

Sofia de Souza Baulé

**AVALIAÇÃO DO USO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA EMPREGO  
EM PAVIMENTAÇÃO INTERTRAVADA: ANÁLISE DA  
FABRICAÇÃO, EXECUÇÃO E DIMENSIONAMENTO**

Florianópolis

2018

Sofia de Souza Baulé

**AVALIAÇÃO DO USO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA EMPREGO EM  
PAVIMENTAÇÃO INTERTRAVADA: ANÁLISE DA FABRICAÇÃO, EXECUÇÃO E  
DIMENSIONAMENTO**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Liseane Padilha Thives, Dr.<sup>a</sup>

Florianópolis

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Baulé, Sofia

Avaliação do uso de blocos de concreto para emprego em  
pavimentação intertravada: análise da fabricação e execução /  
Sofia Baulé ; orientadora, Liseane Padilha Thives, .  
p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,  
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, .

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Fabricação dos blocos de  
concreto do tipo Pavers. 3. Execução do pavimento  
intertravado com blocos de concreto. I. Padilha Thives,  
Liseane. II. Universidade Federal de Santa Catarina.  
Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Sofia de Souza Baulé

**AVALIAÇÃO DO USO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA EMPREGO EM  
PAVIMENTAÇÃO INTERTRAVADA: ANÁLISE DA FABRICAÇÃO, EXECUÇÃO E  
DIMENSIONAMENTO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 30 de novembro de 2018.



---

Prof.<sup>a</sup> Liseane Padilha Thives, Dr.<sup>a</sup>

Orientadora

Este trabalho é dedicado aos meus amados pais, ao meu irmão e  
à toda minha família.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Prof. Dr.<sup>a</sup> Liseane Padilha Thives, orientadora deste trabalho, por toda a disposição cedida ao projeto e por toda a ajuda, comprometimento e atenção doados desde o início da elaboração do mesmo. Um agradecimento eterno e especial pela iniciativa de me apresentar uma área de atuação da engenharia civil que me fizesse aflorar o amor pela profissão.

Agradeço aos meus colegas de curso que compartilharam comigo as diversas experiências vivenciadas na universidade, as quais jamais serão esquecidas.

Agradeço aos meus amigos que presenciaram toda a minha transformação enquanto aluna, desde o início da vida acadêmica até a conclusão da mesma.

Agradeço ao Lauro Salvador Ribeiro Pires por tornar mais leve essa jornada com todo o carinho e parceria durante o período de graduação.

Agradeço aos meus familiares que sempre me apoiaram e incentivaram incansável e incondicionalmente nessa trajetória, em especial à minha mãe, Vanessa Andréa de Souza Baulé, que com muito amor nunca deixou de acreditar e elevar o meu potencial.

Agradeço aos funcionários da Baltt Empreiteira Transportes e Terraplenagem Ltda, empresa executora da obra estudada neste trabalho, especialmente à Engenheira Katiuscia de Brida de Sant'anna e ao Engenheiro Jean Pierre Lana, pela receptividade, apoio e transmissão de conhecimento.

Agradeço ao Engenheiro Alexandre Homem de Bittencourt Hyppolito, da Construtora São José, por todas as informações compartilhadas e apoio dado a este trabalho.

Agradeço aos funcionários da Balttecnica Indústria de Premoldados Ltda, fabricante dos pavers objeto do estudo de caso deste trabalho, pela abertura e recepção durante o acompanhamento da produção.

Um agradecimento especial à Betonada da Civil e a Associação Atlética de Engenharia Civil da UFSC pela enorme oportunidade de crescimento pessoal e profissional que me proporcionaram nos últimos cinco anos.

A todos os acima citados agradeço a paciência e compreensão durante o período de realização deste trabalho de conclusão de curso.

*"A diferença entre o sonho e a realidade é a quantidade certa de tempo e trabalho."*

(William Douglas)

## RESUMO

Este trabalho contempla um estudo de caso da aplicação de pavimento intertravado de concreto de cimento Portland. Para tanto, foi acompanhada desde a produção dos blocos de concreto até a aplicação em um pátio de estacionamento. Os objetivos deste estudo são realizar um comparativo entre as informações contidas na bibliografia e a realidade de campo no que diz respeito à execução do pavimento intertravado com blocos de concreto, verificar a qualidade dos blocos e da execução do pavimento e avaliar o dimensionamento da estrutura. De modo a acompanhar os dois processos, inicialmente através da revisão de literatura, foi possível elencar as técnicas de execução do pavimento, avaliar as especificações da fabricação dos blocos de concreto e listar os métodos de dimensionamento mais utilizados. Posteriormente, foram realizados acompanhamentos de uma obra de pavimentação intertravada e da fabricação dos blocos de concreto para pavimentação em uma indústria. Foi realizada uma análise comparativa entre as regulamentações e recomendações em vigor na literatura e o apresentado na realidade da fábrica e da obra. Adicionalmente foi feito um dimensionamento por outro método recomendado pela literatura, como comparativo com o método utilizado no projeto. Como resultado, observou-se o atendimento parcial às normas e recomendações do referencial teórico no que diz respeito à execução, faltando certo cuidado com o armazenamento dos materiais e atenção com alguns detalhes devido ao curto prazo para a liberação do tráfego interno e entrega da obra pronta. A fabricação dos blocos atende às normas e recomendações existentes, sendo utilizados materiais e máquinas adequados e um processo de produção eficiente, resultando em blocos de excelente qualidade que conferem à empresa o selo Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) de qualidade. A partir deste estudo, foram feitas considerações e sugestões para contribuir com a execução adequada deste tipo de pavimento, como uma maior atenção com o projeto e o acesso a ele, a sinalização e isolamento durante a execução do pavimento e a análise prévia do tráfego interno da obra durante o período de execução da etapa de pavimentação.

**Palavras-chave:** Execução de pavimento com peças de concreto. Especificações de peças de concreto para pavimentação. Pavimento intertravado com blocos de concreto. *Paver*. Dimensionamento.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Espessura necessária de sub-base em função do CBR do subleito e do número “N” .....	36
Figura 2 – Espessura da base cimentada em função do número "N" .....	37
Figura 3 – Espessura necessária de base puramente granular (HBG) .....	39
Figura 4 – Fluxograma esquemático do procedimento metodológico do trabalho .....	51
Figura 5 – Silo de armazenamento de cimento.....	54
Figura 6 – Britador próprio da empresa.....	55
Figura 7 – Dosador dos agregados .....	55
Figura 8 – Armazenamento dos agregados ao ar livre .....	56
Figura 9 – Agregados no dosador.....	56
Figura 10 – Peças coloridas com o uso de pigmentos inorgânicos .....	57
Figura 11 – Misturador de marca nacional.....	58
Figura 12 – Interior do misturador importado .....	59
Figura 13 – Condução da massa para a vibroprensa marca Piorotti.....	59
Figura 14 – Condução da massa para a vibroprensa marca Columbia.....	60
Figura 15 – Vibroprensa hidráulica marca Columbia .....	61
Figura 16 – Vibroprensa hidráulica marca Piorotti .....	61
Figura 17 – Paletização automática da vibroprensa marca Columbia.....	62
Figura 18 – Central de controle da vibroprensa marca Columbia.....	62
Figura 19 – Central de comando da vibroprensa marca Piorotti .....	63
Figura 20 – Ventiladores aspersores de água na fábrica .....	64
Figura 21 – Câmaras de cura .....	64
Figura 22 – Armazenamento de paletes no pátio da fábrica.....	65
Figura 23 - Carregamento do caminhão para transporte dos blocos .....	65
Figura 24 – Mostruário de peças da fábrica .....	66
Figura 25 – Equipamento para ensaio de resistência à compressão .....	67
Figura 26 – Amostras submetidas ao ensaio de resistência à compressão .....	67
Figura 27 – Identificação dos paletes .....	68
Figura 28 – Representação da configuração do pavimento de projeto.....	69
Figura 29 – Espessura de sub-base em função do CBR do subleito e do número “N” utilizada no dimensionamento.....	71

Figura 30 – Espessura da base cimentada em função do número "N" utilizada no dimensionamento.....	71
Figura 31 – Representação da configuração final do pavimento do dimensionamento .....	72
Figura 32 – Seção tipo de pavimentação para áreas de tráfego pesado.....	75
Figura 33 – Seção tipo de pavimentação para áreas de tráfego leve .....	75
Figura 34 – Representação da configuração do pavimento executado.....	76
Figura 35 – Projeto de pavimentação do empreendimento .....	77
Figura 36 – Compactação do subleito .....	78
Figura 37 – Desbarrancamento do meio fio devido à escavação de valas para canaletas de drenagem .....	79
Figura 38 – Nivelamento da sub-base .....	80
Figura 39 – Nivelamento e compactação da base.....	80
Figura 40 – Detalhe do meio fio conforme projeto inicial .....	81
Figura 41 – Instalação das contenções laterais.....	81
Figura 42 – Corte dos blocos já assentados para a instalação de contenções internas .....	82
Figura 43 – Peças abertas e torcidas devido à circulação de tráfego sem travamento .....	83
Figura 44 – Contaminação da camada de assentamento .....	84
Figura 45 – Estoque de material de assentamento ao ar livre .....	84
Figura 46 – Nivelamento do material de assentamento por motoniveladora .....	85
Figura 47 – Compactação da camada de assentamento.....	85
Figura 48 – Espalhamento manual da camada de assentamento .....	86
Figura 49 – Detalhes do bloco e da paginação .....	88
Figura 50 – Blocos do tipo “L” ou “16 faces” cor natural .....	88
Figura 51 – Blocos retangulares cor grafite.....	89
Figura 52 – Estoque de paletes de blocos na obra.....	89
Figura 53 – Assentamento dos <i>pavers</i> “L” com a máquina pavimentadora.....	90
Figura 54 – Colocação de linhas-guia .....	90
Figura 55 – Acabamento com serra de disco diamantada .....	91
Figura 56 – Acabamento com preenchimento com areia de rejuntamento .....	92
Figura 57 – Arremates com pedaços muito pequenos de blocos.....	92
Figura 58 – Compactação com rolo compactador .....	93
Figura 59 – Estoque de areia de rejuntamento ao ar livre .....	95
Figura 60 – Espalhamento do material de rejuntamento com retroescavadeira .....	95
Figura 61 – Presença de montes de areia de rejuntamento.....	96

Figura 62 – Juntas parcialmente preenchidas .....	97
Figura 63 – Desnível maior do que 10mm .....	97
Figura 64 – Varrição com mini carregadeira equipada com vassoura coletora.....	98

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Amostragem para ensaio .....	32
Tabela 2 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego.....	34
Tabela 3 – Espessura e resistência dos blocos de revestimento .....	38
Tabela 4 – Distribuição granulométrica recomendada para o material de assentamento.....	44
Tabela 5 – Distribuição granulométrica recomendada para o material de rejuntamento .....	48
Tabela 6 – Classificação e parâmetros de tráfego das vias do projeto estudado .....	70
Tabela 7 – Espessura e resistência dos blocos do revestimento do projeto estudado .....	72
Tabela 8 – Distribuição granulométrica do material de assentamento utilizado.....	87
Tabela 9 – Distribuição granulométrica do material de rejuntamento utilizado .....	94

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBR	<i>California Bearing Ratio</i>
NBR	Norma Brasileira
ICPI	<i>Interlocking Concrete Pavement Institute</i>
ISC	Índice de Suporte Califórnia
MPa	Megapascal

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
1.1	OBJETIVO GERAL.....	18
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	19
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>20</b>
2.1	PAVIMENTO INTERTRAVADO COM BLOCOS DE CONCRETO.....	20
<b>2.1.1</b>	<b>Histórico .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Definições.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Características e aplicações.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.4</b>	<b>Estrutura do pavimento.....</b>	<b>24</b>
<b>2.1.5</b>	<b>Fabricação .....</b>	<b>27</b>
<b>2.1.6</b>	<b>Dimensionamento .....</b>	<b>32</b>
2.1.6.1	Métodos propostos pela ABCP .....	33
2.1.6.2	Método de Peltier.....	40
<b>2.1.7</b>	<b>Execução .....</b>	<b>40</b>
2.1.7.1	Projeto .....	40
2.1.7.2	Subleito.....	41
2.1.7.3	Base e sub-base.....	42
2.1.7.4	Contenções.....	43
2.1.7.5	Revestimento.....	43
2.1.7.6	Inspeção final .....	49
2.1.7.7	Liberação ao tráfego .....	49
2.1.7.8	Manutenção e limpeza .....	50
<b>3</b>	<b>MÉTODO .....</b>	<b>51</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
4.1	ACOMPANHAMENTO E ANÁLISE DA FABRICAÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO PARA USO EM PAVIMENTAÇÃO.....	53

4.2	DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DA ABCP .....	68
4.3	ACOMPANHAMENTO E ANÁLISE DA EXECUÇÃO DE PAVIMENTO INTERTRAVADO COM BLOCOS DE CONCRETO .....	74
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>99</b>
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99
5.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	100
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>101</b>
	<b>Apêndice A – Formulário de acompanhamento da fabricação dos blocos.....</b>	<b>104</b>
	<b>Apêndice B – Formulário de acompanhamento da execução do pavimento .....</b>	<b>108</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de peças pré-moldadas de concreto na pavimentação intertravada vem constantemente aumentando no mundo e, nos últimos anos, evoluindo para uma alternativa cada vez mais viável para o revestimento de pavimentos (MEDEIROS, 1993).

A normativa brasileira NBR 15953 (ABNT, 2011) define as peças de concreto como sendo o componente pré-moldado de concreto que é usado em camadas de revestimento de um pavimento intertravado.” (ABNT, 2011, p. 3).

Os blocos de concreto empregados em pavimentação são designados também de *pavers* (FIOROTI, 2007).

Por possuírem diversas vantagens em relação aos demais tipos de pavimento, as peças de concreto têm sido utilizadas para pavimentação de diferentes tipos de locais, como vias urbanas, postos de gasolina, estacionamentos, terminais de ônibus, portos e aeroportos (PIROLA, 2011). Os *pavers* são uma ótima alternativa para a pavimentação de portos e terminais de carga, pois são rígidos e duráveis como os pavimentos rígidos de placas de concreto e possuem a flexibilidade apresentada pelos pavimentos asfálticos (HALLACK, 1998).

As vantagens desse tipo de pavimentação são elencadas no Manual de Pavimento Intertravado (ABCP, 2010) como as seguintes:

- Superfície antiderrapante: o concreto proporciona segurança aos pedestres, mesmo em condições de piso molhado.
- Conforto térmico: a utilização de peças de concreto com pigmentação clara proporciona menor absorção de calor, melhorado o conforto térmico das calçadas.
- Liberação ao tráfego: imediato, após a compactação final do pavimento.
- Resistência e durabilidade: A elevada resistência do concreto confere grande durabilidade à calçada.
- Produto ecológico: Os produtos à base de cimento podem ser totalmente reciclados e reutilizados na produção de novos materiais. Isto ajuda na preservação de jazidas de calcário e evita a saturação de aterros.
- Diversidade de cores: as peças de concreto podem ser fabricadas com uma ampla variedade de cores e texturas (ABCP, 2010, p. 10).

Com o aumento da utilização dos blocos de concreto, vem crescendo também o número de fábricas produtoras, com diferentes tipos de equipamentos utilizados, níveis de controle da produção e qualidades de produto final (CORRÊA, 2013).

Mesmo com o contínuo crescimento do número de fabricantes do material, apenas uma pequena parcela deles garante as especificações de resistência impostas pela norma ABNT NBR 9781 (OLIVEIRA, 2004). A Associação Brasileira de Cimento Portland concede um selo de qualidade às fabricantes dos blocos que se enquadram nas normas vigentes da ABNT, obtendo atualmente noventa e cinco empresas portadoras do selo de qualidade ABCP.

Nesse cenário, este trabalho busca um estudo mais aprofundado desse tipo de pavimento, através da pesquisa baseada em bibliografias adequadas e o desenvolvimento de um método de análises práticas críticas acerca da fabricação das peças de concreto para emprego em pavimentação e da execução do pavimento intertravado como um todo.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o uso de blocos de concreto para emprego em pavimentação intertravada através da análise da fabricação dos blocos e da execução do pavimento em pátio de estacionamento.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- a) Avaliar as possíveis aplicações de blocos de concreto em pavimentação intertravada;
- b) Realizar a conferência dos procedimentos de fabricação e execução através de um formulário elaborado após o estudo das normas e recomendações existentes;
- c) Verificar o atendimento às normas brasileiras em vigor durante a execução de um pátio de estacionamento;
- d) Analisar o controle de qualidade do pavimento em estudo;
- e) Avaliar a qualidade da produção dos blocos, bem como o armazenamento e transporte, através do acompanhamento da fabricação dos *pavers* em uma indústria;
- f) Realizar um estudo de caso por meio do acompanhamento de uma obra;
- g) Comparar estruturas de pavimentos dimensionadas por diferentes métodos;
- h) Apresentar as vantagens e desvantagens deste tipo de revestimento, bem como as qualidades e os problemas durante sua execução.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado nos seguintes cinco capítulos.

No Capítulo 1, a Introdução apresenta uma breve definição das peças de concreto abordadas neste trabalho, bem como suas aplicações em pavimento intertravado, vantagens desse tipo de revestimento, e o cenário atual da fabricação e utilização dos *pavers*.

No Capítulo 2, Revisão de Literatura, é apresentado o referencial bibliográfico que servirá de base para a elaboração do método e acompanhamento da obra. Foi realizada uma pesquisa acerca da fabricação dos blocos de concreto do tipo *paver*, bem como da execução do pavimento intertravado como um todo, incluindo todas as camadas que o compõem. São descritos e explicados os métodos de dimensionamento existentes na literatura mais utilizados no Brasil. São abordadas as normas brasileiras relacionadas a peças de concreto para uso em pavimentação, bem como manuais, livros, artigos, dissertações e teses sobre o tema.

O Capítulo 3, Método, descreve todo o processo de elaboração deste trabalho, desde a estruturação da revisão bibliográfica até a obtenção dos resultados, incluindo o passo-a-passo da pesquisa, a visita à fábrica em questão, o acompanhamento da produção dos blocos, o acompanhamento da obra desde a fase de terraplenagem, os aspectos da análise crítica, os métodos de dimensionamento comparados e a obtenção do resultado.

No Capítulo 4, os Resultados, foram desenvolvidos itens de conferência baseados na regulamentação existente, bem como nas recomendações obtidas pela pesquisa bibliográfica. Esses itens foram verificados no estudo de caso, além de outros aspectos da fabricação dos *pavers* e da execução do pavimento, através do acompanhamento dos processos. É realizado um dimensionamento por método diferente do utilizado na realidade, com posterior comparativo entre os resultados. Os dados obtidos em campo estão descritos nos resultados, acompanhados por imagens capturadas durante o andamento dos processos.

Nas Considerações Finais e Recomendações, Capítulo 5, são dispostas as conclusões das análises realizadas durante o trabalho, verificando que os procedimentos realizados pela empresa na fabricação das peças e na execução do pavimento estão quase que integralmente de acordo com as normas existentes e com as recomendações descritas na bibliografia. São descritas as conclusões do comparativo dos métodos de cálculo para dimensionamento de pavimento intertravado. Outras conclusões e resultados obtidos no trabalho também são descritos nesse capítulo, juntamente com recomendações para trabalhos futuros a serem desenvolvidos sobre o tema.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PAVIMENTO INTERTRAVADO COM BLOCOS DE CONCRETO

#### 2.1.1 Histórico

Os pavimentos intertravados são utilizados há milhares de anos pelo mundo. Na Mesopotâmia há quase 5.000 anos a.C. e no Império Romano desde 2.000 a.C., era utilizado um modelo semelhante para a pavimentação de vias, revestidas de pedras brutas (ABCP, 2010). Posteriormente, os pavimentos feitos de pedras brutas evoluíram para pedras talhadas manualmente e passaram a ser denominados paralelepípedos. As pedras eram moldadas para que houvesse melhor ajuste entre elas durante a pavimentação (ABCP, 2010). Marchioni (2012) complementa que o pavimento intertravado teve origem com a pavimentação com pedras talhadas, com o objetivo de melhoria do rolamento que antes era feito com pedras em estado natural. Porém, a pavimentação com pedras talhadas possuía grande dificuldade de produção artesanal, além de um aspecto ainda irregular, desfavorecendo o conforto e dificultando a passagem de pessoas e veículos (ABCP, 2010).

