o trabalho seja realizado de acordo com as especificações corretas (ABCP, 2010):

- a) **marcação inicial** - a marcação da primeira fiada é de grande importância, pois vai proporcionar o alinhamento e uniformidade do pavimento completo ao longo da execução. A utilização de fios e guias que acompanham a frente de trabalho é fundamental para iniciar o correto alinhamento dos blocos, tanto na largura quanto no comprimento da área. Esse procedimento assegura que o pavimento seja instalado de forma precisa e alinhada, contribuindo para a qualidade e durabilidade do projeto;
- b) **camada de revestimento** - após a instalação da primeira fileira de blocos, inicia-se o assentamento dos blocos subsequentes na pavimentação intertravada. O processo de assentamento é fundamental para garantir que os blocos se encaixem de maneira firme e segura, criando um pavimento durável e estável. O alinhamento correto dos blocos é um indicativo de sua boa qualidade, indicando que suas dimensões são uniformes e que houve atenção durante a construção do pavimento. Embora não haja diferença significativa no rendimento do trabalho entre o assentamento cuidadoso dos blocos alinhados e o procedimento que permite desvios, o resultado final, especialmente do ponto de vista estético, será muito diferente. Para garantir que os alinhamentos desejados sejam alcançados durante a execução de um pavimento, o assentamento das peças deve seguir os fios guias previamente fixados, tanto no sentido da largura quanto do comprimento da área. Os fios devem acompanhar a frente de serviço à medida que ela avança. Os serviços devem ser regularmente verificados por meio de linhas guias longitudinais e transversais a cada 5 metros. Os eventuais desajustes podem, na maioria das vezes, ser corrigidos sem a necessidade de remover os blocos, utilizando alavancas para restaurar o padrão de colocação desejado. Essas correções devem ser feitas antes do rejuntamento e da compactação inicial do pavimento, com cuidado para não danificar os blocos de concreto. As juntas entre os blocos têm que ter 3 mm em média (mínimo 2,5 mm e máximo 4 mm). Alguns blocos têm separadores com a medida certa das juntas. Os blocos não devem ficar excessivamente juntos, ou seja, com as juntas muito fechadas. As juntas entre os blocos devem ter uma média de 3 mm (com um mínimo de 2,5 mm e um máximo de 4 mm). Alguns blocos têm separadores embutidos que garantem a medida adequada das juntas. É importante evitar que os blocos fiquem excessivamente próximos uns dos outros, ou seja, com as juntas muito fechadas. Manter a medida correta das juntas é fundamental para permitir a expansão e contração natural dos blocos de concreto devido às variações de temperatura e umidade, evitando assim problemas de trincas e quebras no pavimento. A Figura 13 demonstra o processo de assentamento da camada de revestimento;

Figura 13 - Assentamento manual de blocos intertravados

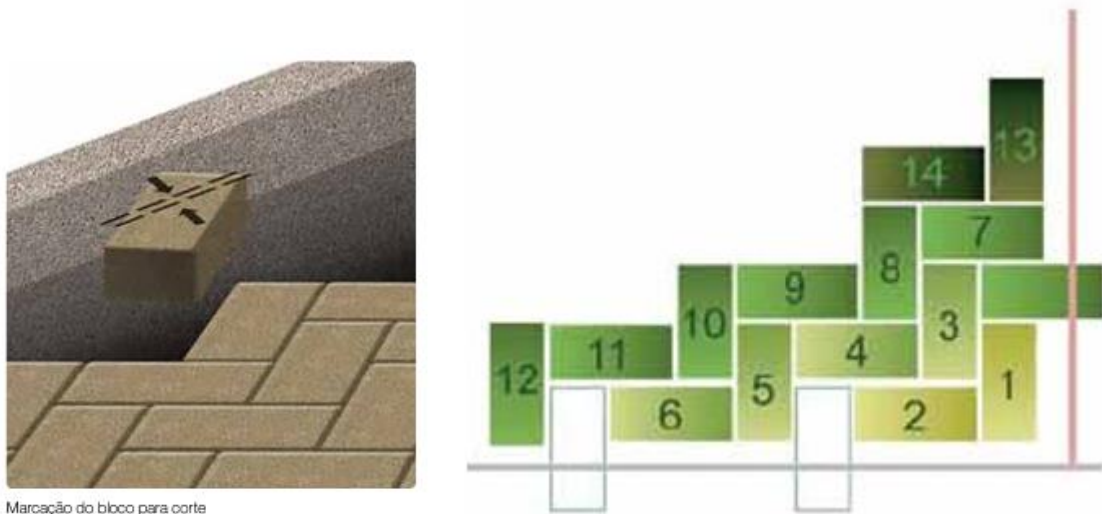


Fonte: Elaborada pelo autor.

c) **ajustes e arremates** - após assentar todos os blocos que se encaixam completamente na área a ser pavimentada, é necessário realizar ajustes e acabamentos nos espaços que ficaram vazios próximos aos confinamentos externo e interno. É importante evitar o uso de pedaços de blocos que tenham menos de $\frac{1}{4}$ do seu tamanho original. Nessas situações, o acabamento deve ser realizado com argamassa seca, que consiste em uma mistura de 1 parte de cimento para 4 partes de areia. Para fazer esse acabamento, é recomendável proteger os blocos vizinhos com papel grosso e usar uma colher de pedreiro para criar as juntas que existiriam se peças de concreto fossem usadas, incluindo as juntas próximas aos confinamentos. Esse procedimento garante um aspecto uniforme e evita quebrar os blocos maiores, mantendo a integridade estética e funcional do pavimento. Existem duas maneiras de fazer os arremates com peças de concreto:

