



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FRANCISCO ALYSSON SOARES DA ROCHA

**QUALIDADE DE PAVIMENTOS INTERTRAVADOS COMERCIALIZADOS
NA CIDADE DE MOSSORÓ-RN, CONFORME NBR'S 15953/2011 E 9781/2013**

MOSSORÓ
2018

FRANCISCO ALYSSON SOARES DA ROCHA

**QUALIDADE DE PAVIMENTOS INTERTRAVADOS COMERCIALIZADOS
NA CIDADE DE MOSSORÓ-RN, CONFORME NBR'S 15953/2011 E 9781/2013**

Trabalho Final de Graduação apresentado
a Universidade Federal Rural do Semi-
Árido como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Tavares
Gurgel

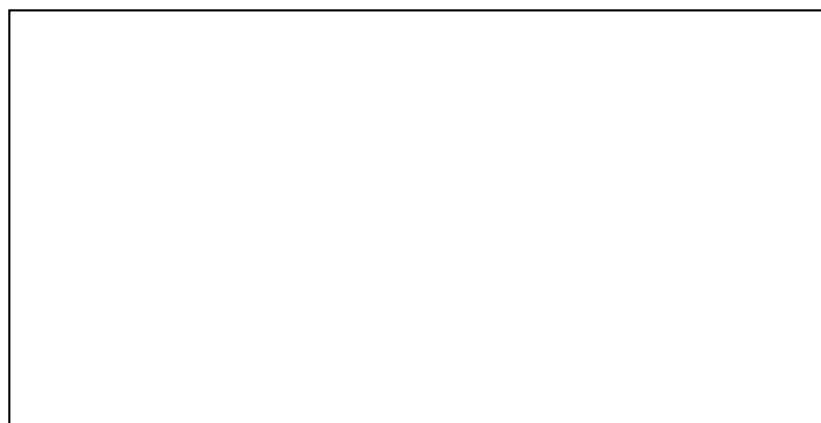
MOSSORÓ

2018

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

Setor de Informação e Referência



Bibliotecário-Documentalista
Nome do profissional, Bib. Me. (CRB-15/10.000)

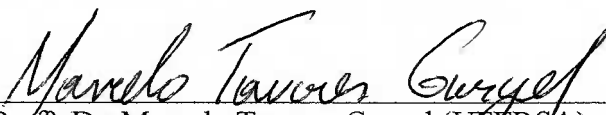
FRANCISCO ALYSSON SOARES DA ROCHA

**QUALIDADE DE PAVIMENTOS INTERTRAVADOS COMERCIALIZADOS NA
CIDADE DE MOSSORÓ-RN, CONFORME NBR'S 15953/2011 E 9781/2013**

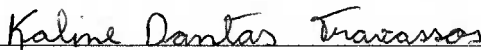
Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 13 / Setembro / 2018.

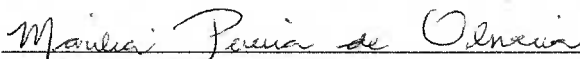
BANCA EXAMINADORA



Prof.^o. Dr. Marcelo Tavares Gurgel (UFERSA)
Presidente



Prof.^a. Dr.^a. Kaline Dantas Travassos (UFERSA)
Primeiro Membro



Prof.^a. Dr.^a. Marília Pereira de Oliveira (UFERSA)
Segundo Membro

AGRADECIMENTOS

Ao único e soberano Deus, excelso, supremo criador, o único digno e merecedor de toda honra e glória, que sem sua permissão ao menos poderíamos respirar. Muito obrigado pelo cuidado, capacitação e condução em todo trajeto, árduo mas gratificante, percorrido até a conclusão de mais esta etapa de minha vida.

Aos meus pais Alderi Freire da Rocha e Maria Soares da Rocha (Nenzinha), pela batalha diária de conciliar o trabalho, educação e necessidades dos sete filhos com muita dedicação e amor, por aplicações das correções necessárias a moldar nossos carácter. O meu muito obrigado.