A partir dessa dificuldade, iniciou-se o uso do pavimento intertravado em blocos, que começaram a ser fabricados em concreto pré-moldado apenas no final do século XIX em fábricas menores. Depois da Segunda Guerra Mundial, os blocos industriais começaram a ser produzidos em grandes fábricas na Alemanha (ABCP, 2010). Posteriormente à Guerra, devido à necessidade de reconstruir a Europa, surgiu o sistema de pavimentação de blocos de concreto intertravados (FIORITI; INO; AKASAKI, 2007).

Após 1950, as formas dos blocos evoluíram consideravelmente. No início, as peças de concreto tentavam copiar tijolos, pois pretendiam que ocorresse a substituição gradual desse material. As vantagens dos blocos de concreto conhecidas na época se limitavam nos baixos custos e na homogeneidade das peças (CRUZ, 2003).

Nos anos 1960, as tecnologias utilizadas na fabricação e execução dos blocos cresceram na Europa, juntamente com o mercado, se espalhando a partir desse momento pelo resto do mundo (PAGE, 1998). No Brasil, seu uso se iniciou na década de 1970 e desde então diversos aperfeiçoamentos foram incluídos na fabricação dos blocos (HALLACK, 1999).

Com o passar dos anos, o processo de urbanização intensificou-se de forma progressiva nas grandes cidades (ONO; BALBO; CARGNIN, 2017). Desse modo, iniciou-se uma intensa utilização de pavimentos com blocos pré-moldados de concreto de cimento Portland em todo

mundo e particularmente no Brasil (FIORITI; INO; AKASAKI, 2007). Assim, a demanda possibilitou oferecer a utilização de materiais alternativos cuja principal preocupação é a busca por um equilíbrio entre os pilares ambientais, tecnológicos e econômicos (FIORITI, 2007).

O pavimento intertravado com peças de concreto é uma versão aperfeiçoada dos antigos paralelepípedos, com melhoria da forma e notando-se evolução destacada na estrutura e na fabricação (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2004).

### 2.1.2 Definições

A normativa brasileira NBR 9781 (ABNT, 2013) define pavimento intertravado como:

Um pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto justapostas em uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção. (ABNT, 2013, p. 2).

A normativa da Prefeitura de São Paulo, IP-06 (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2004) considera que o uso de peças pré-moldadas de concreto de cimento Portland como revestimento de pavimentos consiste em um modelo de pavimento flexível, que possui algumas vantagens em relação aos pavimentos rígidos.

Pavimento flexível, por sua vez, é definido pela NBR 15953 (ABNT, 2011) como “Tipo de pavimento no qual a absorção de esforços se dá de forma dividida entre as camadas, com as tensões verticais em camadas inferiores mais concentradas em região próxima da área de aplicação da carga.” (ABNT, 2011, p. 2).

Fernandes (2013) complementa que, assim como nos demais tipos de pavimentos, no pavimento intertravado o revestimento garante o conforto necessário para o trânsito de pessoas e veículos e, em conjunto com as camadas inferiores, permite a passagem de veículos leves ou pesados, conforme o tipo. Os blocos de concreto de cimento Portland para uso em pavimentação também são denominados coloquialmente de *pavers*. No entanto, é importante destacar que pavimento intertravado e *paver* não são sinônimos. O pavimento intertravado é o conjunto do pavimento como um todo, do revestimento de peças de concreto e camadas inferiores; e o *paver*, por sua vez, é a peça de concreto pré-moldada isolada (FERNANDES, 2013).

A Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP (2010) define que o pavimento intertravado consiste em blocos de concreto pré-moldado travados entre eles por uma contenção lateral e assentados sobre uma camada de areia de assentamento. Assim, por meio do atrito lateral existente entre as peças de concreto adjacentes, ocorre a transmissão de parte da carga

aplicada sobre o revestimento de um bloco para o outro, garantindo o intertravamento entre eles (FERNANDES, 2013).

Esse tipo de pavimentação representa uma versão moderna dos antigos calçamentos, elaborados como blocos de cantaria (paralelepípedos), destacando-se na forma dos blocos e no processo de fabricação (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2004). Sendo este pavimento considerado como um composto por peças juntas de concreto, travadas entre si por contenções laterais, sobre uma camada de areia de assentamento, nos quais os blocos de concreto para pavimentação intertravada são considerados maciços e permitem a pavimentação das superfícies, os mesmos apresentam a capacidade de resistir aos movimentos de deslocamento individual (FIORITI; INO; AKASAKI, 2007; LEITE, 2015).

Os *pavers* são constituídos de blocos pré-fabricados de concreto, maciços, que permitem pavimentar uma superfície completa sendo que a parte intertravada oferece a capacidade de adquirir resistência aos movimentos individuais, seja vertical, horizontal, de rotação ou de giração em relação às peças vizinhas (FIORITI, 2007).

### **2.1.3 Características e aplicações**

Segundo a normativa IP-06 (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2004), as formas das peças de concreto pré-moldado são escolhidas de forma a melhor transferir a solicitação de carga para a peça vizinha, através das faces laterais que estão em contato, ou seja, pelo intertravamento, fazendo com que haja uma redução da transferência de carga para as camadas inferiores do pavimento.

A NBR 9781 (ABNT, 2013) define intertravamento como sendo “A capacidade das peças de concreto de resistirem a deslocamentos individuais, sejam eles verticais, horizontais, de rotação ou giração, em relação às peças adjacentes.” (ABNT, 2011, p. 3).

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2010) afirma que o intertravamento é o grande responsável pelo bom desempenho e durabilidade do pavimento de blocos de concreto e define os possíveis deslocamentos individuais das peças. Os deslocamentos individuais são classificados como (ABNT, 2013):

- Deslocamento vertical: tendência do revestimento de afundar quando solicitado por uma carga central a um dos blocos;
- Rotação ou giração: tendência da peça de rotacionar quando solicitado por uma carga em sua extremidade.

- Deslocamento horizontal: tendência das peças de se deslocarem lateralmente quando solicitados por um esforço horizontal.

Existem diversos modelos de *pavers* com diferentes finalidades, com mais de 100 tipos utilizados no mundo inteiro (FERNANDES, 2013). No Brasil, a norma NBR 9781 (ABNT, 2013) divide as peças de concreto em quatro tipos, em relação à sua forma como os seguintes:

- Tipo I: Peças de concreto com formato próximo ao retangular, com relação comprimento/largura igual a dois, que se arranjam entre si nos quatro lados e podem ser assentadas em fileiras ou em espinha de peixe.
- Tipo II: Peças de concreto com formato único, diferente do retangular, e que só podem ser assentadas em fileiras.
- Tipo III: Peças de concreto com formatos geométricos característicos, como trapézios, hexágonos, triedros, etc., com pesos superiores a 4 kg.
- Tipo IV: Conjunto de peças de concreto de diferentes tamanhos, ou uma única peça com juntas falsas, que podem ser utilizadas com um ou mais padrões de assentamento.

As peças intertravadas, também denominadas como *pavers*, são utilizadas como revestimento para pavimentos com uma possibilidade ao revestimento asfáltico (LEITE, 2015). Porém, segundo a normativa IP-06 (2004), este tipo de pavimento é mais apropriado para o uso em vias com volume de tráfego baixo.

Fioriti (2007) afirma não haver concordância entre os autores sobre a existência de relação entre a forma dos blocos e o desempenho do pavimento, sendo escolhida juntamente com o modelo de assentamento apenas para fins estéticos. Por outro lado, o *Interlocking Concrete Institute* (ICPI, 2002) assevera ser recomendado o arranjo do tipo espinha de peixe em vias de tráfego, pois ele apresenta melhor intertravamento entre os blocos.

Fernandes (2013) cita que uma das grandes vantagens da pavimentação intertravada é a facilidade de execução, uma vez que os blocos são apenas assentados sobre uma de areia que contribui com o intertravamento, além de regularizar a base abaixo do revestimento.

Para Hallack (2001) os *pavers* são conhecidos por suas características estéticas, versatilidade do material, facilidade de estocagem e homogeneidade. Leite (2015) ainda complementa que há outras propriedades do pavimento que devem receber destaque, como:

- Possibilidade de utilização imediata após a compactação final do pavimento;
- Trincas das camadas de base não são transmitidas ao revestimento;

- Acomodações do subleito não costumam causar rebaixamentos no pavimento, o qual se tende a se manter contínuo;
- Caso ocorram acomodações no subleito que afetem o revestimento, a restauração é facilmente executável;
- Fácil manutenção de canalizações subterrâneas e sem deixar vestígio;
- A elevada qualidade e resistência do concreto confere grande durabilidade ao pavimento;
- O pavimento é mais permeável, permitindo micro drenagens de águas fluviais.

A Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP (2010) elenca, ainda, outras vantagens do pavimento intertravado, como a segurança para tráfego de pedestres devido à propriedade antiderrapante das peças; o conforto térmico pela menor absorção de calor dos blocos se comparados a calçadas com outros tipos de revestimento; a característica ecológica do concreto devido à possibilidade de reciclagem e reutilização; e a diversidade estética que esse tipo de pavimento oferece através dos diferentes tipos de formatos e cores dos blocos.

A escolha em projeto pela utilização do pavimento intertravado pode considerar também, segundo a normativa IP-06 (2004), os baixos custo e prazo para implementação; a utilização de mão-de-obra não especializada e de fácil obtenção no local, tendo em vista a relativa simplicidade do processo construtivo do revestimento; e a existência de nível d'água próximo a superfície, sendo esse tipo de pavimento apropriado para esses casos.

#### **2.1.4 Estrutura do pavimento**

Pavimento, segundo a NBR 15953 (ABNT, 2011), é definido como sendo:

Uma estrutura construída após a terraplenagem e destinada a: resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais oriundos dos veículos; melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança; resistir aos esforços horizontais que atuam nesta estrutura, tornando mais durável a superfície de rolamento. (ABNT, 2011, p. 2).

Bernucci (2008) define pavimento como uma estrutura de camadas sobre uma fundação denominada subleito, que formam um sistema com comportamento estrutural dependente da espessura e da rigidez de cada camada e da interação entre elas.

Os pavimentos flexíveis, nos quais estão inclusos os pavimentos intertravados (ABNT, 2013), possuem em seu sistema de camadas uma camada de revestimento, uma de base, de sub-base e reforço de subleito, as quais são formadas por materiais granulares, solos ou mistura de

solos e, dependendo do volume de tráfego de projeto, podem ter uma ou mais dessas camadas excluídas (BERNUCCI, 2008). As camadas de um pavimento são a seguir descritas.

- Regularização

A camada de regularização tem a função de conformar o subleito conforme o projeto e prepará-lo para receber as próximas camadas do pavimento e, portanto, não possui uma espessura regular (SENÇO, 2001).

Carvalho (1998) complementa que a finalidade dessa camada é permitir que a base e sub-base possam ser compactadas da maneira adequada, permitindo trabalhar com firmeza sobre o subleito regularizado.

O subleito regularizado é formado pelo solo natural do local ou de empréstimo e deve ser compactado a cada 15 cm, geralmente, dependendo das condições do local (ABCP, 2010).

- Reforço de subleito

O reforço de subleito é a camada construída sobre o subleito com resistência maior do que ele, que tem o objetivo de reduzir a espessura da camada de sub-base (ABNT, 1992).

Essa camada possui espessura constante e propriedades melhores do que o subleito regularizado e piores do que a camada de sub-base e funciona como um complemento ao sub-base, resistindo aos esforços verticais e distribuindo-os para o subleito que, por sua vez, absorve os esforços, funcionando como a fundação do pavimento (SENÇO, 2001).

- Sub-base

A sub-base é a camada superior ao subleito, ou a regularização se houver, que funciona como forma de correção a ele, ou de complementação à base, quando por algum motivo não seja recomendado executar a camada de base diretamente sobre o leito obtido pela terraplenagem (ABNT, 2011).

O material recomendado para compor a sub-base deve ter propriedades superiores às do material do reforço de subleito (ou do próprio subleito, quando não houver reforço) e inferiores às características do material de base, que virá acima dela (SENÇO, 2001).

A qualidade do material de sub-base e a espessura da camada são definidas em função do tráfego previsto para o local juntamente com as condições do subleito existente (CARVALHO, 1998).

- Base

A camada de base é executada abaixo do revestimento e tem a função de resistir e distribuir os esforços provenientes do tráfego de veículos (ABNT, 2011).

Cruz (2003) afirma que essa camada é a que recebe diretamente os esforços distribuídos pelo revestimento e protege a estrutura do subleito das cargas solicitantes, impedindo que ocorra deformação permanente ou ruptura que degenere o pavimento intertravado.

Senço (2001) pondera que se pode considerar a estrutura do pavimento como uma composição de base e revestimento, podendo ou não haver complemento da base pela existência da sub-base e do reforço de subleito.

- Revestimento

Segundo Cruz (2003), o revestimento é a camada que resiste às tensões de contato entre o veículo e o pavimento e protege as camadas subjacentes da abrasão, além de funcionar como impermeabilizante para a camada de base, mantendo a sua baixa umidade e garantindo a estabilidade da estrutura.

O revestimento suporta de forma direta a solicitação do tráfego e tem a função de melhorar a camada de rolamento no que diz respeito ao conforto e a segurança do usuário, além da resistência ao desgaste, fazendo com que o pavimento tenha maior durabilidade (SENÇO, 2001).

No caso do pavimento intertravado, a camada de rolamento do pavimento é formada por *pavers* que compõem um revestimento de grande durabilidade e resistência, assentados sobre uma camada delgada de areia ou pó de brita. Este revestimento deve ser capaz de suportar as cargas e as tensões provocadas pelo tráfego protegendo a camada de base do desgaste por abrasão e a mantendo com baixos níveis de umidade permitindo melhor estabilidade do material constituinte (HALLACK, 1998).

A camada de revestimento nos pavimentos intertravados, segundo a norma NBR 15953 (ABNT, 2011), é definida como “A camada composta por peças de concreto e material de

rejuntamento e que recebe diretamente a ação de rolamento dos veículos, tráfego de pedestres ou suporte de cargas.” (ABNT, 2011, p. 3).

### 2.1.5 Fabricação

Para que sejam fabricados *pavers* com boa qualidade e de forma econômica, é necessário o uso de equipamentos sofisticados, além de um controle rigoroso do processo produtivo (PIROLA, 2011).

É importante compreender as propriedades das matérias-primas envolvidas na produção do concreto que vai dar origem aos blocos, bem como a escolha do processo de cura adequado (ALCANTRA, 2015).

O processo industrializado de fabricação dos *pavers* garante a eles homogeneidade, com uniformidade na cor, textura e nas dimensões das peças (ABCP, 2010).

A fabricação é especificada de acordo com a norma ABNT NBR 9781:2013.

- **Materiais**

O material utilizado na fabricação dos blocos é o concreto seco, com algumas particularidades, e a qualidade final dos *pavers* e de todo o conjunto do pavimento dependem diretamente da utilização de matérias-primas escolhidas corretamente (ALCANTRA, 2015). Além de influenciar na qualidade das peças, a escolha de materiais com características desfavoráveis resulta numa produção de custo elevado e baixa produtividade (FERNANDES, 2013).

O concreto empregado na fabricação dos *pavers* deve ser constituído de cimento Portland de qualquer tipo e classe (ABNT, 2013). Segundo Fernandes (2013), os tipos de cimento recomendados para essa aplicação são o CP V ARI e os cimentos de classe 40 MPa, visto que eles conferem aos blocos uma alta resistência inicial, necessária para a desforma e aplicação rápidas que os *pavers* necessitam.

Os agregados utilizados na produção de blocos de concreto podem ser naturais, industriais ou reciclados, desde que obedeçam às normas brasileiras em vigor (ABNT, 2013). Alcantra (2015) afirma que a escolha dos agregados deve considerar uma boa distribuição granulométrica, permitindo um menor consumo de cimento e uma maior resistência, pois os grãos mais finos preenchem os espaços vazios entre os mais grossos, deixando o material mais

compacto. Para que se obtenha um bom acabamento dos blocos, conferindo conforto ao pavimento, não é indicado o uso de agregados maiores do que 6,3mm (FERNANDES, 2013).

A literatura aponta que também é comum o uso de pó de brita como agregado na fabricação dos *pavers*, pois ele possui um alto teor de finos, garantindo coesão ao concreto, grãos médios que conferem volume à argamassa e grãos maiores que garantem resistência ao bloco (FERNANDES, 2013).

A quantidade de água ideal a ser utilizada na mistura é aquela que assegura uma maior compactação às peças (PIROLA, 2011). A água de amassamento empregada no concreto deve atender à ABNT NBR 15900-1.

São frequentemente utilizados na mistura, além do cimento, da água e dos agregados, pigmentos e aditivos, que conferem cor e plasticidade aos blocos, respectivamente (ALCANTRA, 2015). Os pigmentos devem ser de base inorgânica e atender à ASTM C 979/C 979M e os aditivos devem atender à ABNT NBR 11768.

Uma mistura adequada para a produção dos *pavers* é aquela com a maior quantidade possível de agregado graúdo, que confere às peças uma resistência adequada, uma distribuição granulométrica que permita um pequeno índice de vazios e com a quantidade de argamassa mais baixa possível, que garanta coesão, trabalhabilidade e bom acabamento ao concreto (FERNANDES, 2013).

- Equipamentos

Os equipamentos necessários para a confecção de blocos de concreto para uso em pavimentação em escala industrial são os misturadores de concreto, responsáveis pela homogeneização da massa, e as vibroprensas, que executam a moldagem dos blocos.

Após escolher corretamente os materiais e proporções a serem utilizadas no concreto, deve-se realizar a mistura dos insumos de forma a obter sua completa homogeneidade (MARCHIORI, 2012). Como os *pavers* são feitos com concreto seco, é necessário que se utilize uma máquina com alta eficiência para garantir a homogeneização da massa e, por isso, recomenda-se a utilização de misturadores de concreto para realizar o processo (ALCANTRA, 2015).

É recomendado para essa finalidade o uso de misturadores biplanetários do tipo bateadeira de bolo, os de eixo horizontal helicoidal que proporcionam uma mistura forçada, os de eixo vertical fixo e os de eixo horizontal de pás (FERNANDES, 2011). O uso das betoneiras,

apesar de permitido, não é recomendado, pois pelo fato do concreto ser seco, ele pode empelotar no interior da betoneira (ALCANTRA, 2015).

A capacidade de volume do misturador, bem como o tempo de homogeneização varia de acordo com o misturador empregado e deve ser executado conforme a recomendação do fabricante da máquina (PIROLA, 2011).

A moldagem dos *pavers* é realizada industrialmente por máquinas chamadas vibroprensas, que garantem um alto grau de compactação às peças, resultando em blocos com elevadas durabilidade e resistência (ABCP, 2010).

Depois de feita a mistura dos componentes do concreto, a massa passa pelo processo de conformação e moldagem em blocos pelas vibroprensas, as quais realizam simultaneamente a prensagem e vibração do material (OLIVEIRA, 2004). O processo de prensagem é responsável pelo adensamento do material nos moldes, bem como o controle da altura dos blocos, já a vibração garante o preenchimento dos moldes e contribui também com o adensamento da massa (ALCANTRA, 2015).

As vibroprensas devem ser continuamente ajustadas em relação aos tempos de alimentação e de vibro-compressão para que se obtenha sempre o completo enchimento das formas e a adequada resistência dos blocos (PIROLA, 2011).

Em relação ao sistema de vibrocompressão, existem dois tipos básicos de vibroprensas: as de funcionamento hidráulico e as de funcionamento pneumático (CORRÊA, 2013).

As máquinas hidráulicas utilizam bomba e pistões a óleo e são mais eficientes e econômicas, pois possuem uma central programável que garante ao operador um maior controle de todo o processo, resultando em peças uniformes de alta qualidade (FERNANDES, 2013).