- **corte de blocos** - os arremates devem ser feitos com pedaços de blocos íntegros, preferencialmente serrados com um disco de corte, seguindo o mesmo alinhamento e padrão do restante do pavimento. Os pedaços de blocos que serão usados para o acabamento devem ser cortados aproximadamente 2 mm menores do que o espaço onde serão colocados. O corte dos blocos com um disco de corte geralmente produz melhores resultados, embora seja possível utilizar guilhotina ou cinzel para essa finalidade. Garantir que os arremates estejam alinhados e sigam o padrão do pavimento é essencial para um resultado estético e funcional satisfatório (ABCP, 2010);

Figura 14 - Corte (tipo1) para finalização da pavimentação



Marcação do bloco para corte

Fonte: ABCP, 2010).

- **corte do piso** - os blocos que já foram assentados podem ser cortados conforme necessário. Após o corte, os blocos ou pedaços de blocos que não serão utilizados são removidos, e então são colocados no lugar os blocos ou peças de acabamento definidos no projeto. Esse processo permite fazer os ajustes necessários para que o pavimento atenda às especificações do projeto, garantindo um resultado adequado em termos de estética e funcionalidade (ABCP, 2010);

Figura 15 - Corte (tipo 2) para finalização da pavimentação intertravada



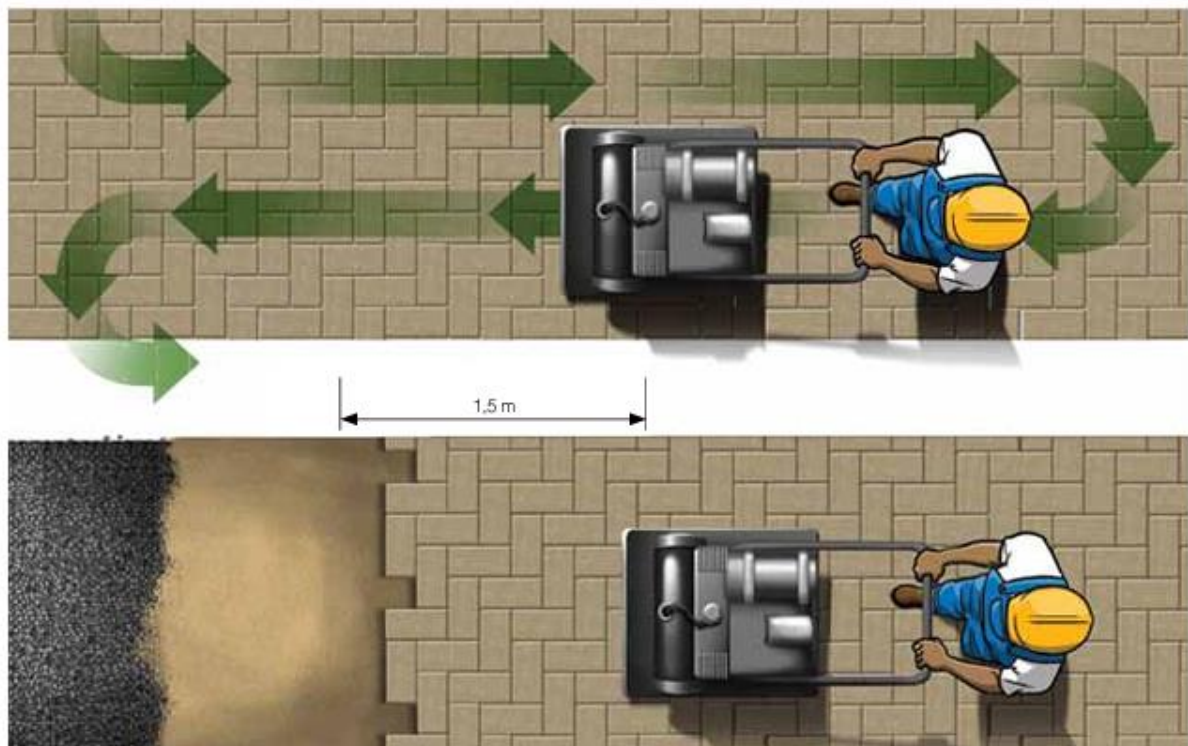
Fonte: ABCP (2010).