A minha querida e amável esposa Renata Kelly por estar sempre ao meu lado, pelo cuidado, auxílio, incentivo para concluir esta graduação e galgar pelas demais etapas da vida. Pela imensa alegria que me proporcionou com a gestação de mais um filho (a), pelo cuidado e zelo na educação da nossa filha, pelo seu amor para conosco.

A minha amada filha Luna Melina por sua paciência, compressão quando precisei estar ausente para me dedicar aos estudos e ao trabalho (inúmeras vezes). Por ser tão meiga, amorosa e carinhosa para comigo, obrigado meu amor.

Aos meus seis irmãos, Alderice, Aldrei, Aldevênia, Alrivênia, Alderi Júnior e Ádamo, por acreditarem na minha pessoa, pelo incentivo, pelo amor e carinho de cada um.

A todos os meus professores do Curso de Engenharia Civil da UFERSA – Mossoró, pela contribuição, incentivo e ensino durante essa jornada.

Ao meu orientador, Profº. Dr. Marcelo Tavares Gurgel, por concordar mais uma vez em me orientar num trabalho desta natureza, pela sua paciência, contribuição e conhecimento repassado a mim no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores da banca examinadora, por disporem seu tempo e pela contribuição na realização deste trabalho.

A Prof^ª. Dra. Marília Pereira de Oliveira e a técnica Rudna, pelas contribuições e disponibilizarem o laboratório de ensaios de materiais (LEMAT);

E finalmente, a todos os meus colegas de curso que juntos passamos por momentos de dificuldades e descontrações. A todos que contribuíram para a conclusão deste.

Portanto, vede prudentemente como andais, não como néscios, e sim como sábios, remindo o tempo, porque os dias são maus. Por esta razão, não vos torneis insensatos, mas procurai compreender qual a vontade do Senhor.

Ef. 5:15-17

RESUMO

Ao se considerar construção de calçadas, passeios, estacionamentos, ruas e avenidas, os materiais cimentícios, em particular os blocos intertravados de concreto, apresentam-se como excelente opção, permitindo a variedade de modelos e formatos, padronização estética, função estrutural, durabilidade e um ótimo custo-benefício, além de ser ecológicas favoráveis. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade dos blocos intertravados de concreto comercializados no município de Mossoró empregando-se como parâmetros a NBR 15953 (2011) e a NBR 9781 (2013). O estudo foi realizado inicialmente com pesquisa no comércio em Mossoró-RN com intuito de obter um panorama da comercialização de blocos intertravados de concreto na cidade. Após a pesquisa de campo, foram escolhidas quatro marcas de blocos intertravados de concreto de modo aleatório, sendo todas oriundas da cidade de Mossoró. Foram determinadas as seguintes propriedades através de ensaios laboratoriais: identificação, dimensões e tolerâncias, inspeção visual (espaçador de juntas, chanfro, arestas e ângulo de inclinação), absorção de água, além da resistência característica à compressão. Verificou-se que todas das marcas estudadas não conseguiram atender aos padrões estabelecidos pela norma em vigor nos ensaios de resistência a compressão e apenas uma atendeu aos critérios de absorção de água. Uma vez que a falta de controle da qualidade da matéria prima e da produção dos blocos intertravados de concreto, além da ausência de fiscalização por parte dos órgãos competentes, leva a diminuição da qualidade final do produto que é repassado ao cliente.

Palavras-chave: Ensaios. Absorção de água. Resistência à compressão.

ABSTRACT

Taking into consideration the construction of sidewalks, parking lots, streets and roads, the cement materials, specifically the interlaced blocks of concrete, appear as a excellent option, allowing for a variety of shapes and models, aesthetic patrons, structural functions, durability and a good cost considering the benefits, moreover they are ecologically favorable. In this sense, this study has the goal of evaluating the quality of the interlaced concrete blocks on the market of the city of Mossoró/RN with the purpose of obtaining an outlook on the city's market of interlaced cement blocks. After field research, four brands of cement blocks were randomly chosen, all of them being from the town of Mossoró. The following characteristics were determined through laboratory trials: identification, dimensions and tolerance of such, visual inspection (spacing between junctions, bevel, edges and inclination angle), water absorption, also characteristics of resistance to compression. It was verified that all the brands studied could not meet the proposed patrons by the present regulation in the trials of resistance and compression, only one brand complied with the criteria of water absorption. Since there is a lack of control with the raw materials and the production of the interlaced cement blocks together with a lack of oversight by the responsible agencies there is a decrease in the quality of the final product that is passed on for the consumer.