As vibroprensas de funcionamento pneumático, por sua vez, utilizam pistões movido a ar comprimido e, apesar de apresentarem maior velocidade de produção, elas geram uma menor energia de compactação, o que exige um maior consumo de cimento para a obtenção da resistência desejada (FERNANDES, 2013).

- Cura

O processo de cura envolve todas as técnicas utilizadas para manter as condições necessárias de temperatura e umidade para desacelerar a evaporação da água de amassamento empregada para a hidratação ideal do cimento, resultando em peças com a resistência adequada (CORRÊA, 2013).

Os procedimentos de cura dependem do porte da fábrica, sendo mais comum a cura térmica a vapor, pois essa possibilita o ganho rápido da resistência mecânica necessária para que os blocos sejam desenformados, paletizados e até mesmo utilizados precocemente (PIROLA, 2011).

Após a moldagem, os blocos são colocados em câmaras que mantêm a umidade relativa constante acima dos 95%, permanecendo nelas por cerca de 24 horas e depois são armazenados no pátio da fábrica por mais 7 a 28 dias, tempo da cura final (ABCP, 2010).

- Especificações e métodos de ensaio

No Brasil, a norma que prevê as especificações e métodos de ensaio das peças de concreto para pavimentação intertravada é a ABNT NBR 9781. Essa norma estabelece dimensões, formatos, aspectos gerais, resistências à compressão, absorção de água, resistência à abrasão, métodos de inspeção, critérios de aceitação das peças, métodos de ensaios, dentre outras definições para os blocos empregados na pavimentação intertravada.

Quanto às dimensões e tolerâncias das peças, a ABNT NBR 9781 estabelece um comprimento nominal de no máximo 250mm, largura real de no mínimo 97mm, medida nominal da espessura de no mínimo 60mm (especificada em múltiplos de 20mm) e índice de forma menor ou igual a 4. As tolerâncias da espessura, da largura e do comprimento são de 3mm.

Segundo a ABNT NBR 9781, todos os blocos devem obrigatoriamente possuir espaçador de juntas incorporado, com juntas de 2mm a 5mm. Os chanfros não são obrigatórios pela norma, ficando a critério do projeto. Caso existam, ele deve apresentar, tanto na projeção horizontal quanto na vertical, no mínimo 3mm e no máximo 6mm.

Todas as peças devem possuir arestas regulares nas paredes laterais e nas faces superior e inferior e o ângulo de inclinação dos blocos deve ser igual a 90°, medidos com esquadro.

Quanto à resistência característica à compressão aos 28 dias, ela deve ser maior ou igual a 35MPa em caso de tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha e maior

ou igual a 50MPa, em caso de tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados. Os lotes entregues ao cliente com idade inferior a 28 dias devem apresentar no mínimo 80% da resistência especificada anteriormente, sendo que aos 28 dias, a resistência deve ser igual à especificada.

A absorção de água de uma amostra de corpos de prova deve ter valor médio menor ou igual a 6%, sendo que nenhum bloco individual pode obter mais do que 7% de absorção.

A determinação da resistência à abrasão é, por norma, facultativa. Quando especificada, a cavidade máxima formada no corpo de prova durante o ensaio deve ser de 23mm para o uso em tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha e de 20mm para o uso em tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados.

Uma amostra de cada lote deve passar por inspeção visual, a fim de identificar possíveis defeitos que prejudiquem o pavimento. Os blocos devem ter aspecto homogêneo, arestas regulares, ângulos retos e não devem possuir rebarbas, descamações e outros defeitos. Apenas pequenas variações de coloração são permitidas, devido à variação nos insumos da produção. O lote deve ser rejeitado se mais de 5% das peças apresentarem defeitos.

Um lote de fabricação deve ser limitado à produção diária da fábrica, possuindo em todo ele as mesmas características e utilizando os mesmos equipamentos e insumos. A identificação do conjunto deve ser realizada pelo fabricante.

Os ensaios que determinam a resistência característica a compressão, a absorção de água e a resistência à abrasão são descritos passo a passo na ABNT NBR 9781. Esses ensaios devem ser realizados por laboratórios terceiros, preferencialmente creditados pelo Inmetro.

As amostras utilizadas nesses ensaios são retiradas aleatoriamente de um mesmo lote de fabricação e o tamanho da amostragem é especificado para cada ensaio apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Amostragem para ensaios

<b>Propriedade</b>	<b>Número de amostras</b>
Inspeção visual	6
Avaliação dimensional	6
Absorção de água	3
Resistência à compressão	6
Resistência à abrasão	3

Fonte: ABNT (2013)

Nos ensaios de inspeção visual, avaliação dimensional e resistência à compressão a amostra deve ter no mínimo seis peças de cada lote de até 300m<sup>2</sup> e uma peça adicional para cada 50m<sup>2</sup> suplementar, até a amostra máxima de 32 peças.

O fabricante que possuir certificação da qualidade do produto está pré-qualificado para fornecer o produto certificado, sem necessidade de executar os ensaios de aceitação, caso aceito pelo comprador. Fabricantes com a certificação também estão aptos a realizar os ensaios em laboratório próprio.

A unidade de compra do material é o metro quadrado e, nos lotes comercializados, deve ser especificado o número de peças por metro quadrado.

### **2.1.6 Dimensionamento**

No Brasil existem dois métodos de cálculo para dimensionamento de pavimentos com blocos intertravados de concreto sugeridos pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), os quais são descritos na normativa da Prefeitura de São Paulo, IP-06 (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2004). O uso desses procedimentos depende de um estudo detalhado das condições da via a ser executado o pavimento, ficando a critério do projetista o uso ou não desses métodos, devendo o projeto ser aprovado pela prefeitura do município em questão.

Além dos métodos propostos pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), é bastante utilizado também no país o Método de Peltier (1969), que propõe uma equação para o cálculo da espessura total do pavimento, sem a utilização de camada de base, apenas sub-base, areia de assentamento e revestimento. Esse método é recomendado para tráfego leve.

### 2.1.6.1 Métodos propostos pela ABCP

Inicialmente, para ambos os procedimentos de cálculo propostos pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), deve ser realizado um estudo geotécnico do subleito para a definição do Índice e Suporte Califórnia (ISC ou *California Bearing Ratio* – CBR), ou seja, da capacidade de suporte do solo ou do material de empréstimo caso utilizado. Deve ser feito também um estudo de tráfego para a definição do número “N” de solicitações equivalentes ao eixo simples padrão, representado por um eixo simples de rodagem dupla com 80kN, na via em estudo. Para os pavimentos intertravados, é considerada, no Brasil, uma carga máxima legal de 10 toneladas por eixo simples de rodagem dupla (100kN/ESRD).

A partir do estudo de caracterização do tráfego, é realizada a classificação da via a ser pavimentada de acordo com a normativa IP-02 (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2004) da Prefeitura de São Paulo, que deve preceder a aplicação dos métodos de dimensionamento. A normativa IP-02 (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2004) classifica as vias urbanas de acordo com o tráfego previsto nos seguintes tipos:

**Tráfego Leve** - Ruas de características essencialmente residenciais, para as quais não é previsto o tráfego de ônibus, podendo existir ocasionalmente passagens de caminhões e ônibus em número não superior a 20 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um número "N" típico de  $10^5$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de projeto de 10 anos;

**Tráfego Médio** - Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 21 a 100 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número "N" típico de  $5 \times 10^5$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de 10 anos;

**Tráfego Meio Pesado** - Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões ou ônibus em número 101 a 300 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número "N" típico de  $2 \times 10^6$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de 10 anos;

**Tráfego Pesado** - Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões ou ônibus em número de 301 a 1000 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número "N" típico de  $2 \times 10^7$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de projeto de 10 anos a 12 anos;

**Tráfego Muito Pesado** - Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões ou ônibus em número de 1001 a 2000 por dia, na faixa de tráfego mais solicitada, caracterizada por número "N" típico superior a  $5 \times 10^7$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de 12 anos;

**Faixa Exclusiva de Ônibus** - Vias para as quais é prevista, quase que exclusivamente, a passagem de ônibus e veículos comerciais (em número reduzido), podendo ser classificadas em:

- Faixa Exclusiva de Ônibus com Volume Médio - onde é prevista a passagem de ônibus em número não superior a 500 por dia, na faixa "exclusiva" de tráfego, caracterizado por número "N" típico de  $10^7$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de 12 anos.
- Faixa Exclusiva de Ônibus com Volume Elevado - onde é prevista a passagem de ônibus em número superior a 500 por dia, na faixa "exclusiva" de tráfego, caracterizado por número "N" típico de  $5 \times 10^7$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de 12 anos.

Os parâmetros adotados através da classificação das vias, caso não seja realizada a caracterização real em campo, são resumidos pela Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego

Função predominante	Tráfego previsto	Vida de projeto (anos)	Volume inicial faixa mais carregada		Equivalente por veículo	N	N característico
			Veículo leve	Caminhão / ônibus			
Via local residencial	Leve	10	100 A 400	4 A 20	1,5	$2,70 \times 10^4$ a $1,40 \times 10^5$	$10^5$
Via coletora secundária	Médio	10	401 A 1500	21 A 100	1,5	$1,40 \times 10^5$ a $6,80 \times 10^5$	$5 \times 10^5$
Via coletora principal	Meio pesado	10	1501 A 5000	101 A 300	2,3	$1,4 \times 10^6$ a $3,1 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
Via arterial	Pesado	12	5001 A 10000	301 A 1000	5,9	$1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$	$2 \times 10^7$
Via arterial principal / expressa	Muito pesado	12	> 10000	1001 A 2000	5,9	$3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$	$5 \times 10^7$
Faixa exclusiva de ônibus	Volume médio	12		< 500		$3 \times 10^6$	$10^7$
	Volume pesado	12		> 500		$5 \times 10^7$	$5 \times 10^7$

Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO (2004)

Ambos os métodos de dimensionamento preconizados pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) utilizam gráficos de leitura direta, os quais fornecem as espessuras necessárias de cada camada do pavimento. Após realizada a classificação da via a ser pavimentada a partir da Tabela 2, escolhe-se o procedimento de cálculo a ser utilizado em função do parâmetro “N”.

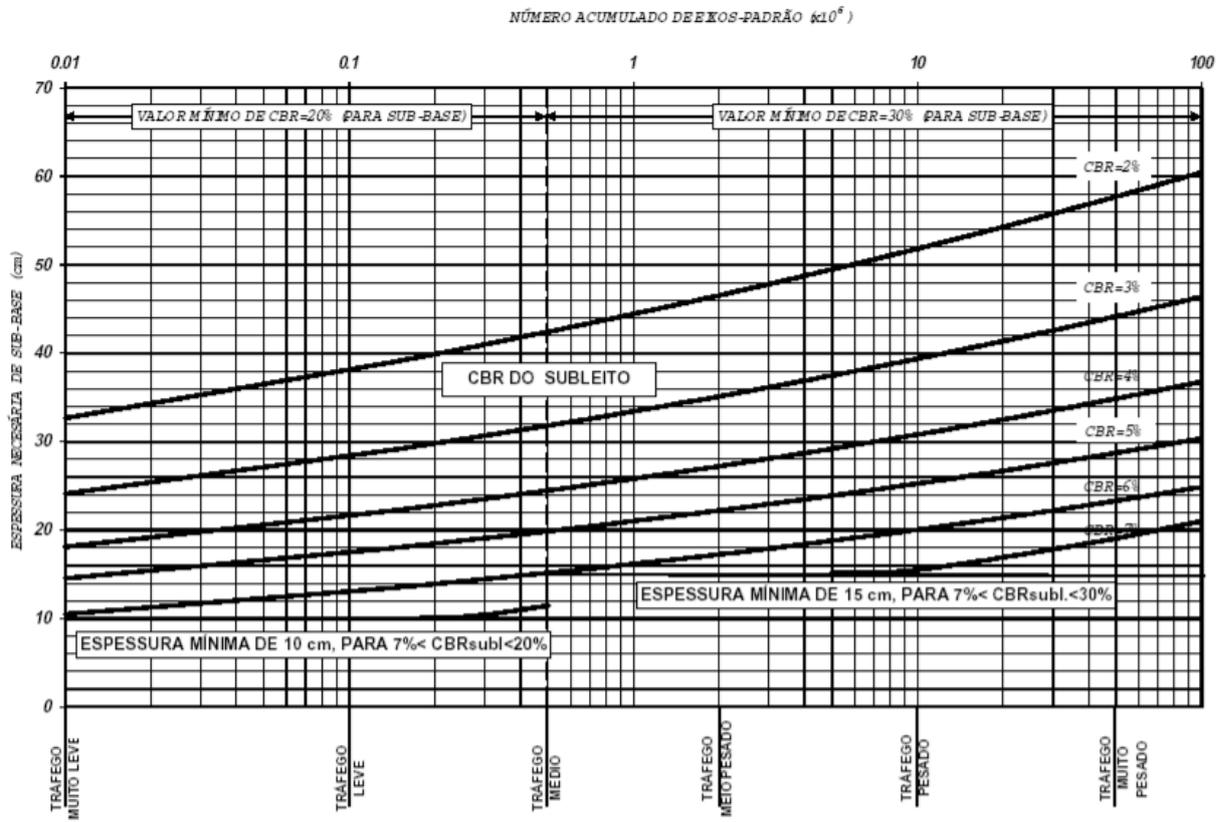
Para vias de tráfego muito leve e leve com “N” típico até  $10^5$ , por não necessitar de camada de base, e para vias de tráfego meio pesado a pesado com “N” típico superior a  $1,5 \times 10^6$ , em função do emprego de bases cimentadas, é recomendado o uso do procedimento A e para vias de tráfego médio a meio pesado com “N” típico entre  $10^5$  e  $1,5 \times 10^6$  é indicado o procedimento B, pois ele utiliza bases granulares.

- Procedimento A

Esse procedimento é uma adaptação feita pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) de um estudo técnico realizado pela *British Cement Association* (BCA), com a utilização de bases cimentadas. O método utiliza dois gráficos de leitura direta que fornecem as espessuras necessárias das camadas constituintes da estrutura do pavimento.

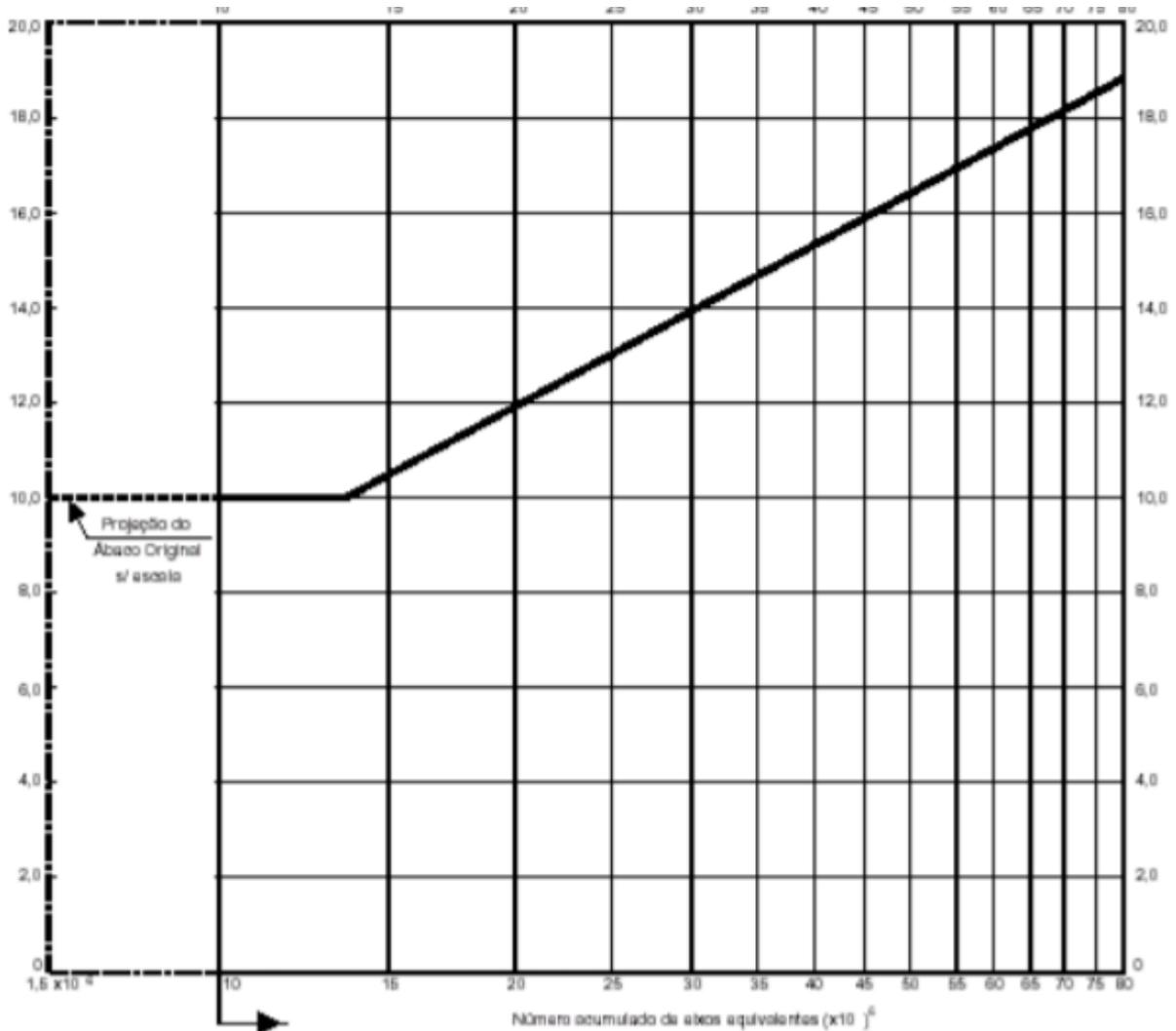
A Figura 1 fornece as espessuras necessárias de sub-base em função do valor de CBR do subleito e do parâmetro “N” de solicitações e a Figura 2 fornece a espessura da base cimentada necessária em função do número “N”. Para tráfego com  $N < 1,5 \times 10^6$  a camada de base não é necessária, para tráfego com  $1,5 \times 10^6 \leq N < 1,0 \times 10^7$  a espessura mínima da camada de base cimentada será de 10 centímetros e para tráfego  $N \geq 10^7$  a espessura de base cimentada é representada através da Figura 2.

Figura 1 – Espessura necessária de sub-base em função do CBR do subleito e do número “N”



Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO (2004)

Figura 2 – Espessura da base cimentada em função do número "N"



Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO (2004)

Quando  $N < 5 \times 10^5$  o material de sub-base deve apresentar um valor de CBR maior que 20%. Se o subleito apresentar um CBR maior que 20%, fica dispensada a utilização da camada de sub-base. Quando  $N \geq 5 \times 10^5$ , o material da sub-base deve apresentar um valor de CBR maior que 30%. Se o subleito apresentar um CBR maior que 30%, fica dispensada a utilização de camada de sub-base.

A camada de revestimento deve ser constituída por blocos que atendam às especificações da normativa ABNT NBR 9781, já descritas anteriormente neste trabalho. A espessura dos blocos é determinada em função do parâmetro "N" conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Espessura e resistência dos blocos de revestimento

<b>Tráfego</b>	<b>Espessura do revestimento</b>	<b>Resistência à compressão simples</b>
$N \leq 5 \times 10^5$	6,0 cm	35 MPa
$5 \times 10^5 < N < 10^7$	8,0 cm	35 a 50 MPa
$N \geq 10^7$	10,0 cm	50 MPa

Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO (2004)

- Procedimento B

Esse procedimento foi desenvolvido pelo *United States Army Corps of Engineers* (USACE) baseado em pesquisas desenvolvidos na Austrália, África do Sul, Grã-Bretanha e Estados Unidos e em observações laboratoriais e de pistas experimentais nas quais o desempenho de pavimentos em serviço foi acompanhado. Ele admite a adoção de bases tratadas com cimento com fator de equivalência estrutural de 1,65 em relação às bases granulares.

Esse método é uma evolução do método USACE de pavimentos flexíveis, levando em consideração o intertravamento dos blocos de concreto, pressupondo uma resistência crescente das camadas, a partir do subleito, de modo que as deformações por cisalhamento e por consolidação dos materiais sejam pequenas, a ponto de reduzir ao mínimo as deformações verticais permanentes, conhecidas como trilhas de roda.