- d) **acabamentos junto ao confinamento** - os acabamentos também são fundamentais junto aos confinamentos internos ou interrupções no piso. Portanto, é de extrema importância alinhar o projeto com o espaço da obra, conforme indicado nos "serviços preliminares". Não deve ser usado pedaços de blocos que tenham menos de $\frac{1}{4}$ do seu tamanho original. Nessas situações, é aconselhável realizar o acabamento com argamassa seca, que consiste em uma mistura de 1 parte de cimento para 4 partes de areia. Isso garante que as áreas

próximas aos confinamentos internos ou interrupções no pavimento sejam finalizadas com qualidade, mantendo a estética e a durabilidade do projeto;

- e) **compactação inicial** - a compactação é feita com placas vibratórias e em duas etapas: compactação inicial e compactação final. Após colocação de todos os blocos, com os ajustes e acabamentos necessários, inicia-se a primeira compactação do pavimento, ela deve ser executada em toda a área pavimentada utilizando placas vibratórias. É recomendável realizar pelo menos duas passadas, seguindo direções diferentes, como primeiro ao longo de toda a área (direção longitudinal, por exemplo) e, em seguida, na direção transversal. É importante garantir que haja sobreposição entre os caminhos percorridos anteriormente, evitando a formação de degraus no pavimento. Esse processo de compactação contribui para a estabilidade e a durabilidade do pavimento intertravado. Cada passada deve cobrir, no mínimo, 20 cm além da passada anterior para garantir uma compactação uniforme. É importante interromper a compactação a uma distância de, no mínimo, 1,5 metro da frente de serviço, evitando compactar a área que ainda será pavimentada. Essas diretrizes contribuem para obter um resultado adequado na compactação do pavimento intertravado. Ao concluir os serviços de compactação inicial, é importante substituir por blocos inteiros aqueles que possam ter se quebrado ou danificado durante o processo, bem como corrigir quaisquer falhas que tenham surgido. Isso assegura que o pavimento fique uniforme, resistente e esteticamente agradável, garantindo a qualidade final do projeto (Figura 16);

Figura 16 - Processo de compactação da pavimentação intertravada



Fonte: ABCP (2010).

- f) **selagem das juntas** - após a compactação inicial e a substituição dos blocos danificados, é necessário espalhar uma camada de areia fina, semelhante à utilizada na preparação de argamassa de acabamento, sobre o pavimento

(Figura 17). Essa areia deve ser varrida de modo que seus grãos penetrem nas juntas entre os blocos. É importante ressaltar que não se deve adicionar cimento ou cal a essa camada de areia. A compactação final do pavimento é realizada após essa etapa. A selagem das juntas, ou seja, o preenchimento das juntas com areia, é fundamental para garantir o bom funcionamento do pavimento. Portanto, é essencial empregar o material adequado e executar essa selagem da melhor forma possível, ao mesmo tempo em que a compactação final é realizada. Se as juntas não forem seladas adequadamente, os blocos de concreto ficarão soltos, o pavimento perderá o intertravamento e se deteriorará rapidamente. Isso é válido tanto para pavimentos recém-construídos quanto para pavimentos existentes. Para selar as juntas corretamente, a areia deve ser espalhada sobre os blocos de concreto de maneira a formar uma camada fina e uniforme que cubra toda a área pavimentada, evitando a formação de montes. Isso garante a estabilidade e a durabilidade do pavimento intertravado. Após a conclusão da compactação final, é aconselhável realizar uma inspeção minuciosa para garantir que todas as juntas estejam completamente preenchidas com areia, e não apenas na porção superior. Se for observado que algumas juntas não foram preenchidas adequadamente, é importante repetir o processo de espalhamento de areia e compactação nessas áreas específicas. Garantir que todas as juntas estejam devidamente seladas contribui para a estabilidade e a durabilidade do pavimento intertravado. Portanto, a inspeção e a correção de quaisquer falhas são etapas essenciais no processo de construção;

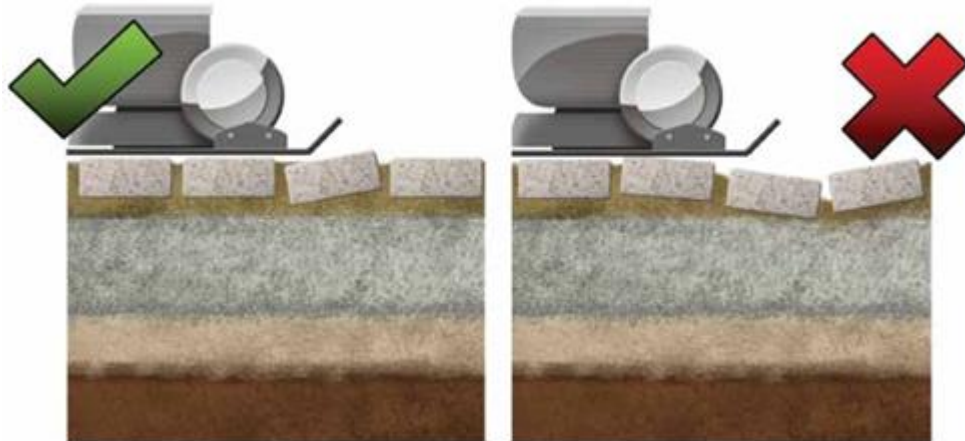
Figura 17 - rejuntamento das juntas dos blocos de concreto



Fonte: ABCP (2010).