Keywords: Tests. Water Absorption. Resistance to compression.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Via Appia Antica (Roma).....	21
Figura 2 - Paralelepípedo.....	22
Figura 3 - Rua em Tiradentes-MG	23
Figura 4 - Exemplos de peças intertravadas de concreto.....	24
Figura 5 - Exemplos das peças de concreto tipo I	27
Figura 6 - Exemplos das peças de concreto tipo II.....	27
Figura 7 - Exemplos das peças de concreto tipo III	27
Figura 8 - Exemplos das peças de concreto tipo IV	28
Figura 9 - Estrutura de pavimento em bloco intertravado de concreto	29
Figura 10 - Exemplo de deslocamento horizontal	30
Figura 11 - Exemplo de deslocamento vertical	31
Figura 12 - Exemplo de movimento de rotação	31
Figura 13 - Principais arranjos de assentamento de pavers	32
Figura 14 - Exemplo de Chanfro de uma peça intertravada de concreto	38
Figura 15 - Exemplo de arestas nas peças intertravadas de concreto	39
Figura 16 - Detalhe do ângulo de inclinação	39
Figura 17 - Bloco intertravado de concreto Tipo I (retangular)	48
Figura 18 - Determinação das dimensões de pavers: (A) Comprimento; (B) Largura; (C) Espessura	49
Figura 19 - Espaçadores de juntas	50
Figura 20 - Determinação da medida da junta entre corpos-de-prova	51
Figura 21 - Franja incorporada ao paver	51
Figura 22 - Determinação do chanfro na posição vertical.....	52
Figura 23 - Análise das arestas	52
Figura 24 - Verificação do ângulo de inclinação.....	53
Figura 25 - Corpos-de-prova submersos	53
Figura 26 - Remoção da água visível	54
Figura 27 - Pesagem de corpo-de-prova.....	54
Figura 28 - Corpos-de-prova submetidos à secagem na estufa	55
Figura 29 - Capeamento: (A) aplicação de camada de óleo; (B) Nivelamento do paver; (C) Aplicação de pasta de cimento; (D) Retirada de excesso de pasta de cimento	56
Figura 30 - Corpos-de-prova, após capeamento, submersos	57
Figura 31 - Determinação da resistência característica à compressão.....	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Valor individual de absorção de água	63
Gráfico 2 - Valor médio de absorção de água	64
Gráfico 3 - Valor da resistência característica à compressão	65
Gráfico 4 - Valor da resistência característica estimada à compressão	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Amostragem para ensaio	35
Quadro 2 - Tolerâncias dimensionais	37
Quadro 3 - Resistência característica à compressão	42
Quadro 4 - Fator multiplicador p	43
Quadro 5 - Coeficiente de Student (nível de confiança 80%)	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição dos blocos intertravado de concreto para ensaios	47
Tabela 2 - Determinação e avaliação das dimensões dos pavers	59
Tabela 3 - Identificação e avaliação de espaçador de juntas	60
Tabela 4 - Determinação e avaliação de chanfro.....	61
Tabela 5 - Número de paver cujo o ângulo de inclinação é diferente de 90° e avaliação	62
Tabela 6 - Valores individuais de absorção de água	62
Tabela 7 - Valores médios de absorção de água.....	63
Tabela 8 - Determinação da resistência característica à compressão	64
Tabela 9 - Determinação da resistência característica estimada à compressão	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Normal Brasileira Regulamentadora
n	Número de Peças da Amostra
t	Coeficiente de Student
m_1	Massa Saturada
m_2	Massa Seca
f_p	Resistência média à Compressão
f_{pi}	Resistência individual à Compressão
$f_{pk,est}$	Resistência à Compressão
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
N	Newton
MPa	Megapascal