A Figura 3 fornece a espessura de material puramente granular (HBG) correspondente a camada de base assentada sobre o subleito em função da classificação da via em estudo, do número “N” e do CBR do subleito.

Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO (2004)  
 Figura 3 – Espessura necessária de base puramente granular (HBG)

N.º de Solicitações equivalente do eixo padrão de 8,2 t (kN)	ESPESSURA DA BASE ( $H_{BG}$ )											
	Valor do índice de Suporte Califórnia do Subleito											
	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10	15	20	
( $10^1$ )	27	21	17									
$2 \times 10^3$	29	24	20	17								
$4 \times 10^3$	33	27	23	19	17							
$8 \times 10^3$	36	30	25	22	19							
( $10^4$ )	37	31	26	23	20							
$2 \times 10^4$	41	34	29	25	22	17						
$4 \times 10^4$	44	37	32	28	24	19						
$8 \times 10^4$	48	40	35	30	27	21	17					
( $10^5$ )	49	41	36	31	28	22	18					
$2 \times 10^5$	52	44	38	34	30	24	19					
$4 \times 10^5$	56	47	41	36	32	26	21					
$8 \times 10^5$	59	51	44	39	34	28	23					
( $10^6$ )	60	52	45	40	35	29	23	16				
$2 \times 10^6$	64	55	47	42	38	30	25	17				
$4 \times 10^6$	68	58	50	45	40	33	27	19				
$8 \times 10^6$	71	61	53	47	42	34	29	20				
( $10^7$ )	72	62	54	48	43	35	30	21				

Mín. 15

A espessura determinada da base puramente granular pode ser dividida em dois, utilizando-se uma camada de sub-base puramente granular e uma camada de base cimentada com espessura determinada em função do coeficiente de equivalência estrutural de 1,65. A espessura mínima que deve ser adotada para bases puramente granulares é de 15cm e para bases tratadas com cimento é de 10cm.

Em vias de tráfego pesado, é recomendado que sejam utilizados materiais mais nobres na constituição da base para que seja possível uma redução da espessura final da estrutura do pavimento.

A espessura mínima dos blocos neste método é de 8cm, podendo ser utilizados blocos de 10cm em condições mais severas de carregamento, ficando a critério do projetista.

#### 2.1.6.2 Método de Peltier

Esse método, também chamado de método de dimensionamento pelo Índice de Suporte Califórnia (ISC ou CBR), procura associar a família de curvas de dimensionamento do *United States Army Corps of Engineers* (USACE) a uma única equação, a partir de estudos realizados por Raymond Peltier no *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées* (LCPC) (SENÇO, 2001).

Para a determinação da espessura total (E) da estrutura do pavimento com blocos de concreto, utiliza-se a Equação 1, também denominada de Equação de Peltier:

$$E = \frac{(100+150^2\sqrt{P/2})}{IS+5} \quad (1)$$

Sendo:

E = Espessura total do pavimento (cm);

P = Carga por roda (tf);

IS = CBR do subleito (%).

Através da Equação de Peltier determina-se a espessura total da estrutura do pavimento, especificando a camada de assentamento em 4,0 cm e sem a utilização de camada de base. Ela foi desenvolvida apenas para condições de tráfego leve e, por isso, o tráfego real é desconsiderado para fins de dimensionamento.

### 2.1.7 Execução

#### 2.1.7.1 Projeto

Se o projeto for apropriado e associado à uma boa execução, com materiais de qualidade, o pavimento intertravado pode ter uma vida útil de até 25 anos (FIORITI, 2007).

A execução da obra deve seguir todos os requisitos de projeto e, assim como outros documentos comprobatórios (relatórios de ensaio, laudos e etc.), é recomendado que o projeto

seja de fácil acesso no canteiro de obras durante toda a execução, sendo arquivado e preservado no prazo previsto na legislação vigente (ABNT, 2011).

O projeto deve conter, segundo a norma NBR 15953 (ABNT, 2011, p.4), no mínimo o listado a seguir:

- a) Estabelecer as premissas em função das condições de implantação, utilização do pavimento e interferências em geral;
- b) Avaliar as condições e características do leito;
- c) Estimar as condições de carregamento quanto ao tipo de solicitação, se móvel ou estática, frequência, magnitude e configuração à qual o pavimento estará sujeito;
- d) Especificar ou compatibilizar o sistema de drenagem, quando necessário;
- e) Especificar a estrutura de fundação do pavimento, com espessura, declividade, grau de compactação e materiais utilizados em cada camada;
- f) Especificar o sistema de contenção do pavimento, considerando as condições necessárias para o intertravamento das peças de concreto;
- g) Definir as peças de concreto utilizadas na camada de revestimento, considerando as especificações da NBR 9781.
- h) Definir o padrão de assentamento das peças de concreto, detalhando o alinhamento de partida, pontos de interseção e interferências.
- i) Executar o detalhamento de paginação para o caso de projetos arquitetônicos e paisagísticos específicos.

#### 2.1.7.2 Subleito

O subleito pode ser formado pelo próprio solo local ou oriundo de empréstimo para terraplenagem e deve estar devidamente regularizado, sem irregularidades na sua superfície (ABCP, 2010). Segundo o IP-06 (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2004) deve ser previamente realizado um estudo geotécnico do subleito através de serviços geológico-geotécnicos que caracterizem o material.

O subleito deve cumprir as especificações da norma ABNT NBR 12307. O material do subleito não pode ter elevada expansão volumétrica, ou seja, não pode expandir muito na presença de água (ABCP, 2010). Segundo a NBR 15953 (ABNT, 2011), esse valor de expansão volumétrica não pode ultrapassar 2%.

A capacidade de suporte da camada de fundação (subleito), definida pelo índice de Suporte Califórnia (ISC ou CBR), não deve ser menor que 2% (ABNT, 2011).

O caimento do terreno deve ser de no mínimo 2% e seguir as especificações de projeto e a sua superfície deve estar adequada de acordo com a cota também estabelecida pelo projetista (ABCP, 2010).

O subleito deve ser limpo, sendo removido qualquer tipo de matéria orgânica presente no local (ABNT, 2011). Dependendo das condições locais, o subleito deve ser compactado em camadas de 15cm e antes da sua compactação devem ser executados os sistemas de drenagem adequados, com o lençol freático sendo mantido com menos de 1,5m da cota do pavimento acabado (ABNT, 2011).

### 2.1.7.3 Base e sub-base

As camadas de base e sub-base devem seguir as especificações das normas ABNT NBR 11803, ABNT NBR 11804, ABNT NBR 11806, ABNT NBR 11798 e ABNT NBR 15115.

A camada de base deve ter espessura mínima de 10 centímetros e ser composta por material granular (ABCP, 2010). Segundo a NBR 15953 (ABNT, 2011) esse material pode ser constituído de cascalhos, agregados reciclados ou industriais ou misturas estabilizadas com cimento.

A ABCP (2010) afirma que geralmente se utiliza a chamada “bica corrida” como material de base, desde que seja especificada em projeto e que se tome os devidos cuidados durante o transporte e execução.

As camadas de base e sub-base devem ser devidamente regularizadas e compactadas para que sua superfície esteja, ao final, vedada, impedindo a entrada do material de assentamento dos blocos (ABCP, 2010).

Previamente à execução do revestimento, deve ser feita a verificação dessas camadas, que devem, segundo a NBR 15953 (ABNT, 2011, p.10), atender aos seguintes requisitos:

- a) o material deve estar bem compactado, inclusive ao redor das interferências (poços de vista, caixas, etc.);
- b) o caimento para escoamento da água deve estar de acordo com o projeto;
- c) a superfície deve estar na cota prevista em projeto.

#### 2.1.7.4 Contenções

As contenções laterais são estruturas que asseguram o confinamento dos blocos de concreto e são fundamentais para garantir o intertravamento do revestimento, pois impossibilitam que as peças deslizem lateralmente (ABCP, 2010). A existência dessas estruturas é obrigatória e elas devem ser constituídas de estrutura rígida ou de dispositivos fixados na base do pavimento, obedecendo as cotas e alinhamentos especificados pelo projeto (ABNT, 2011).

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (2010), as sarjetas e meio fios são chamados de contenções externas, pois estão localizadas no perímetro do pavimento, e as bocas-de-lobo, as canaletas, os jardins e demais estruturas que se localizam nas áreas internas do revestimento são chamadas de contenções internas.

Elas devem ser instaladas antes do espalhamento da camada de assentamento dos blocos de concreto (ABNT, 2011), representando uma espécie de fôrma na qual serão alocados os *pavers*, e devem estar fixados na camada de base de forma a se manterem firmes e alinhados (ABCP, 2010).

No caso da execução do pavimento por faixas de tráfego, é recomendado que se construam contenções longitudinais permanentes ou provisórias, atendendo às especificações de projeto (ABNT, 2011).

#### 2.1.7.5 Revestimento

- Serviços preliminares ao assentamento

Antes de executar a camada de assentamento, deve-se realizar um planejamento e preparação do local, com um reconhecimento da área a ser pavimentada, bem como dos locais para estocagem e possíveis acessos para o transporte do material (ABNT, 2011).

O local deve ser limpo e adequadamente sinalizado e isolado e deve ser verificada a disponibilidade e condições das ferramentas e equipamentos disponíveis para a execução (ABNT, 2011).

O transporte do material até o local da construção deve ser feito com os blocos de concreto paletizados ou cubados e cintados e a movimentação interna dos mesmos deve ser realizada de forma adequada, sem causar danos às peças (ABNT, 2011).

As peças devem ser estocadas próximas à frente de trabalho e de maneira organizada e o recebimento das mesmas, conforme a NBR 15953 (ABNT, 2011, p.9), de considerar o seguinte:

- a) As informações da nota fiscal estejam em concordância com o pedido;
- b) A avaliação visual e dimensional atenda às especificações da ABNT NBR 9781, antes da liberação da descarga;
- c) O descarregamento das peças seja manual ou mecanizado;
- d) O empilhamento manual seja de no máximo 1,5m de altura em arranjo que garanta a estabilidade da pilha.

- Camada de assentamento

A camada de assentamento é a camada composta de material granular específico (areia média, geralmente), limpo e seco, sobre o qual os blocos de concreto são acomodados e nivelados (ABCP, 2010).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2011), a distribuição granulométrica recomendada para a camada de assentamento é representada pela Tabela 4.

Tabela 4 – Distribuição granulométrica recomendada para o material de assentamento

<b>Abertura da peneira (mm)</b>	<b>Porcentagem retida, em massa (%)</b>
6,3	0 a 7
4,75	0 a 10
2,36	0 a 25
1,18	5 a 50
0,6	15 a 70
0,3	50 a 95
0,15	85 a 100
0,075	90 a 100

Fonte: ABNT (2011)

A execução do revestimento em si tem início com a colocação da camada de assentamento, a qual jamais deve ser utilizada para corrigir falhas da camada de base (ABCP, 2010). Essa camada deve proporcionar uma superfície regular sobre a qual sejam acomodados os *pavers*, permitindo certa variação nas dimensões dos blocos de concreto (CRUZ, 2003).

No momento da execução, a umidade do material deve estar entre 3% e 7% (ABNT, 2011). Ele deve ser estocado sempre coberto e umedecido durante o espalhamento, se necessário (ABCP, 2010).

Em caso de chuva durante a execução dessa camada, sem que os blocos tenham sido assentados, deve-se substituir o material por outro em estado seco e o material retirado pode ser reaproveitado, após perder o excesso de umidade (ABCP, 2010).

Em caso de tráfego pesado, é recomendado que se considere no projeto ensaios de degradação ou durabilidade do material utilizado (HALLACK, 1998).

O nivelamento da camada de assentamento é manual e deve ser realizado por meio de régua metálica correndo sobre as mestras ou de modo mecanizado e deve resultar numa superfície lisa e regular (ABNT, 2011). Caso ocorra algum dano posterior ao nivelamento, ele deve ser reparado antes do assentamento dos *pavers* (ABCP, 2010).

A espessura dessa camada deve ser de 5cm, com variação máxima de  $\pm 2$ cm, na condição não compactada ou conforme especificação de projeto (ABNT, 2011). Ela deve ser uniforme e constante, definida de forma a não permitir o afundamento dos blocos, quando muito espessa, e de não permitir que os blocos se quebrem, no caso de uma camada de assentamento insuficiente (ABCP, 2010).

Essa camada não recebe compactação, pois deve estar solta no momento da colocação dos blocos (ABCP, 2010). As quantidades espalhadas na frente de serviço devem ser suficientes para cumprir a jornada de trabalho, não devendo ficar exposta de um dia para o outro e o espalhamento deve respeitar o caimento de projeto (ABNT, 2011).

No início da utilização do pavimento intertravados de blocos de concreto, ocorre uma pequena deformação proveniente da acomodação da camada de assentamento (HALLACK, 1998). Portanto, alguns dos defeitos que podem ocorrer nesse tipo de pavimento estão de alguma forma relacionados com a má qualidade dos materiais ou com a execução errada dessa camada (FIORITI, 2007).

- Assentamento das peças

O assentamento das peças deve ser realizado conforme especificado pela NBR 15953 (ABNT, 2011, p.11), de forma resumida através dos seguintes procedimentos:

- a) Assentar a primeira fiada de acordo com o padrão de assentamento estabelecido no projeto, respeitando o esquadro e o alinhamento previamente marcados;

- b) O assentamento das peças pode ser manual ou mecanizado e deve ser executado sem modificar a espessura e uniformidade da camada de assentamento;
- c) As peças não podem ser arrastadas sobre a camada de assentamento até sua posição final;
- d) Manter as linhas-guia à frente da área de assentamento das peças, verificando regularmente o alinhamento longitudinal e transversal;
- e) Efetuar os ajustes de alinhamento das peças, mantendo as espessuras das juntas uniformes.

A execução da primeira fiada é muito importante e sua marcação deve ser feita com cautela, pois todo o alinhamento do pavimento depende dela. Por isso, é recomendado que se faça um teste inicial de dois a três metros para verificar e corrigir o alinhamento, bem como para que se entenda e memorize a sequência do assentamento (ABCP, 2010).

Para realizar a marcação do assentamento devem-se posicionar as linhas-guia que indiquem o alinhamento dos blocos nas direções longitudinal e transversal de acordo com o arranjo definido no projeto (ABNT, 2011). A colocação das linhas-guia deve ser feita conforme a frente de serviço avança e devem ser colocados fios-guia longitudinais e transversais a cada cinco metros para verificar o alinhamento do pavimento (ABCP, 2010).

O assentamento dos blocos é um dos principais responsáveis pela qualidade final do pavimento, sendo fundamental para a durabilidade e bom acabamento do mesmo e, portanto, deve-se ter um controle rigoroso (ABCP, 2010). A colocação dos *pavers* deve ser feita sem que haja deslocamento nos blocos já assentados e, também, sem que se deforme a camada de assentamento já nivelada (FIORITI, 2007).

Caso chova após o assentamento das peças, mas sem que tenha sido colocada a areia de rejuntamento, deve-se isolar a área para impedir circulação de pessoas ou equipamentos até que a camada de assentamento volte a secar (ABCP, 2010).

- Ajustes e arremates

Eventuais erros no padrão de colocação dos blocos devem ser corrigidos antes da colocação da areia de rejuntamento e, na maioria das vezes, esse ajuste é realizado sem que seja necessário retirar os blocos, apenas com o uso de alavancas, tomando os devidos cuidados para que não se danifique os blocos já assentados (ABCP, 2010).

Após assentados os blocos inteiros no trecho a ser pavimentado, devem ser feitos acabamentos nos espaços vazios da camada de revestimento, próximos aos confinamentos

internos e externos, com pedaços de blocos, preferencialmente cortados com serra de disco diamantada (ABNT, 2011).

Os cortes devem ser feitos com cerca de 2 mm de folga para serem encaixados nas áreas que forem necessárias e não é recomendado que se utilize pedaços menores do que  $\frac{1}{4}$  do tamanho original do bloco, devendo ser feito nessas situações um acabamento com argamassa seca, com 1 parte de cimento para 4 de areia (ABCP, 2010).

- Compactação

A compactação do pavimento é realizada em duas etapas: uma anterior, denominada compactação inicial, e uma posterior ao espalhamento da areia de rejuntamento, chamada de compactação final (ABCP, 2010).

As compactações inicial e final são realizadas da mesma maneira, utilizando os mesmos equipamentos, ambas devendo ser executadas em toda a área pavimentada, não sendo recomendado deixar grandes áreas sem compactação por um longo período (ABCP, 2010).

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2010), as funções da compactação inicial são:

- Nivelar a superfície da camada de blocos de concreto.
- Iniciar a compactação da camada de areia de assentamento.
- Fazer com que a areia de assentamento preencha parcialmente as juntas, de baixo para cima, fornecendo um primeiro estágio de travamento.

O processo deve ser executado com o uso de placas vibratórias, que resultem na acomodação dos blocos sobre a camada de assentamento de forma regular, sem que as peças sejam danificadas (ABNT, 2011).

A compactação deve cumprir, segundo a NBR 15953 (ABNT, 2011, p.12), as seguintes disposições:

- a) A compactação deve ser realizada com sobreposição entre 15cm a 20cm em cada passada sobre a anterior;
- b) Alternar a execução da compactação com o espalhamento do material de rejuntamento, até que as juntas tenham sido totalmente preenchidas;

- c) A compactação deve ser executada até aproximadamente 1,5m de qualquer frente de trabalho do assentamento, que não contenha algum tipo de contenção.

Nas áreas de difícil acesso e nas bordas do pavimento, a compactação deve ser realizada utilizando equipamentos menores e, depois de realizada a compactação de toda a frente de trabalho, as peças danificadas no processo devem ser substituídas por peças novas (ABCP, 2010).

- Rejuntamento e juntas

O rejuntamento nada mais é do que o preenchimento das juntas com areia de selagem e é fundamental para que se obtenha o intertravamento entre os blocos de concreto, pois permite a transferência dos esforços entre eles, fazendo com que eles trabalhem em solidariedade, suportando as cargas solicitantes (ABCP, 2010).

O preenchimento das juntas deve ser feito com materiais pétreos granulares com distribuição granulométrica recomendada representada pela Tabela 5.

Tabela 5 – Distribuição granulométrica recomendada para o material de rejuntamento

<b>Abertura da peneira (mm)</b>	<b>Porcentagem retida, em massa (%)</b>
4,75	0
2,36	0 a 25
1,18	5 a 50
0,6	15 a 70
0,3	50 a 95
0,15	85 a 100
0,075	90 a 100

Fonte: ABNT (2011)

Os *pavers* devem ter pequenas juntas entre eles, as quais estejam sempre preenchidas com areia fina, para que se obtenha o intertravamento esperado (ABCP, 2010). Essas juntas devem ter espessuras de 2mm a 5mm e, em casos específicos como por exemplo trechos em curva, devem ser especificados em projeto (ABNT, 2011).

O rejuntamento deve ser executado, segundo a NBR 15953 (ABNT, 2011, p.11), conforme estabelecido a seguir:

- a) Espalhar o material de rejuntamento seco sobre a camada de revestimento, formando uma camada fina e uniforme em toda a área executada;

- b) Executar o preenchimento das juntas por processo de varrição do material de rejuntamento, até que as juntas sejam totalmente preenchidas.

O emprego de material inadequado e/ou a má execução do rejuntamento pode resultar na deterioração precoce do pavimento, pois se as juntas estiverem mal seladas, os blocos ficam soltos entre eles (ABCP, 2010).

A areia de rejuntamento deve ser espalhada sobre os blocos de maneira uniforme, sem que sejam formados montes, com espessura fina, mas capaz de cobrir toda a área já pavimentada (ABCP, 2010).

#### 2.1.7.6 Inspeção final

Após a compactação final deve ser realizada a inspeção de toda a área compactada para verificar se as juntas estão completamente preenchidas com areia de rejuntamento e para verificar a existência de peças danificadas para substituí-las (ABNT, 2011).

Caso necessário, o processo de rejuntamento deve ser repetido, com a varrição do material e compactação do pavimento (ABCP, 2010).