- g) compactação final** - a compactação final é realizada da mesma maneira e com os mesmos equipamentos utilizados na compactação inicial. A ideia é garantir que toda a área pavimentada seja devidamente compactada para obter a estabilidade necessária do pavimento intertravado. Portanto, os mesmos cuidados, técnicas e equipamentos são aplicados na etapa de compactação final para garantir um resultado de alta qualidade;

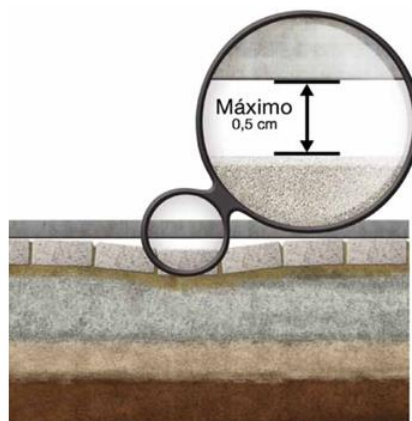
Figura 18 - Método de compactação



Fonte: ABCP (2010).

h) verificação final - após a compactação final e a selagem das juntas com areia, é importante verificar se todas as juntas estão completamente preenchidas. Se necessário, repita o processo de varrer areia fina e compactar para garantir que as juntas estejam seladas corretamente. Caso contrário, limpe a área pavimentada e abra-a ao tráfego. Uma ou duas semanas depois, retorne para reavaliar e refazer a selagem com areia fina, se necessário. Antes de liberar o pavimento ao tráfego, verifique se a superfície está nivelada, se atende aos caimentos necessários para drenagem e acessibilidade, se todos os ajustes e acabamentos foram realizados adequadamente e se há algum bloco que precise ser substituído. A superfície do pavimento intertravado deve ser nivelada e não deve apresentar desnível superior a 0,5 cm, o qual pode ser medido com uma régua de 3 metros de comprimento apoiada sobre a superfície. Esses cuidados finais asseguram a qualidade e a durabilidade do pavimento intertravado (Figura 19).

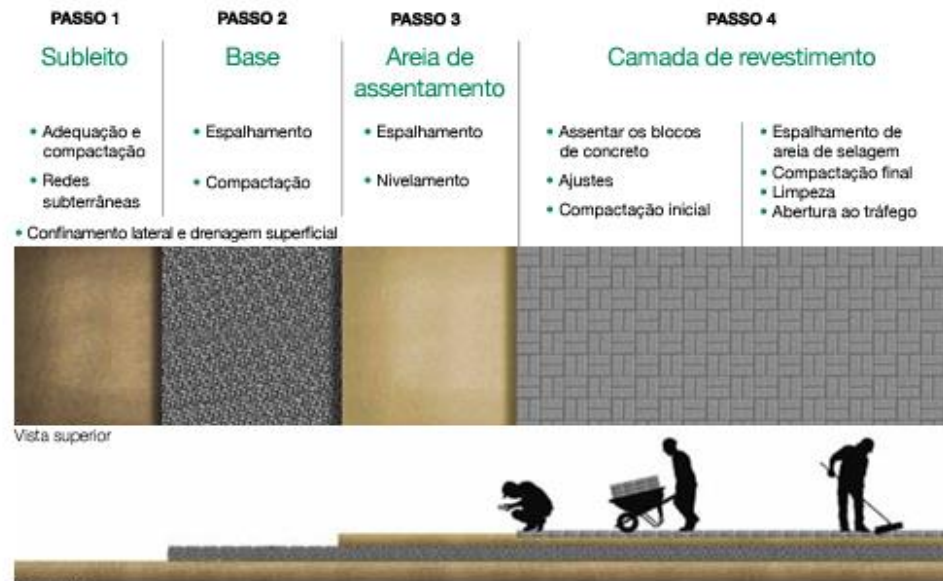
Figura 19 - Verificação final da pavimentação



Fonte: ABCP (2010).

Resumo das etapas:

Figura 20 - Resumo final das etapas de execução



Fonte: ABCP (2010).

3.8 SUSTENTABILIDADE

A pavimentação intertravada é uma alternativa de revestimento de superfícies que se destaca por suas inúmeras vantagens relacionadas à sustentabilidade. Essa técnica combina beleza estética, durabilidade e benefícios ambientais, tornando-a uma escolha cada vez mais popular em projetos de infraestrutura e urbanismo. Abaixo, destacaremos como a pavimentação intertravada contribui para a sustentabilidade (Pavimento [...], 2013):

- a) **permeabilidade** - uma das características mais marcantes da pavimentação intertravada é a sua capacidade de permitir a infiltração da água da chuva no solo. Isso reduz a escorrência superficial, minimiza o risco de inundações e auxilia na recarga de aquíferos. A parcela mais significativa na transformação da chuva em escoamento superficial é a infiltração da água. A capacidade de infiltração é comumente expressa em mm/está sujeita a variações conforme as características do terreno e as condições hidráulicas da água na superfície. O Serviço de Conservação do Solo (SCS), dos Estados Unidos, fornece valores de referência que podem variar de 25,4 mm/h para solos altamente permeáveis a 2,5 mm/h para solos praticamente impermeáveis. Em contrapartida, um pavimento intertravado permeável apresenta valores na faixa de 3600 mm/h, conforme mensuração pelo método proposto pela ABNT NBR 16416;
- b) **regulamentações e regras de condomínios** - o pavimento intertravado é frequentemente escolhido em condomínios devido às regras e regulamentações relacionadas à permeabilidade do solo. Muitos condomínios e órgãos reguladores incentivam ou bloqueiam o uso de superfícies permeáveis como parte das práticas de gestão de águas pluviais e sustentabilidade ambiental.
- c) **redução do aquecimento urbano** - superfícies intertravadas, por serem permeáveis e refletirem menos calor, contribuem para a mitigação do fenômeno das "ilhas de calor urbanas". Esse efeito ajuda a manter as áreas urbanas mais frescas e confortáveis para os habitantes;
- d) **durabilidade e redução de resíduos** - os pavimentos intertravados são conhecidos por sua durabilidade. Uma vez instalados corretamente, têm uma

longa vida útil e exigem menos manutenção e substituição ao longo do tempo. Isso reduz o desperdício de recursos e a geração de resíduos;

- e) **reciclabilidade** - o concreto utilizado na fabricação de blocos de pavimentação intertravada é reciclável. Isso significa que os blocos antigos podem ser reutilizados ou reciclados, contribuindo para a economia circular e a redução do consumo de matérias-primas virgens;
- f) **qualidade da água** - as juntas entre os blocos atuam como filtros naturais, removendo impurezas e sedimentos da água da chuva. Isso melhora a qualidade da água antes de ser devolvida ao meio ambiente;
- g) **facilidade de reparo e acesso a infraestrutura subterrânea** - quando é necessário fazer reparos em infraestruturas subterrâneas, como redes de água ou esgoto, a pavimentação intertravada pode ser facilmente removida e recolocada. Isso minimiza custos e impactos ambientais em comparação com outros tipos de pavimentação;
- h) **incentivo ao planejamento urbano sustentável** - a flexibilidade de design dos blocos de concreto permite que sejam utilizados em uma ampla variedade de projetos e estilos arquitetônicos, incentivando o planejamento urbano sustentável e o aumento de espaços verdes nas cidades.

Em resumo, a pavimentação intertravada não apenas oferece uma alternativa atraente e durável para pavimentação de superfícies, mas também desempenha um papel significativo na promoção da sustentabilidade ambiental e no enfrentamento dos desafios urbanos modernos. Ela se alinha com a necessidade de preservar os recursos naturais, melhorar a qualidade de vida nas cidades e enfrentar as mudanças climáticas, tornando-se uma escolha valiosa para projetos que buscam um equilíbrio entre o desenvolvimento urbano e a preservação do meio ambiente.

3.9 ACESSIBILIDADE

O pavimento intertravado é frequentemente utilizado em projetos de pavimentação para melhorar a acessibilidade em diversas áreas, como ruas, calçadas, praças, parques e áreas de circulação. A acessibilidade é um aspecto crítico do planejamento urbano e do design de espaços públicos, e os pavers podem desempenhar um papel importante nesse contexto. Destacam-se algumas maneiras como podem contribuir para a acessibilidade (Pisos [...], 2014):

- a) **superfície regular e antiderrapante** - os blocos de concreto geralmente têm uma superfície regular e antiderrapante, o que facilita a locomoção de pedestres, incluindo pessoas com mobilidade reduzida. Isso ajuda a prevenir escorregões e quedas, tornando as áreas pavimentadas mais seguras;
- b) **indicação tátil** - blocos com texturas específicas ou relevos podem ser usados para criar indicações táteis no solo, como faixas direcionais ou avisos de obstáculos, que auxiliam pessoas com deficiência visual a navegar com segurança em ambientes públicos;
- c) **personalização do design** - os pavers estão disponíveis em uma variedade de tamanhos, cores e padrões, permitindo a personalização do design de superfícies pavimentadas. Isso pode ser usado para criar sinalizações visuais ou táteis específicas que atendam às necessidades de acessibilidade;
- d) **instalação de rampas e declives acessíveis** - os pavers podem ser usados para criar rampas acessíveis para cadeiras de rodas e carrinhos de bebê. Eles podem

ser instalados de maneira a atender às diretrizes de inclinação e largura estabelecidas em regulamentos de acessibilidade;

- e) **durabilidade e resistência** - os pavers de concreto são duráveis e resistentes, capazes de suportar o tráfego pesado de pedestres e, em alguns casos, até mesmo o tráfego de veículos leves. Sua - durabilidade significa menos manutenção e substituição, mantendo as áreas acessíveis em boas condições;
- f) **soluções de drenagem** - em áreas onde a drenagem é importante, os blocos permeáveis permitem a infiltração de água da chuva no solo, evitando acúmulo de água e poças que podem ser um obstáculo à acessibilidade;
- g) **sinalização e estacionamento** - os pavers podem ser usados para criar sinalizações no solo, como faixas de travessia de pedestres, vagas de estacionamento acessíveis e áreas de carga e descarga (Pisos [...], 2023).

Em resumo, a pavimentação intertravada desempenha um papel significativo na melhoria da acessibilidade em áreas urbanas e espaços públicos. Sua versatilidade, durabilidade e capacidade de personalização permitem que sejam adaptados para atender às necessidades de mobilidade de diferentes grupos de pessoas, tornando as cidades mais inclusivas e acessíveis para todos. O design e a instalação adequados de pavers podem contribuir para a criação de ambientes urbanos mais seguros e acolhedores.

3.10 FABRICAÇÃO

As peças de concreto utilizadas em pavimentos intertravados são produzidas de forma industrial em vibro-prensas que proporcionam uma elevada compactação aumentando sua resistência mecânica e durabilidade. Após sua moldagem, as peças passam por um processo de cura em câmaras que mantêm a umidade relativa acima dos 95%. Esse procedimento garante a hidratação do cimento e resulta em uma absorção de água da peça que deve ser igual ou menor que 6%.