O resultado do pavimento deve ser uma superfície nivelada, não apresentando desníveis maiores do que 10mm, medidos com régua metálica de 3 metros de comprimento apoiada sobre a superfície (ABNT, 2011).

Devem ser verificados na inspeção final, também, os caimentos de drenagem e acessibilidade definidos no projeto e a qualidade dos ajustes e arremates (ABCP, 2010).

Como após a abertura ao tráfego ainda acontece a acomodação do pavimento, na inspeção final o topo dos *pavers* ainda devem estar entre 3mm e 6mm acima do nível das interferências existentes no pavimento, a fim de que esse desnível seja extinto após a acomodação.

#### 2.1.7.7 Liberação ao tráfego

Após a inspeção final, caso os requisitos sejam todos aprovados, o trecho já pode ser limpo e liberado ao tráfego e uma ou duas semanas depois deve ser feita a selagem com areia de rejuntamento novamente, para correção de possíveis espaços que restaram nas juntas entre os blocos (ABCP, 2010).

Para que o trecho seja aberto ao tráfego, devem ter sido executadas contenções que garantam o intertravamento do pavimento, sendo permitido que se utilize contenções provisórias no caso de liberações parciais de trechos (ABNT, 2011).

#### 2.1.7.8 Manutenção e limpeza

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2011) recomenda que a limpeza dos pavimentos intertravados seja feita com água morna e sabão neutro, sem que haja pressão na água para não remover o material de rejuntamento. A Associação Brasileira de Cimento Portland (2010), por outro lado, diz que o pavimento deve ser limpo apenas por meio da varrição ou escovas de cerdas duras de plástico, sendo permitido apenas o esguicho de água com moderação e esporadicamente.

Manutenções periódicas devem ser feitas no pavimento para que seja garantida a durabilidade esperada, as quais podem ser preventivas ou corretivas (ABCP, 2010).

Pavimentos que apresentam ondulações ao longo do tempo indicam que foram submetidos a tráfegos superiores ao de projeto, ou que foram construídos sobre bases com suporte insuficiente ou subleitos instáveis (ABCP, 2010). Nesse caso, deve-se verificar as condições de drenagem do trecho afetado e a necessidade de substituição do subleito por material de Índice de Suporte Califórnia (ICS ou CBR) superior no local afetado (ABNT, 2011).

O rejuntamento dos blocos deve ser mantido sempre completo e, caso esvazie em mais de 1cm, deve ser feita a manutenção para preencher o espaço novamente com areia, além de verificar o motivo do acontecimento, para corrigi-lo (ABCP, 2010).

### 3 MÉTODO

A Figura 4 apresenta o fluxograma do procedimento metodológico adotado no trabalho, a seguir descrito.

Figura 4 – Fluxograma esquemático do procedimento metodológico do trabalho



Fonte: Elaborada pela autora

A revisão de literatura deste trabalho foi desenvolvida com base em pesquisas no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no Google Acadêmico, no acervo de livros, teses, dissertações, artigos e trabalhos de conclusão de

curso da Biblioteca Universitária (BU) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), e em consultas às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e ao Manual de Pavimento Intertravado desenvolvido pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

A partir da pesquisa bibliográfica, deu-se início à elaboração de uma série de itens indispensáveis para a verificação, no estudo de caso, do atendimento às normas e outras recomendações vigentes. Nessa etapa, separou-se o projeto em duas partes, fabricação e execução, as quais foram elaboradas e analisadas isoladamente. Foram elaborados formulários para nortear os acompanhamentos.

Foi feito um acompanhamento da execução da pavimentação com blocos intertravados de concreto em um pátio de estacionamento na cidade de Tijucas. Foi obtida a autorização para a realização do acompanhamento através do engenheiro responsável técnico da empresa contratada para executar a obra. A etapa da pavimentação em *paver* do pátio de estacionamento durou aproximadamente 3 meses e foi integralmente acompanhada para a elaboração desse projeto, desde a terraplenagem até a liberação ao tráfego.

O acompanhamento da fabricação dos blocos de concreto por sua vez foi realizado em uma indústria no município de Penha, em Santa Catarina. A visita à fábrica também foi autorizada pelo mesmo engenheiro, que é responsável pelas duas empresas. O fornecimento dos blocos e a execução do pavimento foram realizados por empresas do mesmo grupo, facilitando a comunicação durante o processo.

A partir da realização dos acompanhamentos e do preenchimento dos formulários elaborados, foi realizada uma análise crítica de ambos os processos, fazendo um comparativo com o conteúdo obtido na revisão de literatura.

A partir das informações encontradas na pesquisa bibliográfica, foi elaborado um dimensionamento por meio de um método diferente do utilizado no projeto do pátio de estacionamento, com posterior comparação entre as estruturas resultantes.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 ACOMPANHAMENTO E ANÁLISE DA FABRICAÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO PARA USO EM PAVIMENTAÇÃO

Foi realizado o acompanhamento da produção dos blocos de concreto numa unidade industrial no município de Penha, em Santa Catarina. A realização do trabalho foi possível através do contato com o engenheiro responsável pela empresa, que autorizou o acompanhamento e posterior análise.

O acompanhamento foi realizado com o auxílio de um formulário elaborado com o objetivo de nortear a análise. O formulário foi desenvolvido com base nos itens abordados na revisão de literatura e, após preenchido, permitiu a realização de um comparativo entre as técnicas encontradas na bibliografia e a realidade da indústria estudada. Observações importantes verificadas durante a visita que não eram abordadas nas perguntas do formulário foram acrescentadas nas observações adicionais, ao final.

O formulário separa o processo de produção dos blocos em materiais, máquinas, cura, formatos e ensaios, com o objetivo de nortear o acompanhamento, mas não limitar a análise. Ele se baseia principalmente na normativa ABNT NBR 9781, mas também aborda diretrizes do Manual de Pavimento Intertravado da Associação Brasileira de Cimento Portland, bem como outras recomendações da literatura revisada.

Após elaborado o formulário, foi realizada uma visita à fábrica e, durante uma tarde inteira, foram observadas todas as etapas da produção dos *pavers*, com a captura de imagens e preenchimento do formulário. A visita foi acompanhada por dois funcionários da empresa responsáveis pela fábrica, os quais explicaram todo o funcionamento da indústria, desde o armazenamento do material utilizado no concreto até o estoque das peças prontas.

O formulário de acompanhamento da fabricação dos blocos preenchido está representado pelo Apêndice A.

- Materiais

Na fábrica analisada são utilizados para a produção dos blocos dois tipos de cimento, o CP II-F-40 e o CP V-ARI. Ambos os tipos são recomendados pela bibliografia para esse fim, uma vez que conferem às peças uma alta resistência inicial, possibilitando uma rápida desforma

e aplicação. Durante o acompanhamento, a funcionária explicou ainda que, na unidade industrial, utilizam apenas o CP II-F-40 de uma marca específica, da qual o cimento confere aos blocos a resistência desejada, o que não foi verificado através de testes já realizados com cimentos de diversas outras marcas. Portanto, na maior parte dos traços, a empresa opta por utilizar o cimento CP V-ARI. O cimento é armazenado em um silo que descarrega diretamente nos misturadores, representado na Figura 5.

Figura 5 – Silo de armazenamento de cimento



Fonte: Acervo da autora (2018)

Os agregados utilizados são dos tipos naturais e industriais. São utilizadas nos traços areia fina e areia média provenientes de cava própria da empresa, contendo pouca contaminação por impurezas. Também são utilizados como agregados pó de brita e pedrisco (brita 0), ambos produzidos por britador próprio da empresa, que pode ser visto na Figura 6. A brita 0 possui diâmetro máximo de 12,5mm o que, apesar de não recomendado na bibliografia, é muito comum na produção de blocos intertravados de concreto e não impede a qualidade do produto final. O dosador dos agregados é automatizado, representado na Figura 7, sendo as quantidades programadas na central de controle da máquina, que conduz os agregados ao misturador conforme o traço estipulado. Os materiais são armazenados ao ar livre, próximos ao dosador, separados por tipo de agregado, como mostra a Figura 8, e conduzido para ele com o auxílio de

uma mini carregadeira. A Figura 9 mostra os agregados nos compartimentos do dosador à espera da utilização.

Figura 6 – Britador próprio da empresa



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 7 – Dosador dos agregados



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 8 – Armazenamento dos agregados ao ar livre



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 9 – Agregados no dosador



Fonte: Acervo da autora (2018)

Na massa de concreto são empregados aditivos plastificantes, que reduzem o consumo de água durante a hidratação, aumentando a resistência das peças. A dosagem do aditivo, assim como os agregados, é realizada de forma automatizada e programada eletronicamente. Quando necessários, são utilizados pigmentos do tipo inorgânico para conferir coloração às peças, como mostra a Figura 10. A dosagem dos pigmentos é definida a partir de testes dentro dos limites recomendados pelo fabricante e o produto é adicionado ao misturador de forma manual. Os quantitativos estabelecidos pela empresa são segredo industrial e assim, não apresentados neste trabalho. O traço do concreto é variável dependendo do produto a ser fabricado e dos materiais a serem utilizados.

Figura 10 – Peças coloridas com o uso de pigmentos inorgânicos



Fonte: Acervo da autora (2018)

- Equipamentos

Após definidos os materiais e proporções adequados ao produto a ser fabricado, eles são conduzidos até um misturador que confere a completa homogeneidade à massa. A empresa possui dois misturadores que servem cada vibroprensa específica. Ambos os misturadores são de eixo horizontal helicoidal, apropriados segundo a literatura para a homogeneização do concreto seco.

Como as vibroprensas existentes na empresa possuem produtividades diferentes, os misturadores se adequam a elas, sendo um de marca nacional, mostrado na Figura 11, com capacidade para  $1,3\text{m}^3$  e o outro importado com capacidade de  $2,3\text{m}^3$  de concreto, mostrado na Figura 12. O tempo de homogeneização depende do produto final a ser fabricado. Para blocos de 8cm de espessura e resistência de 35MPa, por exemplo, o tempo de homogeneização aproximado é de 2 minutos, para que a massa confira a consistência adequada. Posterior à realização da mistura dos componentes, a massa é direcionada às vibroprensas para o processo de moldagem, conforme mostram as Figuras 13 e 14.

Figura 11 – Misturador de marca nacional



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 12 – Vista do interior do misturador importado



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 13 – Condução da massa para a vibroprensa marca Piorotti



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 14 – Condução da massa para a vibroprensa marca Columbia



Fonte: Acervo da autora (2018)

As duas vibroprensas utilizadas na fábrica são do tipo hidráulicas, considerado pela literatura o tipo mais adequado no que diz respeito a eficiência e economia. Os ajustes em relação aos tempos de alimentação e de vibro-compressão são feitos continuamente, sempre que são trocadas as fôrmas ou a cada meio período de expediente, o menor dos tempos. As máquinas existentes na empresa podem ser observadas nas Figuras 15 e 16.

Ambas as máquinas possuem central programável, porém uma delas exige menos mão de obra no seu funcionamento, que é quase que completamente automatizado. Nessa última há apenas um operador verificando o funcionamento da máquina e outro fazendo a inspeção visual dos blocos já prensados. Essa máquina é mais atual, adquirida pela empresa em 2015, e possui uma produtividade de aproximadamente 1400m<sup>2</sup> por dia. Os blocos saem da vibroprensa já paletizados, como mostra a Figura 17, prontos para serem encaminhados à câmara de cura pela empilhadeira. Sua central de controle, representada pela Figura 18, registra a produção nos mínimos detalhes e disponibiliza ao operador relatórios completos.

Figura 15 – Vibroprensa hidráulica marca Columbia



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 16 – Vibroprensa hidráulica marca Piorotti



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 17 – Paletização automática da vibroprensa marca Columbia



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 18 – Central de controle da vibroprensa marca Columbia



Fonte: Acervo da autora (2018)

O equipamento mais antigo, por sua vez, possui uma velocidade de produção de até 700m<sup>2</sup> por dia, dependendo do produto. A paletização após prensagem ocorre de forma manual e sua central de comando é mais simplificada, como pode ser observado na Figura 19.

Figura 19 – Central de comando da vibroprensa marca Piorotti



Fonte: Acervo da autora (2018)

- Cura

A cura dos blocos é realizada em câmaras à temperatura ambiente e umidade forçada, existindo na fábrica diversos ventiladores aspersores de água que elevam a umidade relativa do ar, como pode ser observado na Figura 20. Os blocos permanecem nas câmaras, como mostrado na Figura 21, por 24 horas e depois são armazenados no pátio da fábrica por no mínimo 7 dias, não ultrapassando muito esse tempo, pois são produzidos sob demanda. O estoque de blocos no pátio da indústria pode ser visto na Figura 22. Os blocos são transportados de forma adequada até a obra, em paletes, com o auxílio de empilhadeiras para o carregamento dos caminhões, com o devido cuidado para não danificar os blocos, conforme Figura 23.

Figura 20 – Ventiladores aspersores de água na fábrica



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 21 – Câmaras de cura



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 22 – Armazenamento de paletes no pátio da fábrica



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 23 - Carregamento do caminhão para transporte dos blocos

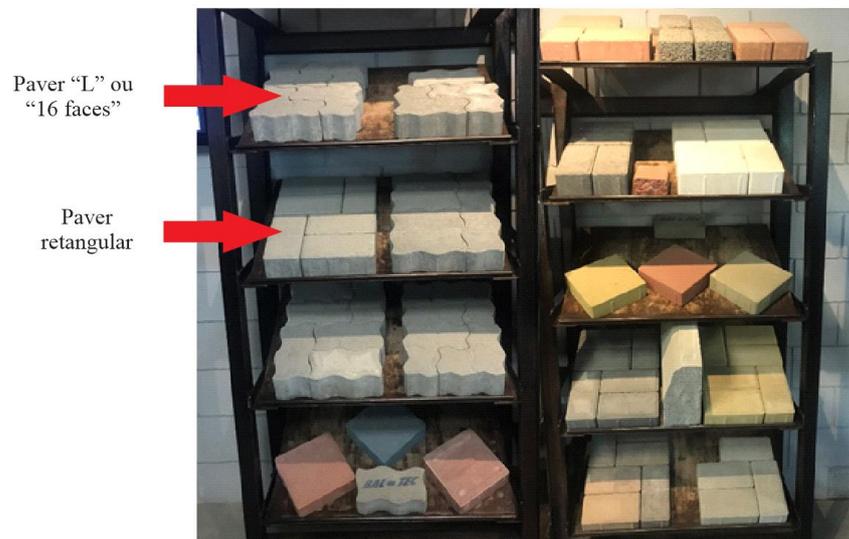


Fonte: Acervo da autora (2018)

- Formatos

O fabricante não possui um catálogo de produtos, pois produz os blocos sob demanda, podendo variar o formato conforme desejo do cliente, desde que adequados às normas. Alguns modelos de peças mais comuns produzidas na fábrica podem ser vistas na Figura 24. Para fins de pesquisa, foram analisados dois formatos de blocos, ambos com 8cm de espessura e resistência de 35 MPa, os quais foram empregados na obra acompanhada posteriormente. São eles os blocos retangulares e os *pavers* “L”, esse último também chamado de *paver* “16 faces”.

Figura 24 – Mostruário de peças da fábrica



Fonte: Acervo da autora (2018)

Em relação às dimensões, os dois modelos possuem 10,5 x 8 x 21 cm (largura x espessura x comprimento), respeitando os limites da ABNT NBR 9781. As peças possuem espaçadores de juntas incorporados com 0,3 cm e chanfros com projeções horizontal e vertical também de 0,3 cm, atendendo às especificações existentes na norma.

- Ensaios

O fabricante analisado possui a certificação ABCP de qualidade e, portanto, está pré-qualificado para fornecer o produto, sem necessidade de executar os ensaios de aceitação. Os ensaios de absorção de água e de resistência à abrasão não são realizados, portanto. Porém, para obter um maior controle da qualidade da produção, a indústria possui laboratório próprio que realiza ensaios periódicos de resistência à compressão. O equipamento utilizado no ensaio está

representado na Figura 25. A Figura 26 apresenta amostras retiradas dos lotes para o ensaio de resistência à compressão. A cada período de 3 meses, são enviadas amostras dos produtos para laboratórios terceirizados para a validação dos testes e manutenção da certificação ABCP de qualidade.

Figura 25 – Equipamento para ensaio de resistência à compressão



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 26 – Amostras submetidas ao ensaio de resistência à compressão



Fonte: Acervo da autora (2018)

Após a cura, todos os blocos produzidos passam por um operador que realiza a inspeção visual, conferindo a regularidade das arestas, homogeneidade e os ângulos retos, bem como a integridade das peças. Os blocos que não apresentam todos os parâmetros adequados são imediatamente descartados e os demais são paletizados.

Cada lote é limitado pela produção diária, separados por tipo de bloco e vibroprensa utilizada na moldagem. As peças são paletizadas com aproximadamente 10m<sup>2</sup> por palete, variando de acordo com o tipo de bloco, e os paletes são identificados por uma sequência de letras e números no formato “07 42 C 18”, sendo que os primeiros dois números são o dia da produção, os próximos dois números referenciam a semana do ano na qual foram produzidos, a letra representa a máquina na qual foram fabricados e os últimos dois números são referentes ao ano de produção (18 para o ano de 2018). A Figura 27 representa um palete identificado estocado no pátio da fábrica.

Figura 27 – Identificação dos paletes



Fonte: Acervo da autora (2018)

#### 4.2 DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DA ABCP

O projeto a ser executado foi recebido pronto pela empresa contratada, contendo todos os detalhes do dimensionamento e a configuração final do pavimento. O método de dimensionamento utilizado pelo projetista foi o método de Peltier, através do qual a espessura total do pavimento foi determinada a partir de fórmula direta.

O tráfego médio diário utilizado no projeto foi de 1922 veículos nas vias de tráfego leve e 1932 veículos nas vias de tráfego pesado e o CBR do subleito obtido através dos estudos foi de 10%. As espessuras das camadas calculadas em projeto foram, nas vias de tráfego leve, de 20 cm de base em brita graduada, dispensando a utilização de camada de sub-base, 6 cm de colchão de areia de assentamento e 8 cm de revestimento de *paver* de 35 MPa e, nas vias de tráfego pesado, de 20 cm de sub-base em macadame seco, 15 cm de base em brita graduada, 6 cm de colchão de areia de assentamento e 8 cm de revestimento de *paver* de 35 MPa. Para fins de visualização, a Figura 28 representa a configuração do pavimento de projeto nas áreas de tráfego pesado e leve.

Figura 28 – Representação da configuração do pavimento de projeto

Tráfego Pesado		Tráfego Leve	
BLOCOS 35MPa	8,0 cm	BLOCOS 35MPa	8,0 cm
AREIA DE ASSENTAMENTO	6,0 cm	AREIA DE ASSENTAMENTO	6,0 cm
BASE BRITA GRADUADA	15,0 cm	BASE BRITA GRADUADA	20,0 cm
SUB-BASE MACADAME SECO	20,0 cm	SUBLEITO CBR = 10%	
SUBLEITO CBR = 10%			

Fonte: Acervo da autora (2018)

Com a finalidade de comparar os resultados, foi realizado neste trabalho o dimensionamento pelo método de cálculo sugerido pela Associação Brasileira de Cimento Portland, descritos na normativa da Prefeitura de São Paulo IP-06 (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2004).

A partir do tráfego médio diário de projeto de 1922 veículos para as vias de tráfego considerado por ele leve e 1932 veículos para as vias de tráfego considerado por ele pesado, foi realizada a classificação das vias a serem dimensionadas com o auxílio da Tabela 6, resultando em tráfegos meio pesado e muito pesado, respectivamente. Os parâmetros “N” adotados nos cálculos foram, então, de  $2 \times 10^6$  e  $5 \times 10^7$ , para cada classificação de via.