O período de cura na câmara geralmente dura cerca de 24 horas, e a cura final, que ocorre no pátio, depende de algumas condições industriais e pode variar de 7 a 28 dias. Portanto, as peças chegam à obra já prontas, e o processo industrializado assegura uniformidade de cor, textura e dimensões das peças, o que contribui para um pavimento de qualidade e esteticamente atraente (ABCP, 2010).

3.10.1 Processo de fabricação

Esse processo de fabricação, pode ser dividido em algumas etapas, essas etapas são:

- a) **dosagem dos materiais** - o processo de produção das peças de concreto para pavimentos intertravados envolve o uso de esteiras rolantes para transportar os agregados até os silos internos, que são equipados com balanças digitais para a dosagem precisa dos materiais. As proporções dos materiais são definidas de acordo com as características desejadas para o bloco, levando em consideração a umidade dos agregados. Os agregados recebem a adição de água, aditivos e pigmento durante o processo de produção para garantir que as peças atendam às especificações de resistência, durabilidade, cor e textura desejadas. Esse processo de dosagem e mistura cuidadosa é fundamental para obter peças de concreto de alta qualidade e uniformidade (Por dentro [...], 2017);
- b) **pigmentação do concreto** - a pigmentação do concreto pode variar de acordo com o projeto desenvolvido. No mercado, estão disponíveis diferentes opções de pigmentos que podem ser utilizados para aderir cor os blocos. É

fundamental seguir as orientações do fabricante do pigmento durante o processo de produção evitando então, comprometer a resistência da mistura (Por dentro [...], 2017);

- c) **transporte ao misturador** - para que se inicie o processo de moldagem, o concreto deve passar pelo misturador. Fábricas com tecnologias mais avançadas geralmente conduzem o concreto para o misturador por meio de carrinhos que percorrem trilhos específicos. Em contrapartida, equipamentos mais convencionais utilizam esteiras para transportar o concreto até o misturador. Esses sistemas de transporte garantem a movimentação eficiente dos materiais necessários para a produção das peças de concreto utilizadas em pavimentos intertravados (Por dentro [...], 2017);
- d) **moldagem** - a compactação do concreto é realizada por meio de vibração ou prensagem, e o formato dos blocos é definido pelo molde instalado na máquina de produção. Durante a etapa de moldagem, é necessário realizar um ajuste preciso entre a fôrma (molde) e o pente (equipamento de compactação), a fim de assegurar a precisão dimensional das peças de concreto que serão fabricadas. Esse processo de moldagem cuidadosa é essencial para obter peças de alta qualidade e uniformidade no pavimento intertravado (Por dentro [...], 2017);
- e) **cura** - após a fabricação dos blocos de concreto, eles devem passar pelo processo de cura, no qual adquirem resistência à medida que a água interna evapora. O ideal é que os blocos sejam armazenados em temperatura ambiente, protegidos da exposição direta ao sol e ao vento. Seguindo esses cuidados, o processo de cura pode durar até 7 dias. Outra alternativa para acelerar o processo e alcançar a resistência ideal, é armazenar os blocos de concreto em uma câmara a vapor com temperatura de 80°C e umidade de 100%. Com o uso dessa câmara a vapor, o processo de cura pode ser reduzido para 12 horas. Para garantir a qualidade dos blocos de concreto, eles não devem ser manipulados durante o processo (Windmoller, 2015).

3.10.2 Materiais usados para fabricação

Para a produção de blocos intertravados são utilizados materiais característicos de concreto, como: cimento Portland, agregados graúdos, agregados miúdos e água. Casualmente também são utilizados aditivos químicos e minerais, que fornecem a resistência e durabilidade (Miranda, 2023):

- a) **cimento portland** - a NBR 9781/2013, menciona que para a fabricação dos blocos de concreto pode ser usado qualquer tipo de cimento, entretanto deve-se obedecer às normas. Geralmente as indústrias utilizam o cimento de alta resistência inicial como o cimento CPV-ARI. Esse tipo de cimento proporciona um melhor processo de secagem e garante o fortalecimento das propriedades do concreto. Em comparação ao cimento comum, sua secagem chega a ser 4 vezes mais rápida, um bloco que levaria 12 dias para completar seu processo de cura, leva 3 dias (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013);
- b) **pedrisco** - o pedrisco é caracterizado como a base do bloco, um elemento essencial para sua composição. Recomenda-se que suas pedras não devem ultrapassar 6mm de diâmetro para que em sua fabricação garanta uniformidade e que não cause algum empecilho na máquina. É importante que a pedreira

possua uma boa peneira para que garanta um material regular e de extrema qualidade;

- c) **areia média** - a areia média é classificada por grãos que variam entre 4mm e 2mm de diâmetros, ela atua como um estabilizador, proporcionando firmeza e sustentação ideal. Sua dosagem é essencial para garantir a resistência apropriada;
- d) **pó de pedra** - o pó de pedra é responsável por proporcionar a liga perfeita, ela é necessária para que a massa do paver, garanta uma consistência ideal em seu processo de fabricação, facilitando no molde e evitando desperdícios;
- e) **água** - a água usada deve estar livre de quaisquer reagentes e substâncias que podem dificultar o processo de hidratação ou que retarde o período de cura.