Tabela 6 – Classificação e parâmetros de tráfego das vias do projeto estudado

Função predominante	Tráfego previsto	Vida de projeto (anos)	Volume inicial faixa mais carregada		Equivalente por veículo	N	N característico
			Veículo leve	Caminhão / ônibus			
Via local residencial	Leve	10	100 A 400	4 A 20	1,5	$2,70 \times 10^4$ a $1,40 \times 10^5$	$10^5$
Via coletora secundária	Médio	10	401 A 1500	21 A 100	1,5	$1,40 \times 10^5$ a $6,80 \times 10^5$	$5 \times 10^5$
Via coletora principal	<u>Meio pesado</u>	10	1501 A 5000	101 A 300	2,3	$1,4 \times 10^6$ a $3,1 \times 10^6$	<u><math>2 \times 10^6</math></u>
Via arterial	Pesado	12	5001 A 10000	301 A 1000	5,9	$1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$	$2 \times 10^7$
Via arterial principal / expressa	<u>Muito pesado</u>	12	> 10000	1001 A 2000	5,9	$3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$	<u><math>5 \times 10^7</math></u>
Faixa exclusiva de ônibus	Volume médio	12		< 500		$3 \times 10^6$	$10^7$
	Volume pesado	12		> 500		$5 \times 10^7$	$5 \times 10^7$

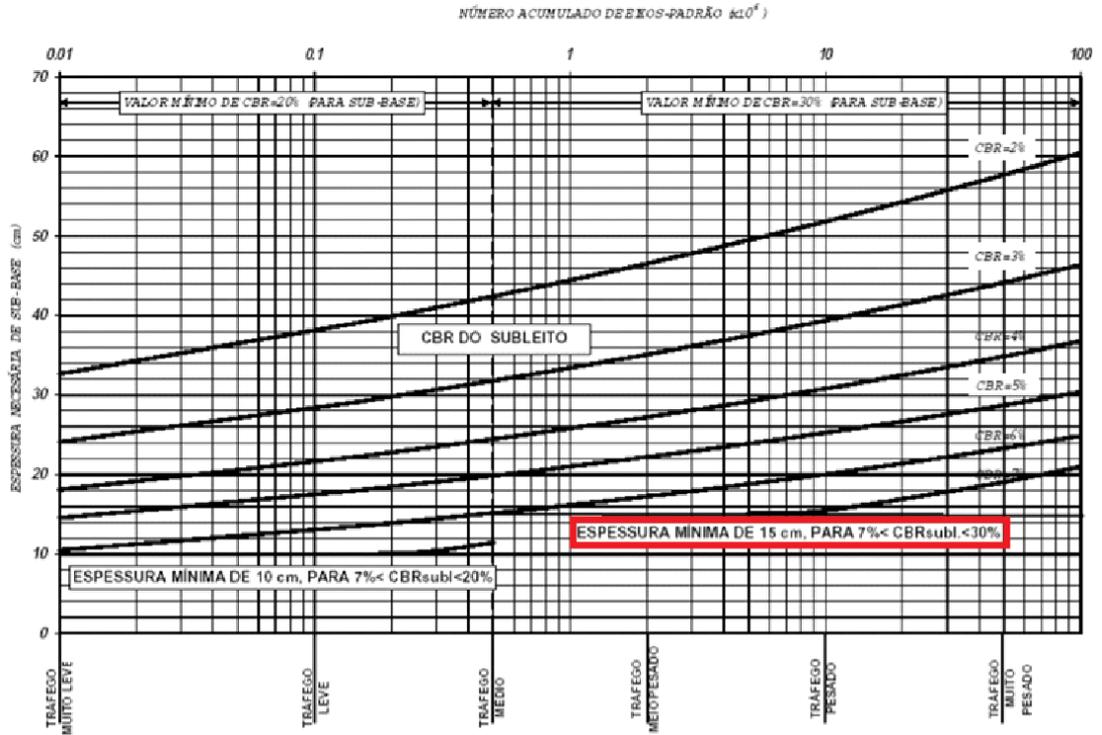
Fonte: Elaborada pela autora

A literatura recomenda o uso do procedimento A para vias com “N” típico superior a  $1,5 \times 10^6$ , em função do emprego de bases cimentadas. Portanto, a partir dos parâmetros encontrados e do CBR do subleito de projeto de 10%, foram definidas as espessuras das camadas constituintes da estrutura do pavimento através dos dois gráficos de leitura direta, conforme as Figuras 29 e 30.

Para subleitos com  $7\% \leq \text{CBR} \leq 30\%$ , tanto para vias de tráfego meio pesado quanto muito pesado, o gráfico da Figura 29 indica o uso de uma espessura mínima de 15 centímetros de sub-base. Como o subleito de projeto é de 10%, utilizou-se então essa espessura de sub-base nas estruturas de pavimento dos dois tipos de via.

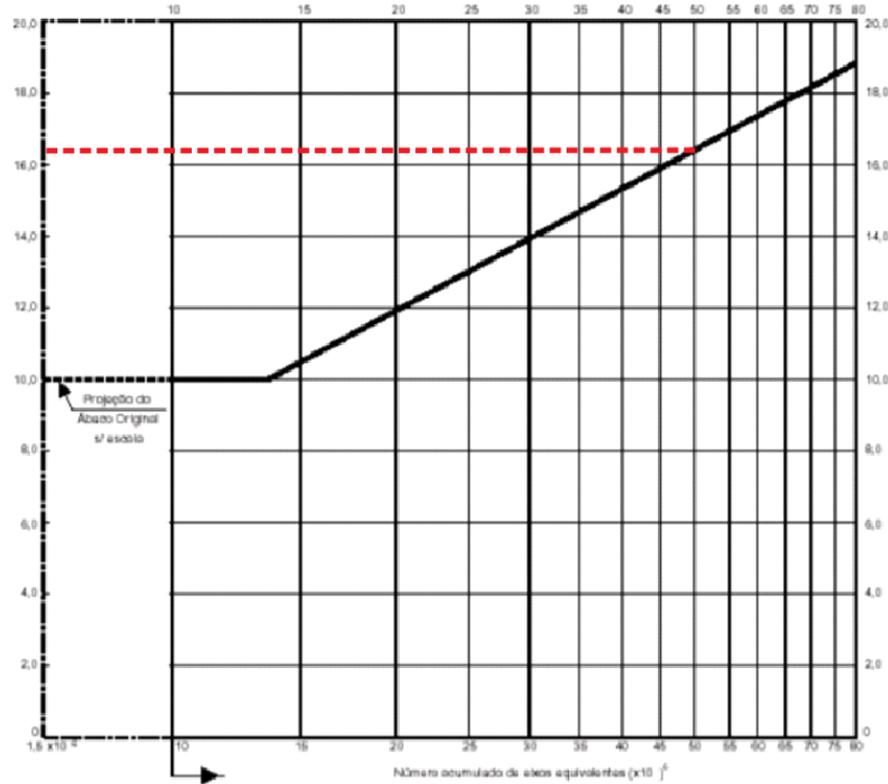
Para tráfegos com  $1,5 \times 10^6 \leq N < 1,0 \times 10^7$ , o método utiliza uma espessura mínima de 10 centímetros de base cimentada, conforme indicado na Figura 30. Como na via de tráfego meio pesado a ser dimensionada o número “N” é de  $2 \times 10^6$ , foi utilizada a espessura mínima. Para a via de tráfego muito pesado, inseriu-se o “N” de  $5 \times 10^7$  no gráfico da Figura 30 e se obteve a espessura de 17 centímetros de base cimentada. O procedimento indica o uso de material de sub-base com CBR superior a 30% quando  $N \geq 5 \times 10^5$ , o que ocorre nos dois casos dimensionados.

Figura 29 – Espessura de sub-base em função do CBR do subleito e do número “N” utilizada no dimensionamento



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 30 – Espessura da base cimentada em função do número "N" utilizada no dimensionamento



Fonte: Elaborada pela autora

A camada de assentamento adotada no método possui sempre 5 centímetros. As espessuras dos blocos utilizados nas camadas de revestimento foram determinadas a partir da Tabela 7, constante no método, resultando em blocos de 8 e 10 centímetros, respectivamente, para as vias de tráfego meio pesado e muito pesado.

Tabela 7 – Espessura e resistência dos blocos do revestimento do projeto estudado

Tráfego	Espessura do revestimento	Resistência à compressão simples
$N \leq 5 \times 10^5$	6,0 cm	35 MPa
$5 \times 10^5 < N < 10^7$	<u>8,0 cm</u>	35 a 50 MPa
$N \geq 10^7$	<u>10,0 cm</u>	50 MPa

Fonte: Elaborada pela autora

A estrutura final do pavimento obtida através dos cálculos do procedimento A sugerido pela ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland e descritos na normativa da Prefeitura de São Paulo IP-06 (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2004) está representada na Figura 31.

Figura 31 – Representação da configuração final do pavimento do dimensionamento

Tráfego muito pesado		Tráfego meio pesado	
BLOCOS 50MPa	10,0 cm	BLOCOS 35MPa	8,0 cm
AREIA DE ASSENTAMENTO	5,0 cm	AREIA DE ASSENTAMENTO	5,0 cm
BASE CIMENTADA	17,0 cm	BASE CIMENTADA	10,0 cm
SUB-BASE CBR $\geq$ 30%	15,0 cm	SUB-BASE CBR $\geq$ 30%	15,0 cm
SUBLEITO CBR = 10%		SUBLEITO CBR = 10%	

Fonte: Elaborada pela autora

Pode-se observar que o método utilizado neste trabalho obteve estruturas com espessuras um pouco diferentes do que o método de Peltier, utilizado no projeto original. Para as vias de circulação de veículos leves, os cálculos realizados resultaram em um pavimento com um total de 38 centímetros, contra 34 centímetros do projeto original. Para as vias de circulação de caminhões e ônibus, os cálculos realizados resultaram em um pavimento com 47 centímetros de estrutura, contra 49 centímetros do projeto original. Os materiais constituintes das camadas também são diferenciados entre os métodos. No projeto original são utilizados materiais granulares simples para base e sub-base, já o método utilizado no dimensionamento deste trabalho utiliza material tratado com cimento para a camada de base e especifica um CBR mínimo para a camada de sub-base de 30%, definido a partir do parâmetro “N” da via, determinando o uso de materiais mais nobres na execução dessa camada.

Para o tráfego médio diário utilizado em projeto, o método de Peltier não seria adequado, pois é recomendado para dimensionamento de vias de tráfego leve. Porém, esse método é muito utilizado em dimensionamentos de pátios de estacionamentos e se faz, inclusive, satisfatório, pois o trânsito nesse tipo de local se diferencia na sua ação sobre o pavimento, possuindo grande sazonalidade e menor velocidade de circulação.

### 4.3 ACOMPANHAMENTO E ANÁLISE DA EXECUÇÃO DE PAVIMENTO INTERTRAVADO COM BLOCOS DE CONCRETO

Foi realizado um acompanhamento da execução da pavimentação com blocos intertravados de concreto em um pátio do estacionamento localizado no município de Tijucas, em Santa Catarina. A realização do trabalho foi possível através do contato com o engenheiro responsável pela empresa contratada para a execução da obra, que autorizou o acompanhamento e posterior análise neste trabalho.

Da mesma forma, o acompanhamento da execução foi realizado com o auxílio de um formulário elaborado para este fim. O formulário foi desenvolvido com base nos itens abordados na revisão de literatura. Após o preenchimento, foi possível a realização de um comparativo entre as técnicas encontradas na bibliografia com o executado em obra. Demais observações importantes verificadas durante o acompanhamento que não foram abordadas nas perguntas específicas do formulário foram acrescentadas, ao final de cada item avaliado.

O formulário desenvolvido aborda diversos itens separados por projeto, subleito, drenagem, sub-base e base, contenções, serviços preliminares ao assentamento, camada de assentamento, assentamento dos blocos, ajustes e arremates, compactação, rejuntamento, inspeção final e limpeza. O uso do formulário objetiva direcionar o acompanhamento da execução do pavimento, mas não limitar sua análise. O formulário se baseia, principalmente, na normativa ABNT NBR 15953:2011, mas também aborda diretrizes do Manual de Pavimento Intertravado da Associação Brasileira de Cimento Portland, bem como outras recomendações encontradas na literatura.

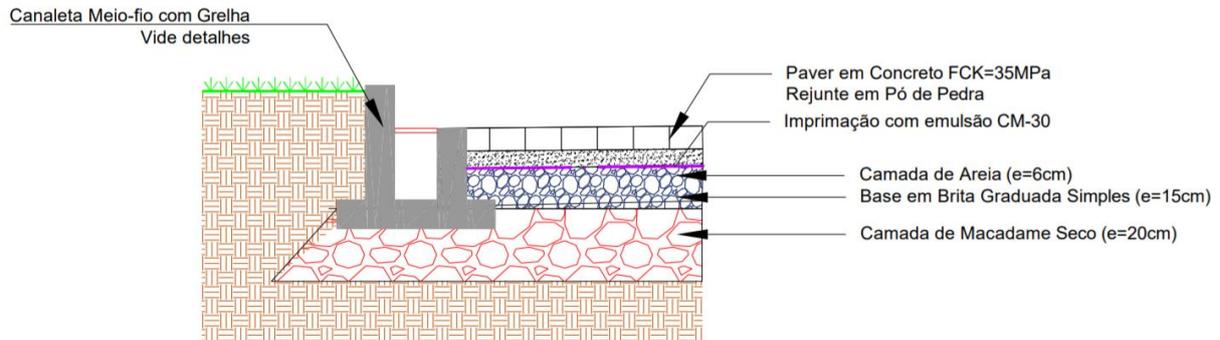
O acompanhamento foi realizado com o auxílio do formulário durante toda a etapa de pavimentação do pátio, durante aproximadamente três meses, nos quais foram observadas todas as etapas da pavimentação, com a captura de imagens e preenchimento do formulário. O acompanhamento foi supervisionado pela engenheira da empresa responsável pela obra, a qual explicou todo o processo de pavimentação, desde a regularização do subleito até a limpeza final do pátio. O formulário preenchido encontra-se no Apêndice B.

- Projeto

O projeto continha, além do dimensionamento, todas as especificações de base e sub-base, com os materiais a serem utilizados e espessuras das camadas. O projeto de drenagem e toda a infraestrutura necessária para a execução também estavam descritos no documento. As

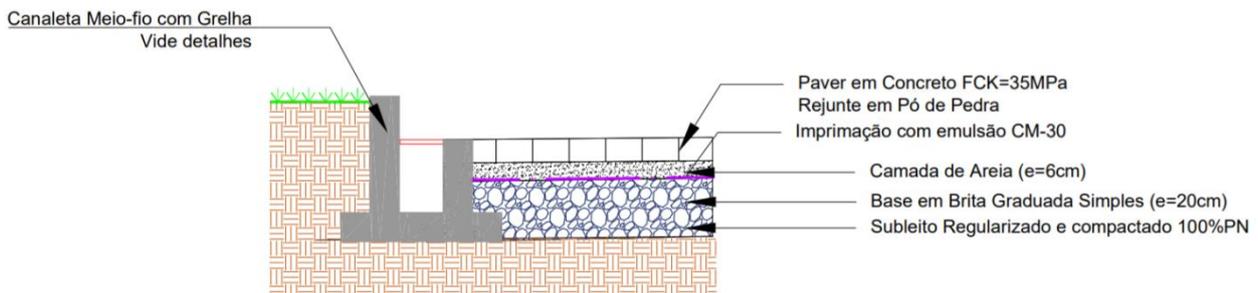
Figuras 32 e 33 representam os detalhes de projeto das seções tipo de pavimentação para as áreas de tráfego pesado e leve do pátio de estacionamento.

Figura 32 – Seção tipo de pavimentação para áreas de tráfego pesado



Fonte: Projeto Executivo I Fashion Outlet Tijuca – Projeto de Pavimentação (2015)

Figura 33 – Seção tipo de pavimentação para áreas de tráfego leve



Fonte: Projeto Executivo I Fashion Outlet Tijuca – Projeto de Pavimentação (2015)

A estrutura dimensionada inicialmente em projeto não foi a mesma executada. Ao receber e analisar o projeto, a empresa contratada propôs ao projetista uma estrutura diferente, com base em experiências anteriores, a qual foi aceita pelo projetista e alterada em projeto. As espessuras das camadas executadas foram então, nas vias de tráfego leve, de 20 cm de base em bica corrida, dispensando a utilização de camada de sub-base, 4 cm de colchão de assentamento de pó de brita (areia industrial) e 8 cm de revestimento de *paver* de 35 MPa e, nas vias de tráfego pesado, de 17 cm de sub-base em pedra rachão, 13 cm de base em bica corrida, 4 cm de colchão de assentamento de pó de brita (areia industrial) e 8 cm de revestimento de *paver* de 35 MPa. A configuração do pavimento após as alterações de projeto e conforme foi executado está representado na Figura 34.

Figura 34 – Representação da configuração do pavimento executado

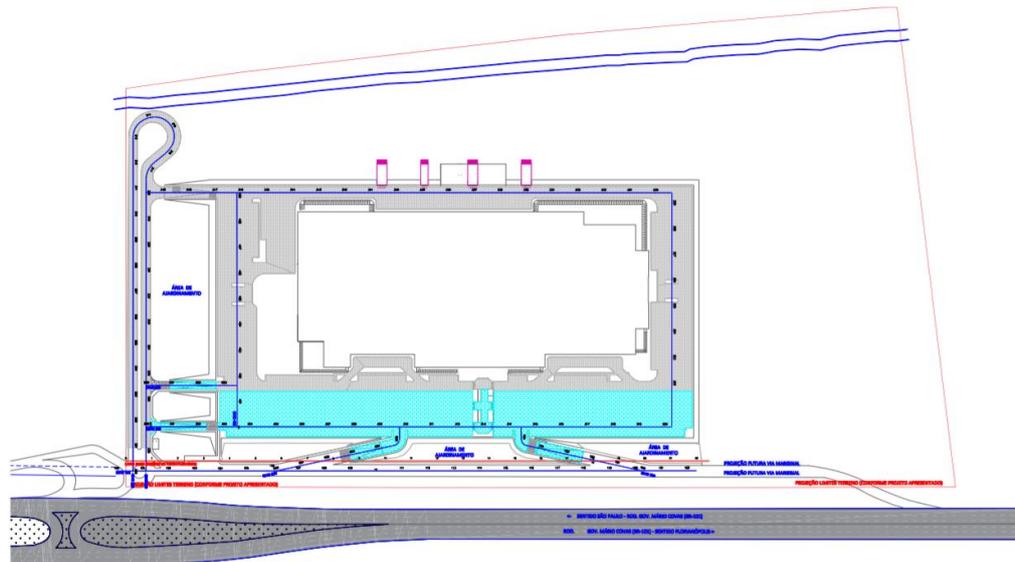
Tráfego Pesado		Tráfego Leve	
BLOCOS 35MPa	8,0 cm	BLOCOS 35MPa	8,0 cm
ASSENTAMENTO PÓ DE BRITA	4,0 cm	ASSENTAMENTO PÓ DE BRITA	4,0 cm
BASE BICA CORRIDA	13,0 cm	BASE BICA CORRIDA	20,0 cm
SUB-BASE PEDRA RACHÃO	17,0 cm	SUBLEITO CBR = 10%	
SUBLEITO CBR = 10%			

Fonte: Elaborada pela autora

Durante a execução houve diversas e constantes alterações nos projetos (arquitetônico e de paisagismo), com consequentes mudanças nos direcionamentos de execução do pavimento. Isso causou retrabalho, com a extração e recolocação de meios-fios e blocos já finalizados para adaptação às solicitações do contratante. Foi observado ainda, que as alterações nas prioridades da empresa contratante eram costumeiras, desviando o foco da equipe e fazendo com que o serviço fosse realizado com menos agilidade. Mesmo assim, não houve atrasos por parte da empresa contratada executora, e foram obedecidos todos os prazos estabelecidos em contrato. Isto mostra que grande experiência na área de pavimentação com blocos intertravados de concreto foi importante para o bom desempenho da obra. O projeto de pavimentação do empreendimento está representado na Figura 35.

Por outro lado, como os projetos eram alteados constantemente, a equipe tinha dificuldade de acesso a versões atualizadas, visto que as atualizações não eram repassadas de maneira eficaz para a empresa executora. Ainda, a comunicação era falha, devido às incertezas e mudanças de decisões do contratante, o que de certa forma atrapalhava a execução do serviço. Mesmo assim a equipe apresentou um ritmo de trabalho com desempenho superior ao esperado, com eficiência na realização da obra.

Figura 35 – Projeto de pavimentação do empreendimento (sem escala)



Fonte: Projeto Executivo I Fashion Outlet Tijuca – Projeto de Pavimentação (2015)

- Subleito

A empresa que executou a terraplenagem foi a mesma executora da pavimentação em *paver* e, portanto, foi mais fácil o controle da execução e adequação do subleito para que se obtivesse a qualidade desejada do pavimento como um todo.

Foi realizado um estudo geotécnico detalhado do subleito, contido em projeto, o qual apresentou expansão volumétrica menor que 2% e CBR de 10%. O subleito foi devidamente regularizado e compactado previamente à execução das camadas superiores, como pode ser observado na Figura 36.

Figura 36 – Compactação do subleito



Fonte: Acervo da autora (2018)

A declividade transversal (abaulamento) do pavimento era variável ao longo da sua extensão do terreno. Em alguns locais, o projeto indicou valores menores do que 2% (limite mínimo recomendado por norma). Apesar disso, ao final da execução, pôde-se observar que a drenagem superficial se mostrou eficiente, conferindo o escoamento necessário das águas, não sendo prejudicial ao pavimento. Na maior parte da área do pátio, o caimento era apenas transversal, existindo caimento longitudinal somente nos cantos do terreno.

- Drenagem

O projeto de drenagem se apresentou de forma completa, seguindo as especificações constantes no Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006). Todos os detalhes da drenagem superficial, com base em estudos hidrológicos previamente elaborados, com os cálculos de dimensionamento dos dispositivos, descrição das normas, materiais e equipamentos utilizados estavam descritos. Foram utilizadas canaletas de concreto *moldado in loco*, conjugadas ao meio fio, interligadas à tubulação de deságue por meio de caixas coletoras de sarjeta ou, em alguns locais, com deságue direto através de descidas d'água ligadas às caixas coletoras das sarjetas.

Apesar de um projeto completo, esse foi, algumas vezes, alterado para adequação aos caimentos superficiais, que não foram previamente considerados. A configuração final das canaletas foi definida e executada após a finalização de boa parte da área de pavimento intertravado e, como a estrutura de drenagem era conjugada ao meio fio, isso causou danos ao

pavimento intertravado pelo desbarrancamento das contenções devido à escavação das valas para a execução das canaletas, como mostra a Figura 37, gerando retrabalho.

Figura 37 – Desbarrancamento do meio fio devido à escavação de valas para canaletas de drenagem



Fonte: Acervo da autora (2018)

- Base e sub-base

As camadas de base e sub-base não foram executadas conforme o projeto inicial, havendo alterações conforme concordância entre a empresa contratada e o projetista acerca da estrutura definitiva a ser executada. Como o prazo da obra era curto, a empresa executora assumiu responsabilidade sobre a qualidade dessas camadas, se responsabilizando por qualquer

patologia que pudesse ocorrer posteriormente à execução e, assim, foi dispensada a realização dos testes de aceitação por parte da fiscalização, a fim de agilizar a execução da obra. Observa-se que esta prática é comum, especialmente quando a empresa que contrata é privada. As camadas de base e de sub-base foram executadas de forma adequada, obedecendo todas as cotas e caimentos indicados em projeto. A Figura 38 representa o nivelamento da sub-base para posterior compactação e, na Figura 39, pode-se observar na camada de base o nivelamento pela motoniveladora e a compactação pelo rolo compactador até atendimento do grau de compactação, pelo menos mínimo, indicado em projeto.

Figura 38 – Nivelamento da sub-base



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 39 – Nivelamento e compactação da base

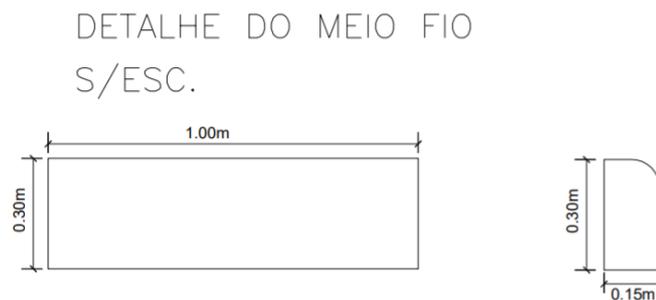


Fonte: Acervo da autora (2018)

- Contenções laterais

As contenções laterais especificadas em projeto eram de concreto pré-moldado com  $1,00 \times 0,3 \times 0,15 \text{ m}^3$ , conforme detalhe mostrado na Figura 40. Como a fabricante produz peças de dimensões diferentes, as medidas dessas peças foram alteradas em projeto. As peças utilizadas na obra foram de dois tamanhos diferentes. Nos canteiros centrais, foram utilizados meios-fios de  $0,70 \times 0,25 \times 0,08 \text{ m}^3$  e nas bordas de ruas foram utilizadas contenções de  $0,70 \times 0,3 \times 0,12 \text{ m}^3$ . As peças foram instaladas de forma manual, argamassadas entre elas e fixadas diretamente na base do pavimento. Essa etapa era realizada, normalmente, previamente ao espalhamento da camada de assentamento, conforme recomendado em norma. No entanto, vezes as contenções foram instaladas após o assentamento dos blocos, como pode ser observado na Figura 41.

Figura 40 – Detalhe do meio fio conforme projeto inicial



Fonte: Projeto Executivo I *Fashion Outlet* Tijuca – Projeto de Pavimentação (2015)

Figura 41 – Instalação das contenções laterais



Fonte: Acervo da autora (2018)

Algumas contenções internas foram instaladas posteriormente à finalização do revestimento, com o corte dos blocos já assentados e a substituição por peças de acabamento em meio-fio conforme definido em projeto, como pode ser visto na Figura 42. Esse processo é adequado segundo a literatura, não sendo prejudicial à qualidade final do pavimento.

Figura 42 – Corte dos blocos já assentados para a instalação de contenções internas



Fonte: Acervo da autora (2018)

Não foram utilizadas contenções provisórias para a liberação parcial do tráfego interno da obra, o que algumas vezes causou danos as estruturas já instaladas e consequentes retrabalhos, devido à circulação de máquinas e caminhões sem que houvesse sido executado o travamento, com a torção de peças e abertura das juntas, conforme mostra a Figura 43.

Figura 43 – Peças abertas e torcidas devido à circulação de tráfego sem travamento



Fonte: Acervo da autora (2018)

- Serviços preliminares ao assentamento

O reconhecimento das áreas para estocagem de material e dos acessos à obra era feito conforme necessidade durante a execução, com constante contato com a contratante para obter autorização, a fim de não prejudicar outros serviços em andamento.

A falta de controle do acesso de máquinas e caminhões de terceiros, contudo, causavam constantes contaminações nas áreas a serem pavimentadas, resultando em retrabalho. Isso se deu, em parte, devido à falta de sinalização e isolamento das áreas, além da falta de comunicação entre as empresas que realizavam serviços simultâneos. Um exemplo de contaminação pode ser observado na Figura 44, que representa a camada de assentamento em pó de brita já nivelada danificada pela circulação interna da obra.

Figura 44 – Contaminação da camada de assentamento



Fonte: Acervo da autora (2018)

- Camada de assentamento

O material utilizado na camada de assentamento foi o pó de brita, também chamado de areia industrial, com espessura de 4 cm, estando de acordo com a NBR 15953/2011. O material de assentamento era estocado ao ar livre, como na Figura 45, e transportado para a “frente de trabalho” com carrinhos de mão, mini-carregadeiras ou retroescavadeiras.

Figura 45 – Estoque de material de assentamento ao ar livre



Fonte: Acervo da autora (2018)

Inicialmente, o nivelamento era realizado com motoniveladoras, como na Figura 46, com o espalhamento de uma última fina camada manualmente no momento do assentamento, essa nivelada utilizando mestras. Em alguns locais, foi realizada a compactação da camada de assentamento com compactador manual e com rolo compactador, como observado na Figura 47, o que não é recomendado pela literatura.

Figura 46 – Nivelamento do material de assentamento por motoniveladora



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 47 – Compactação da camada de assentamento



Fonte: Acervo da autora (2018)

A distância de espalhamento do pó era quase sempre maior do que o um metro e meio descrito pela literatura como o ideal para a colocação dos blocos, conforme pode ser visto na Figura 48. Porém, em alguns locais, o assentamento dos blocos era automatizado e, portanto, muito mais rápido. Nesses locais, apesar de não recomendado pela literatura, o espalhamento de uma extensão maior do que um metro e meio pode ser considerado adequado.

Figura 48 – Espalhamento manual da camada de assentamento



Fonte: Acervo da autora (2018)

Não eram realizados ensaios de umidade durante a execução da camada de assentamento e o controle de umidade era visual, sendo realizado o umedecimento do material durante o espalhamento caso o operador julgasse necessário. Foi observada uma extensão de espalhamento da camada de assentamento maior do que a suficiente para a jornada diária de trabalho, o que não é recomendado pela bibliografia. Em caso de chuva, a substituição do material espalhado era realizada a critério da equipe, também através de análise visual.

Os dados do ensaio granulométrico do pó de brita utilizado mostram que ele está dentro das faixas recomendadas pela bibliografia, como pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8 – Distribuição granulométrica do material de assentamento utilizado

Abertura da peneira (mm)	Porcentagem retida, em massa (%)
6,3	0
4,75	0
2,36	24,43
1,18	44,23
0,6	60,00
0,3	73,24
0,15	86,27
0,075	94,29

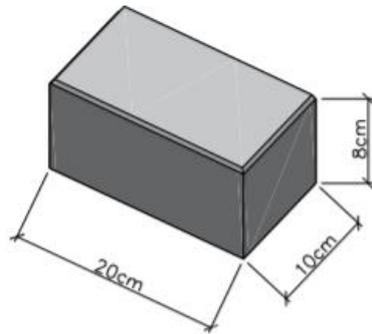
Fonte: Elaborada pela autora

- Assentamento dos blocos

Tanto nas áreas de tráfego leve quanto nas de tráfego pesado foram utilizadas blocos de 8cm de espessura e resistência à compressão de, no mínimo, 35MPa, sendo as resistências dos pavimentos diferenciadas apenas pela espessura das camadas de base e sub-base. Inicialmente no projeto, os blocos eram todos retangulares com paginação em espinha de peixe, conforme os detalhes da Figura 49. Após ajustes e melhorias no projeto arquitetônico, os blocos utilizados na obra foram do tipo “L” nas áreas de ruas, assentados em fileiras, e retangulares nas áreas de vagas e calçadas, assentados com o padrão de espinha de peixe.

Os dois modelos de peças utilizados estão representados nas Figuras 50 e 51. A empresa fabricante dos *pavers*, analisada previamente neste trabalho, além de possuir o selo ABCP de qualidade, era do mesmo grupo da executora da obra, o que tornava desnecessária a inspeção para aceitação no recebimento das peças na obra.

Figura 49 – Detalhes do bloco e da paginação



DETALHE PAVER FCK=35MPa



DETALHE PAGINAÇÃO DO PAVER

Fonte: Projeto Executivo I *Fashion Outlet* Tijucas – Projeto de Pavimentação (2015)

Figura 50 – Blocos do tipo “L” ou “16 faces” cor natural



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 51 – Blocos retangulares cor grafite



Fonte: Acervo da autora (2018)

O transporte dos blocos até o canteiro foi feito de forma adequada, paletizados, embalados e etiquetados corretamente. Os paletes eram estocados na obra em locais próximos à frente de trabalho e parcialmente protegidos, envoltos nas laterais por um plástico protetor, conforme se nota na Figura 52. O transporte interno da obra era feito com empilhadeiras.

Figura 52 – Estoque de paletes de blocos na obra



Fonte: Acervo da autora (2018)

O assentamento dos blocos “L” foi feito de forma automatizada com uma máquina pavimentadora de piso intertravado, mostrada na Figura 53, e o assentamento dos blocos retangulares foi feito de forma manual.

Figura 53 – Assentamento dos *pavers* “L” com a máquina pavimentadora



Fonte: Acervo da autora (2018)

A equipe executava a primeira fiada a fim de se familiarizar com o padrão de assentamento. O nivelamento do revestimento era feito com o auxílio da equipe de topografia e com o uso de linhas-guia transversais e longitudinais, espaçadas de forma adequada para de obter um bom alinhamento. A Figura 54 mostra a equipe esticando linhas-guia na frente de trabalho.

Figura 54 – Colocação de linhas-guia



Fonte: Acervo da autora (2018)

- Ajustes e arremates

Os ajustes e arremates eram realizados a fim de executar os acabamentos e fechamentos do pavimento. Os acabamentos entre as contenções laterais e os blocos eram realizadas com peças cortadas com serra de disco diamantada, como na Figura 55, ou com o preenchimento dos espaços com areia de rejuntamento, sem a utilização de argamassa, conforme recomenda a literatura. Em alguns locais, foi preenchido um espaço muito grande com material de rejuntamento e, em outros, foram utilizados pedaços muito pequenos dos blocos para realizar o acabamento, como pode ser observado na Figura 56 e 57. Apesar dessas áreas fugirem do recomendado, o acabamento no geral ficou visualmente bom e foi aceito pelo contratante e, portanto, não houve problemas.

Figura 55 – Acabamento com serra de disco diamantada



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 56 – Acabamento com preenchimento com areia de rejuntamento



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 57 – Arremates com pedaços muito pequenos de blocos



Fonte: Acervo da autora (2018)

Em diversos locais tiveram que ser realizados ajustes de alinhamento devido à circulação de veículos antes da liberação ao tráfego, além de pequenos desvios causados pela própria carregadeira que auxilia a movimentação dos paletes na frente de trabalho.

- **Compactação**

Na maior parte das áreas não foi realizada compactação inicial antes do rejuntamento. Essa primeira compactação inicial tem o objetivo de auxiliar na penetração do material de assentamento nas juntas, conferindo um primeiro estágio de intertravamento e dando mais estabilidade ao pavimento. Algumas áreas permaneceram um longo período sem compactação. Apesar de não recomendado pela literatura consultada, foi utilizado o rolo compactador sem vibração para compactar o revestimento nas áreas maiores, conforme Figura 58.

Nas áreas próximas às contenções laterais e nas áreas de calçadas a compactação foi realizada de forma manual com placas vibratórias. A sobreposição era realizada a critério do operador, sem um comprimento específico. O espaçamento de um metro e meio da frente de trabalho era respeitado, de acordo com o recomendado pela bibliografia. Após a compactação, as peças danificadas eram substituídas, havendo sempre um membro da equipe verificando a integridade e alinhamento dos blocos, bem como o preenchimento das juntas.

Figura 58 – Compactação com rolo compactador



Fonte: Acervo da autora (2018)

- Areia de rejuntamento

O material utilizado no rejuntamento era uma areia fina de granulometria especificada na Tabela 9, com faixas dentro das recomendações da bibliografia.

Tabela 9 – Distribuição granulométrica do material de rejuntamento utilizado

<b>Abertura da peneira (mm)</b>	<b>Porcentagem retida, em massa (%)</b>
4,75	0
2,36	1,22
1,18	6,63
0,6	16,25
0,3	51,76
0,15	89,71
0,075	100

Fonte: Elaborada pela autora

O estoque do material era feito ao ar livre, sem nenhum cuidado com a contaminação por intempéries ou exposição à água da chuva, conforme Figura 59.

A areia de rejuntamento era espalhada seca, manualmente com a utilização de pás ou com o auxílio de mini carregadeiras ou retroescavadeiras, como pode ser observado na Figura 60, até cobrir toda a área assentada. Quando se verificava que as juntas não estavam completamente cheias ou que havia lugares onde o vento tinha levado a camada de areia era realizado um novo espalhamento. Nem sempre foi realizada a varrição da areia para completo preenchimento das juntas conforme recomendado pela literatura.

A técnica utilizada pela empresa era deixar a areia de rejuntamento espalhada sobre o revestimento por um período de aproximadamente 15 dias, para que naturalmente ela penetrasse nos espaços ao longo do tempo e preenchesse as juntas por completo. Quando o prazo era curto e era necessário apressar o processo, era realizada a varrição. Comumente foi possível observar a presença de montes, devido aos fortes ventos no local da obra, juntamente com constantes chuvas na região, como pode ser visto na Figura 61.

Figura 59 – Estoque de areia de rejuntamento ao ar livre



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 60 – Espalhamento do material de rejuntamento com retroescavadeira



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 61 – Presença de montes de areia de rejuntamento



Fonte: Acervo da autora (2018)

- Inspeção final

Relativamente à inspeção final da obra, algumas considerações são descritas. Foi realizada a limpeza e entrega de áreas sem a devida inspeção do preenchimento total das juntas, podendo ser observados locais onde elas não se apresentavam completamente preenchidas, como pode ser observado na Figura 62.

Devido à interferência de serviços elétricos, puderam-se verificar áreas com desníveis consideráveis, onde anteriormente foram escavadas valas para instalações elétricas e que foram preenchidas com material sem o suporte e a compactação adequada. Em alguns locais, puderam-se observar desníveis maiores do que 10 mm, como na Figura 62, porém esses desníveis foram posteriormente corrigidos com uma nova compactação ou recolocação dos blocos.

A liberação ao tráfego era urgente devido à necessidade de circulação de máquinas e caminhões pela obra e, devido a isso, a inspeção final de algumas áreas não foi realizada de forma muito minuciosa e adequada antes da liberação do tráfego interno, sendo deixado para o fim da obra uma vistoria completa para identificar e corrigir possíveis falhas. A limpeza final da área pavimentada foi feita por meio de varrição com mini carregadeira equipada com vassoura coletora, conforme Figura 64.

Figura 62 – Juntas parcialmente preenchidas



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 63 – Desnível maior do que 10mm



Fonte: Acervo da autora (2018)

Figura 64 – Varrição com mini carregadeira equipada com vassoura coletora



Fonte: Acervo da autora (2018)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os acompanhamentos realizados neste trabalho mostram que as técnicas de fabricação empregadas na indústria de blocos de concreto de Penha estiveram de acordo com as diretrizes e normas descritas na bibliografia e os procedimentos utilizados na execução da obra no município de Tijucas estão parcialmente de acordo com as recomendações da literatura.

Na fabricação dos blocos, os itens verificados se enquadravam nas sugestões, sendo utilizados materiais e máquinas adequados, um processo de cura eficiente, blocos com formas condizentes com as normas e com os devidos ensaios de aceitação realizados e em dia com o selo ABCP de qualidade que a empresa possui.

Na massa do concreto foram utilizados agregados maiores do que a recomendação da literatura, porém se trata de um agregado de comum utilização e não há influência na qualidade final do produto. O armazenamento dos agregados, que é realizado ao ar livre, deveria receber uma proteção contra intempéries para evitar contaminações. É recomendado um controle de temperatura e umidade nas câmaras de cura, para se atingir a resistência desejada das peças, porém, mesmo sem esse controle, o resultado final dos blocos atende às especificações e qualidade desejada, cumprindo todos os requisitos das normas.

Na execução da obra, alguns itens verificados apresentaram diferentes do recomendado na literatura ou disposto em normativas. Os principais itens observados foram os seguintes:

- Forma de estocagem dos materiais de assentamento e de rejuntamento, sem nenhum tipo de proteção contra a contaminação por intempéries;
- Dificuldade de acesso em tempo hábil aos projetos atualizados, que gerou desperdício de material e retrabalho;
- Falta de sinalização e isolamento das áreas onde estavam sendo realizados os serviços, onde ocorreram danos ao revestimento pronto, gerando retrabalho;
- Realização da compactação com rolo da camada de assentamento, o que não é recomendado;
- Execução de arremates inadequados;
- Pressa pela liberação ao tráfego onde os serviços ainda não estavam finalizados, que causou retrabalho.

Mesmo assim, muitos itens verificados seguem as diretrizes das normas e da bibliografia. Algumas técnicas utilizadas não estão de acordo com a literatura, porém não obtiveram nenhuma influência na qualidade final da estrutura, e foram consideradas então adequadas para a obra. Os caimentos menores do que o recomendado não impediram a drenagem adequada do pavimento.

A compactação do pavimento com rolo, que não é aconselhada, foi realizada sem vibração e, portanto, não danificou os blocos e conferiu a compactação desejada ao revestimento. O espalhamento de mais de um metro e meio de material de assentamento foi considerado adequado no caso de assentamento automatizado, para acompanhar a velocidade de colocação dos blocos.