3.10.3 Máquinas usadas para fabricação

Para a fabricação do bloco de concreto é usado diversos tipos de equipamentos e máquinas, esses equipamentos definem a qualidade e rendimento de sua produção.

As máquinas utilizadas na produção, são conhecidas como vibro-prensas multifuncionais, têm como capacidade fabricar artefatos de cimento Portland. Este termo é atribuído devido ao mecanismo empregado, que permite que o material seja dosado e preencha as formas dos moldes de aço das máquinas. Estes equipamentos operam em larga escala e oferecem vantagens significativas, incluindo o controle da uniformidade das resistências mecânicas, da textura e das dimensões dos produtos durante o processo de fabricação.

Atualmente encontram-se diversos tipos de vibro-prensas e elas são classificadas conforme seu processo de desforma e características de execução. A seguir alguns dos modelos mais tradicionais (FIORITI; INO; AKASAKI, 2007).

Figura 21 - Máquina LX 4000 Industrial



Fonte: Máquinas [...] (202-?).

Esse equipamento (Figura 21) emprega a superfície da mesa das máquinas para realizar as etapas de desmoldagem. A remoção dos produtos é realizada nas paletas, que são inseridas no equipamento de maneira manual ou automática em cada ciclo de produção. Após

a coleta das paletas, elas são posicionadas em áreas designadas para dar início ao processo de cura.

Ela opera com sistema pneumático de compactação, trabalhando em união com uma mesa vibratória, oferecendo um desempenho excepcional, resultando em artefatos com menos matéria-prima e maior resistência.

Para se adaptar às diferentes condições de trabalho, a LX 4000 Industrial está disponível em versões com motor monofásico, trifásico e até mesmo com motor a diesel ou gasolina. Dessa forma, pode-se utilizar tanto em canteiros de obras como em locais onde não há energia elétrica disponível.

Sua capacidade é de até 06 unidades de blocos por ciclo, tendo seu ciclo de 10 a 20 segundos.

Figura 22 - Máquina AGIL 4.3
Pneumática



Fonte: Máquinas [...] (202-?).

Essa máquina (Figura 22) pode ser operada com motor monofásico ou trifásico. Equipada com dois vibradores acionados simultaneamente, garantindo alta vibração, que resulta em blocos de qualidade e um acabamento superior. Com seu funcionamento otimizado, a Ágil Pneumática 4.3 permite altos níveis de produtividade com uma equipe reduzida, economizando recursos e maximizando lucros.

Sua operação é de forma Pneumática: onde utiliza-se ar comprimido para realizar várias operações, como compactação, moldagem ou liberação dos blocos de concreto.

A capacidade de produção pode variar entre 4000 a 4500 unidades de blocos a cada 8 horas trabalhadas, dependendo de fatores como quantidade de equipes e processos técnicos.

Figura 23 - Super Industrial HP 6.4



Fonte: Máquinas [...] (202-?).

Esse equipamento (Figura 23) é semiautomatizado com compactação hidráulica de 5 toneladas de pressão e extração também hidráulica. Os demais sistemas como injetor de tábuas e abastecedor de gaveta contam com sistemas pneumáticos.

A Super Industrial foi projetada para ser uma máquina de grande produção. Com recursos avançados e alta tecnologia, essa máquina se destaca em alcançar resultados de rendimento e qualidade.

Seu motovibrador auxiliar de compactação alocado entre o sistema hidráulico e o extrator, proporciona um desempenho ainda melhor na compactação, além de otimizar o tempo de cada ciclo de produção.

A Super Industrial também conta com painéis laterais, que oferecem um considerável grau de automação.

Sua produção pode chegar em até 20 unidades de blocos por minuto, tendo então 9500 unidades em 8 horas trabalhadas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer deste estudo sobre a pavimentação intertravada, foi possível aprofundar o entendimento sobre os métodos, materiais e práticas envolvidos na criação de superfícies pavimentadas de alta qualidade. A pavimentação intertravada desempenha um papel significativo na engenharia civil, oferecendo não apenas uma solução durável e sustentável, mas também uma estética atraente em áreas urbanas e rurais. A análise e as pesquisas realizadas permitiram que várias conclusões e insights fossem obtidos.

Primeiramente, no que diz respeito aos processos de fabricação dos blocos intertravados, ficou evidente que a qualidade dos materiais e a precisão do processo desempenham um papel crítico na durabilidade e no desempenho das pavimentações. A escolha dos materiais, juntamente com a conformidade rigorosa com normas e especificações, é essencial para garantir a qualidade dos blocos.

No aspecto econômico, o bloco intertravado se destaca positivamente em comparação a outras formas de pavimentações, uma vez que seus custos são inferiores e a mão de obra é mais acessível. Um exemplo evidente é o pavimento feito com pedras portuguesas, que envolve elevados custos de material, mão de obra mais dispendiosa e manutenções mais frequentes. Assim, o pavimento intertravado surge como uma alternativa mais viável em termos de previsões econômicas.

Em relação à execução da pavimentação, observou-se que a correta preparação do substrato, a compactação adequada, a seleção apropriada de padrões e a atenção aos detalhes são fundamentais para garantir a estabilidade e a resistência necessária.