Foram observadas falhas no que diz respeito à inspeção final do pavimento, sendo entregue com juntas sem preenchimento total, blocos danificados, desníveis visíveis e arremates inadequados. Isso se deve ao curto prazo de entrega da obra, fazendo com que a atenção maior ficasse em obter o pátio pavimentado pronto.

O tráfego interno da obra sobre o revestimento em execução, sem liberação por parte da contratada, ocasionou diversos danos aos serviços, o que gerou muito retrabalho. O planejamento da circulação interna durante o andamento dos serviços de pavimentação deveria ter sido inicialmente pensado pela empresa contratante, analisando o progresso da obra ao longo do tempo, além da atenção prévia com o projeto para evitar decisões atrasadas durante a execução, evitando inúmeros retrabalhos e reparos.

A obra apresentou uma boa qualidade final e a equipe de pavimentação demonstrou elevada produtividade, evidenciando muita experiência nas atividades realizadas. Alguns cuidados poderiam ter sido tomados para que se diminuísse os desperdícios e retrabalhos frequentes na obra.

## 5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir do desenvolvimento deste trabalho, foram propostas as seguintes recomendações para realização de trabalhos futuros que possam complementar esse estudo:

- a) Análise comparativa de dimensionamento da estrutura entre pavimento asfáltico e intertravado;
- b) Análise comparativa de tipos de pavimento intertravado;
- c) Análise comparativa de orçamento para pavimento asfáltico e intertravado;
- d) Acompanhamento da fabricação e execução de blocos de concreto estruturais.

## REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, Paloma Santos Xavier de. **Blocos intertravados coloridos para pavimentação com incorporação de resíduos de cerâmica vermelha em prol da redução de pigmentos**. 2015. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Caruaru, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Selo da Qualidade ABCP/Blocos de concreto**. Disponível em: <<https://www.abcp.org.br/cms/selos-de-qualidade/blocos/selos-de-qualidade-blocos-de-concreto/>>. Acesso em: 14 out. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15953**: pavimento intertravado com peças de concreto – execução. Rio de Janeiro, 2011.
- \_\_\_\_\_. **NBR 12752**: execução de reforço do subleito de uma via – procedimento. Rio de Janeiro, 1992.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9781**: peças de concreto para pavimentação – especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
- BERNUCCI, Liedi Bariani *et al.* Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. vol. 504. Rio de Janeiro, 2008.
- CORRÊA, R. R. **Proposta de metodologia de controle de qualidade de peças de concreto para pavimentação**. 2013. 307 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2013.
- CRUZ, Luiz Otávio Maia. **Pavimento intertravado de concreto: estudo dos elementos e métodos de dimensionamento**. 2003. 281 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio De Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2003.
- FERNANDES, I. **Blocos e Pavers**. Produção e Controle de Qualidade. São Paulo, 2013.
- FIORITI, Cesar Fabiano. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo**. 2007. 218 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 2007.
- FIORITI, Cesar Fabiano; INO, Akemi; AKASAKI, Jorge Luís. 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.
- HALLACK, Abdo. **Dimensionamento de pavimentos com revestimento de peças pré-moldadas de concreto para áreas portuárias e industriais**. 1999. 116 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo (USP), 1999.

HALLACK, Abdo. Pavimento intertravado: uma solução universal. **Revista Prisma**, [S.l.], v. 1, p. 25–27, 2001.

INSTRUÇÃO DE PROJETOS - IP-06/2004. **Dimensionamento de pavimentos com blocos intertravados de concreto**. Prefeitura Municipal de São Paulo, São Paulo, 2004.

INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE (ICPI). **Construction details and guide specifications for interlocking concrete pavements and concrete grid pavements**. Sterling, Virginia, June 1996.

LEITE, Abner Augusto dos Santos. **Blocos de concreto para pavimentação intertravada com adição de sílica ativa**. 2015. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil Curso de Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

MARCHIONI, Mariana Lobo. **Desenvolvimento de técnicas para caracterização de concreto seco utilizado na fabricação de peças de concreto para pavimentação intertravada**. 2012. 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia da Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo, 2012.

MEDEIROS, J.S. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto**. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pós-Graduação em Engenharia Civil. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP. 1993.

OLIVEIRA, A. L. Contribuição para a dosagem e produção de peças de concreto para pavimentação. 2004. 296 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2004.

ONO, Bruno Watanabe; BALBO, José Tadeu; CARGNIN, Andréia. Análise da capacidade de infiltração em pavimento permeável de bloco de concreto unidirecionalmente articulado. **Transportes**, v. 25, p. 1–12, 2017.

PAGE, G. K. **Interlocking concrete paver production on small pallet concret blocks machine**. Third International Workshop on Concret Block Paving, Cartagena de Indias, Colombia, May 1998.

PIROLA, F.C. **Contribuição para o estudo de concreto seco utilizado na fabricação de peças de concreto para pavimentação de 50 MPa**. 2011. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

PORTLAND, Associação Brasileira de Cimento. **Manual de Pavimento Intertravado: passeio público**. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Dimensionamento de pavimentos com blocos intertravados de concreto. IP-06/2004. São Paulo: Prefeitura Municipal de São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://twixar.me/Gfg3>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

PROJETO EXECUTIVO I FASHION OUTLET TIJUCAS – PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO. [S.l: s.n], 2015. Não publicado.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. vol. 2, 2. ed. São Paulo: Editora Pini, 2001.

## Apêndice A – Formulário de acompanhamento da fabricação dos blocos

### Formulário de Acompanhamento

#### Fabricação dos blocos

Data da visita: 22/10/2018

#### 1. Materiais:

Tipo de **cimento** utilizado: CP II-F-40 e CP V-ARI

Tipo de **agregado** utilizado:

Natural       Industrial       Reciclado

Tipos de agregados: Areia fina, areia média (cava), pó de brita e pedrisco (brita 0). Dosador automatizado conduz direto ao misturador.

Armazenamento dos agregados: Ar livre.

São utilizados **aditivos**? Quais? Plastificantes. Dosagem automatizada programada eletronicamente.

Qual o tipo de **pigmento** utilizado? Pigmentos inorgânicos. Dosagem manual (testes).

Qual o proporcionamento do **concreto** utilizado? Variável.

#### 2. Máquinas:

##### Misturadores de concreto

Tipo: Helicoidais

Volume: Nacional – serve a vibroprensa Piorotti: 1,3m<sup>3</sup>  
Importado – serve a vibroprensa Columbia: 2,3m<sup>3</sup>

Tempo de homogeneização: Depende do produto. Blocos retangulares de 8cm - 2 minutos.

##### Vibroprensas

**Maquina 1:** Piorotti (2007)

Preço de compra: ~ R\$ 1,5 milhões

Tipo:

Manual       Hidráulica       Pneumática

São realizados ajustes periódicos?

Sim  Não

Tempo aproximado de vibração e prensagem?

~ 14s.

De quanto em quanto tempo são os ajustes?

½ período ou quando trocadas as formas.

Qual a velocidade de produção?

Aproximadamente 700m/dia.

### **Máquina 2: Columbia (2015)**

Preço de compra: ~ R\$ 8 milhões

Tipo:

Manual  Hidráulica  Pneumática

São realizados ajustes periódicos?

Sim  Não

Tempo aproximado de vibração e prensagem?

~ 14s.

De quanto em quanto tempo são os ajustes?

½ período ou quando trocadas as formas.

Qual a velocidade de produção?

Aproximadamente 1400m/dia.

### **3. Cura:**

Tipo de cura: Térmica (câmaras sem controle de temperatura e umidade).

Temperatura: Não há controle.

Umidade relativa: Não há controle.

Tempo de permanência nas câmaras: 24h.

Após a cura, os blocos ficam armazenados no pátio por quanto tempo: Mínimo 7 dias.  
Fabricados sob demanda.

### **4. Formatos:**

Catálogo?

Sim  Não

Utilizados na obra:

Paver “L” ou “16 faces”:

Comprimento: 210mm Tolerância: ±3mm

Largura: 105mm Tolerância: ±3mm

Espessura: 80mm Tolerância: ±3mm

Índice de forma: 2

Paver retangular:

Comprimento: 210mm Tolerância: ±3mm

Largura: 105mm Tolerância: ±3mm

Espessura: 80mm Tolerância: ±3mm

Índice de forma: 2

Espaçador de juntas incorporado?

Sim  Não

Espessura das juntas: 2mm

Chanfro?

Sim  Não

Tamanho: 0,5 x 0,5 mm

## 5. Ensaios:

Tipo de **laboratório**:

Terceirizado  Próprio

O **fabricante** possui o selo ABCP de qualidade?

Sim  Não

## Lotes

Tamanho dos lotes: Produção diária separados por tipo e máquina utilizada. 10m<sup>2</sup> por palete. “07 42 C 18” (dia, semana, máquina, ano).

Os blocos passam por **inspeção visual**?

Sim  Não

Tamanho da amostra: Todos.

Parâmetros analisados: Arestas regulares, homogeneidade, ângulos retos.

É realizado ensaio de **absorção de água**?

Sim

Não

É realizado ensaio de **resistência à compressão**?

Sim

Não

Tamanho da amostra: \_\_\_\_\_

Parâmetro dos resultados: \_\_\_\_\_

É realizado ensaio de **resistência à abrasão**?

Sim

Não

## 6. Observações Adicionais

Mineradora e britagem próprias. Não possui catálogo. Ensaios validados de 3 em 3 meses (selo ABCP).

## Apêndice B – Formulário de acompanhamento da execução do pavimento

### Formulário de Acompanhamento

#### Execução do pavimento

Período de acompanhamento: 03/09/2018 à 03/12/2018

#### 1. Projeto:

Fácil acesso durante a execução?

Sim  Não

Contém todos os itens especificados na NBR 15953 (ABNT, 2011, p.4)?

Sim  Não

Observações: Alterações no projeto inicial propostas pela executora.

Constantes alterações nos projetos e prioridades – retrabalho.

Dificuldade de acesso aos projetos atualizados.

#### 2. Subleito:

Estudo geotécnico foi realizado?

Sim  Não

Valor da expansão volumétrica: ≤ 2%

Valor do CBR: 10%

Devidamente regularizado, compactado e limpo?

Sim  Não

Caimento do terreno: Variável, com máximo 2%.

Observações: Terraplenagem e pavimentação pela mesma empresa – controle de qualidade.

O terreno não possuía caimento adequado em projeto. Em vários locais o caimento era menor que 2%, limite mínimo recomendado, mas não houve problemas no resultado final. Caimento apenas longitudinal, sem caimento transversal.

#### 3. Drenagem:

Projeto?

Sim  Não

Observações: Desbarrancamento do meio fio devido às valas das sarjetas.

Foi detectada uma desatenção por parte do projetista no que diz respeito à drenagem do pavimento, visto que foram feitas decisões atrasadas durante a execução, que acarretou nos danos acima citados, além de diversas alterações no projeto para se adequar às ações necessárias.

#### 4. Sub-base e base:

Materiais:

Projeto: Base: brita graduada Sub-base: macadame seco

Execução: Base: bica corrida Sub-base: pedra rachão

Espessuras:

Projeto:

Tráfego leve: Base: 20cm Sub-base: não há

Tráfego pesado: Base: 15cm Sub-base: 20cm

Execução:

Tráfego leve: Base: 20cm Sub-base: não há

Tráfego pesado: Base: 13cm Sub-base: 17cm

Executadas conforme projeto?

Sim

Não

Testes de aceitação?

Sim

Não

Cotas e caimentos conforme projeto?

Sim

Não

Observações: A empresa executora assumiu responsabilidade sobre a qualidade das camadas de base e sub-base, se responsabilizando por qualquer patologia que pudesse ocorrer posteriormente e, assim, foi dispensada a realização dos testes de aceitação por parte da fiscalização. A configuração do pavimento executada foi proposta pela empresa executora para a construtora com base em experiência de mercado e aceita por eles.

#### 5. Contensões:

Material: Concreto pré-moldado

Dimensões: 0,70 x 0,25 x 0,08 m

0,70 x 0,30 x 0,12 m

Tipo de instalação?

Manual

Automatizada

Fixadas na base?

Sim

Não

Cotas e alinhamentos adequados?

Sim

Não

Instaladas antes da camada de assentamento?

Sim

Parcialmente

Não

Utilização de contenções provisórias para liberação parcial de tráfego?

Sim  Não

Observações: Recorte nos blocos para contenções internas. Algumas contenções externas também foram instaladas após o assentamento dos blocos. Não foram instaladas contenções provisórias para a liberação ao tráfego interno da obra e isso acarretou em danos no pavimento devido à circulação de máquinas e caminhões sem que houvesse sido executado o travamento, com a torção de peças e abertura das juntas.

## 6. Serviços preliminares ao assentamento:

Reconhecimento prévio das áreas de estocagem e transporte?

Sim  Não

Limpeza?

Sim  Parcialmente  Não

Sinalização e isolamento?

Sim  Parcialmente  Não

Verificação da disponibilidade de ferramentas e equipamentos?

Sim  Parcialmente  Não

Observações: A falta de controle de acesso de máquinas e caminhões causavam constantes contaminações na área a ser pavimentada, gerando muito retrabalho. Isso se deve em parte à falta de sinalização e isolamento das áreas, além da falta de comunicação entre as empresas que realizavam serviços simultâneos. As áreas para estocagem e os acessos à obra eram analisados conforme necessidade, com constante contato e autorização da construtora para que não atrapalhasse outros serviços.

## 7. Camada de assentamento:

Material: Pó de brita (areia industrial)

Espessura:

Projeto: 6cm

Execução: 4cm

Distribuição granulométrica: Coletado para ensaio de laboratório.

Controle de umidade durante a execução?

Sim  Não

Estocado coberto?

Sim  Parcialmente  Não

Umedecido durante o espalhamento?

Sim  Parcialmente  Não

Substituição do material já espalhado em caso de chuva?

Sim  Parcialmente  Não

Tipo de nivelamento?

Manual  Mecanizado

Compactada?

Sim  Parcialmente  Não

Caimento de projeto?

Sim  Não

Espalhamento apenas para a jornada de trabalho?

Sim  Não

Observações: Sem ensaios de umidade. Controle de umidade visual, material umedecido conforme opção do operador. Substituição do material espalhado em caso de chuva quando julgado necessários pela equipe. Estoque ao ar livre. Espalhamento e nivelamento com motoniveladora, última camada manual no momento do assentamento. Realizada compactação com rolo - não recomendado. Extensão de espalhamento muito grande, muito tempo de exposição, não sendo respeitada a jornada de trabalho - não recomendado.

## 8. Assentamento dos blocos:

Tipos de blocos:

Ruas: “L” ou “16 faces” (Tipo II)

Vagas e calçadas: retangular (Tipo I)

Espessura dos blocos: 8cm

Resistência: 35 MPa

Padrões de assentamento: Fileira (ruas) e espinha de peixe (vagas e calçadas)

Espaçadores de juntas incorporados?

Sim  Não

Espessura das juntas: 3mm

Fabricante com selo ABCP?

Sim  Não

Transporte adequado?

Sim  Não

Estocado coberto?

Sim  Parcialmente  Não

Data da fabricação: Conforme etiqueta.

Primeira fiada?

Sim

Não

Nivelamento adequado?

Sim

Parcialmente

Não

Linhas-guia transversais e longitudinais?

Sim

Não

Modo de assentamento?

Manual

Automatizado

Em caso de chuva, foi realizado o isolamento da área já assentada?

Sim

Não

Observações: Tanto nas áreas de tráfego leve quanto nas de tráfego pesado foram utilizadas peças de 8cm e 35Mpa, sendo os pavimentos diferenciados pela espessura das camadas de base e sub-base apenas. O transporte é feito com os blocos paletizados, embalados e etiquetados adequadamente. Os paletes são estocados na obra em locais próximos à frente de trabalho. O nivelamento é feito com o auxílio da equipe de topografia e com o uso de linhas-guia transversais e longitudinais, espaçadas de forma adequada para de obter um bom alinhamento. O assentamento dos blocos “L” é feito de forma automatizada com uma máquina pavimentadora de piso intertravado e o assentamento dos blocos retangulares é feito de forma manual pela equipe.

## 9. Ajustes e arremates:

Ajustes de alinhamento?

Sim

Não

Máquina de corte: Serra de disco diamantada

Pedaços menores que ¼ do bloco?

Sim

Não

Acabamento entre contenções e blocos argamassados?

Sim

Não

Observações: Em alguns locais de encontro do revestimento com os meios-fios foram realizados cortes com pedaços menores do que ¼ do tamanho do bloco, o que não é recomendado. Não foram executados acabamentos argamassados, sendo os acabamentos feitos com o próprio material de rejuntamento. Em diversos locais tiveram que ser realizados ajustes de alinhamento devido à circulação de veículos antes da liberação ao tráfego, além de pequenos desvios causados pela própria carregadeira que auxilia a movimentação dos paletes na frente de trabalho.

**10. Compactação:**

Realizada compactação inicial antes do rejuntamento?

 Sim Parcialmente Não

Longos períodos sem compactação?

 Sim NãoEquipamento utilizado: Rolo compactador e compactador manual

Sobreposição de 15cm a 20cm?

 Sim Não

Compactação alternada com rejuntamento?

 Sim Parcialmente Não

Respeitado espaçamento de 1,5m da frente de trabalho?

 Sim Não

Substituição das peças danificadas?

 Sim Não

Observações: Não foi realizada a compactação inicial na maior parte da extensão do pavimento. Após finalizado o assentamento e espalhamento da areia de rejuntamento, o revestimento ficou longos períodos sem compactação, o que não é recomendado. A compactação era feita apenas quando se verificava necessidade de liberação ao tráfego interno da obra ou quando era necessária para minimizar desníveis visíveis. A sobreposição era feita a critério do operador, sem um comprimento certo. As peças danificadas foram substituídas ao final da compactação, sempre havendo um membro da equipe verificando a integridade e alinhamento dos blocos, bem como o preenchimento das juntas.

**11. Rejuntamento:**Material: Areia médiaDistribuição granulométrica: Coletado para ensaio em laboratório.

Estocado coberto?

 Sim Parcialmente Não

Preenchimento total das juntas?

 Sim Parcialmente Não

Material espalhado seco?

 Sim Parcialmente Não

Processo de varrição até preenchimento total?

 Sim Parcialmente Não

Cobrimento total da área?

Sim

Não

Formação de montes?

Sim

Não

Observações: O estoque ao ar livre. O espalhamento foi feito diversas vezes, sempre que se verificava que as juntas não estavam completamente cheias ou que havia lugares onde o vento tinha levado a camada de areia. Não foi feita a varrição da areia para preenchimento das juntas, o material era espalhado manualmente apenas com pás, até cobrir toda a área assentada. Comumente era possível notar a presença de montes, devido aos fortes ventos no local da obra, juntamente com constantes chuvas na região. Quando secos, os montes eram novamente varridos e espalhados com o lançamento de mais material conforme fosse necessário.

## 12. Inspeção final:

Verificação do preenchimento total das juntas?

Sim

Parcialmente

Não

Substituição de peças danificadas?

Sim

Parcialmente

Não

Existência de desníveis maiores que 10mm?

Sim

Não

Adequação ao projeto?

Sim

Não

Qualidade de ajustes e arremates?

Sim

Parcialmente

Não

Liberação ao tráfego apenas após inspeção final?

Sim

Não

Observações: Foi realizada a limpeza e entrega de áreas sem a inspeção do preenchimento total das juntas, podendo ser observados locais onde elas não se apresentavam completamente preenchidas. Devido à interferência de serviços elétricos, pôde-se verificar áreas com desníveis consideráveis, onde anteriormente foram escavadas valas para instalações elétricas preenchidas com material sem o suporte e a compactação adequada. Em alguns locais, pode-se observar arremates realizados de forma inadequada, com cortes muito pequenos dos blocos ou espaços muito grandes preenchidos com areia de rejuntamento. A liberação ao tráfego era urgente devido à necessidade de circulação de máquinas e caminhões pela obra, sendo assim liberado sem a adequada inspeção final.

## 13. Limpeza:

Método: varrição com mini carregadeira equipada com vassoura coletora