Por fim, a importância da sustentabilidade na pavimentação intertravada não pode ser subestimada. A redução dos resíduos e as práticas ambientalmente conscientes, são essenciais para minimizar o impacto ambiental e promover a construção de pavimentações mais ecologicamente sustentáveis.

Em resumo, este estudo enfatiza a necessidade de integração eficaz entre os processos de fabricação e execução de pavimentação intertravada para alcançar resultados duradouros e de alta qualidade. À medida que as demandas continuam a crescer, o contribui para o corpo de

conhecimento existente e fornece orientações práticas para engenheiros e profissionais da construção civil.

REFERÊNCIAS

A HISTÓRIA do paver: o pavimento intertravado pelo mundo. **Tetracon**, 2017. Disponível em: <https://tetraconind.com.br/blog/a-historia-do-paver-o-pavimento-intertravado-pelo-mundo/>. Acesso em: 24 maio 2023.

ABCP. **Manual de pavimento intertravado**. São Paulo: ABCP, 2010. Disponível em: <https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2012/08/ManualPavimentoIntertravado.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9781**: peças de concreto para pavimentação - especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BADAN, G. de C. **Análise de índices de produtividade de uma obra de médio porte**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/30532/4/An%c3%a1liseDe%c3%8dndices.pdf>. Acesso em: 16 maio 2023.

BARBOSA, E. S. da C.; BARBOSA, F. G. R.; BASSI, V. B. **Pavimentação com blocos intertravados de concreto: estudo de caso: comparativo de dimensionamento do pavimento na obra CLPA 02 Empreendimentos Imobiliários LTDA**. 2021. Trabalho de Conclusão de

Curso (Especialização) – Instituto Ânima, Pouso Alegre, 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/19269>. Acesso em: 25 abr. 2023.

CARVALHO, M. D. de. **Pavimentação com peças pré-moldadas de concreto**. 4. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998. 32 p. (Estudo Técnico, n. 27).

CRUZ, L. O. M. **Pavimento intertravado de concreto**: estudo dos elementos e métodos de dimensionamento. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <https://docplayer.com.br/931605-Pavimento-intertravado-de-concreto-estudo-dos-elementos-emetodos-de-dimensionamento-luiz-otavio-maia-cruz.html>. Acesso em: 28 abr. 2023.

FIORITI, C. F.; INO, A.; AKASAKI, J. L. Avaliação de blocos de concreto para pavimentação intertravada com adição de resíduos de borracha provenientes da recauchutagem de pneus. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 43–54, out./dez. 2007. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3753/2106>. Acesso em: 23 maio 2023.

HILL, N. **Quem pensa enriquece**: o legado. Porto Alegre: Citadel, 2018.

MÁQUINAS para blocos e artefatos de concreto. **Jarfel**, [202-?]. Disponível em: https://www.jarfel.com.br/maquina-para-blocos-ou-pavers-de-concreto/?gclid=EAIaIQobChMIp72e7dP9gQMVxgCtBh3CVgkEAAAYAiAAEgJhhPD_BwE. Acesso em: 15 set. 2023.

MIRANDA, Bruno. Aprenda como fabricar pavers, bloquetes e pisos intertravados. **Jarfel**, [2023]. Disponível em: <https://www.jarfel.com.br/aprenda-como-fabricar-pavimentacao-corretamente/>. Acesso em: 15 set. 2023.

MÜLLER, R. M. Avaliação de transmissão de esforços em pavimentos intertravados de blocos de concreto. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

PAVERS e Bloquetes de Concreto. **Jarfel**, [202-?]. Disponível em: <https://www.jarfel.com.br/informativos/pavers-ou-bloquetes-de-concreto/>. Acesso em: 15 set. 2023.

PAVIMENTO intertravado é solução sustentável. **Mapa da obra**, 2013. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/negocios/pavimento-intertravado-e-solucao-sustentavel/>. Acesso em: 14 abr. 2023.

PISOS Intertravados para áreas públicas: segurança e acessibilidade. **SuaDecoracao.com**, 2023. Disponível em: <https://suadecoracao.com/pisos-intertravados-areas-publicas-seguranca-acessibilidade/>. Acesso em: 23 maio 2023.

PISOS intertravados são benéficos para cadeirantes. **Tecpar-Pavimentação Ecológica e Saneamento**, 2014. Disponível em: <https://tecparpavimentos.wordpress.com/2014/12/30/pisos-intertravados-sao-beneficos-para-cadeirantes/>. Acesso em: 15 maio 2023.

POR DENTRO de uma fábrica de blocos de concreto. **Tetracon**, 2017. Disponível em: <https://tetraconind.com.br/blog/por-dentro-de-uma-fabrica-de-blocos-de-concreto/>. Acesso em: 18 maio 2023.

TUDO o que você precisa saber sobre o Piso Intertravado. **Optimas**, c2023. Disponível em: <https://optimas.com.br/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-piso-intertravado/>. Acesso em: 17 maio 2023.

WIEBBELLING, P. O. G. **Pavimento com blocos intertravados de concreto: estudo de caso na Univates**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). - Centro Universitário Univates, Lageado, 2015. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/c012c16f-4f3a-4dcc-9209-e2787033dc68/content>. Acesso em: 29 maio 2023.