LISTA DE SÍMBOLOS

- ® Marca registrada
- % Porcentagem
- \$ Cifrão
- °C Grau Celsius

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Breve histórico da pavimentação.....	19
2.1.1	Pavimento de pedra talhada	20
2.1.2	Pavimento de peças pré-moldadas de concreto (PPC).....	23
2.2	Bloco intertravado de concreto (Paver)	24
2.2.1	Caraterísticas dos blocos intertravados de concreto.....	25
2.2.2	Formato dos blocos intertravados de concreto	26
2.2.3	Estrutura de pavimentos em bloco intertravado de concreto	28
2.2.4	Tipos de intertravamento dos blocos intertravados de concreto.....	29
2.2.5	Arranjos de assentamento dos blocos intertravados de concreto.....	32
2.3	Normas técnicas relativas ao bloco intertravado de concreto	33
2.4	Requisitos do bloco intertravado de concreto	33
2.4.1	Requisitos gerais	34
2.4.2	Requisitos específicos	34
2.5	Ensaio de caracterização do bloco intertravado de concreto	35
2.5.1	Formatos	36
2.5.2	Dimensões e tolerâncias.....	36
2.5.3	Inspeção visual	37
2.5.3.1	Espaçador de juntas.....	37
2.5.3.2	Chanfro.....	38
2.5.3.3	Arestas.....	38
2.5.3.4	Ângulo de inclinação.....	39
2.5.4	Absorção de água	39
2.5.4.1	Equipamentos.....	40
2.5.4.2	Procedimentos.....	40
2.5.4.3	Obtenção do valor.....	41
2.5.4.4	Apresentação dos resultados.....	41
2.5.5	Resistência característica à compressão	41
2.5.5.1	Determinação das dimensões das peças.....	42
2.5.5.2	Equipamentos.....	42
2.5.5.3	Determinação da Resistência característica à compressão.....	43

2.5.5.4	Determinação da Resistência à compressão estimada.....	43
2.5.5.5	Apresentação dos resultados.....	44
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	46
3.1	Levantamento dos dados no comércio de Mossoró.....	46
3.2	Ensaio de caracterização.....	47
3.3	Blocos intertravados de concreto analisados	47
3.4	Dimensões e tolerâncias.....	48
3.5	Inspeção visual	50
3.5.1	Espaçador de juntas	50
3.5.2	Chanfro.....	51
3.5.3	Arestas.....	52
3.5.4	Ângulo de inclinação.....	52
3.6	Absorção de água	53
3.7	Resistência característica à compressão	55
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
4.1	Identificação	59
4.2	Dimensões e tolerâncias.....	59
4.3	Inspeção visual	60
4.3.1	Espaçador de juntas	60
4.3.2	Chanfro.....	61
4.3.3	Arestas.....	61
4.3.4	Ângulo de inclinação.....	61
4.4	Absorção de água	62
4.5	Resistência característica à compressão	64
5	CONCLUSÕES	67
6	SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	68
	REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Mossoró/RN, assim como o restante do país, há alguns anos vem tentando superar a crise financeira e econômica a qual foi acometida. No setor da construção civil não é diferente, sendo esse um dos setores moderadores desta crise, quando este vai bem, a economia como um todo, costuma seguir os mesmos passos.

De acordo com MAISRN (2018), o segundo trimestre do ano inicia-se com dados que apontam algum alívio no setor da construção civil frente aos últimos quatro anos de crise, números favoráveis mostram crescimento na quantidade de empregos e investimentos, além do aumento da confiança, confirmando que o pior da crise ficou pra trás. A dúvida é, se a trajetória de recuperação do setor, em meio à percepção crescente de atividade econômica mais fraca, irá ter forças suficiente para dá continuidade.

Considerando o acúmulo de um período de 12 meses, compreendidos entre os meses de abril de 2017 a abril do corrente ano, o setor da construção civil reduziu o saldo negativo de empregos formais em quase 87%, passando de 431,5 mil vagas para 58,1 mil. Já em relação ao estoque, o setor igualou em número ao ano de 2009 com 2,3 milhões de empregos, porém ainda abaixo do pico que foi registrado no segundo semestre de 2014, onde foi registrado 3,6 milhões empregos (MAISRN, 2018).

Quando se fala em crescimento no setor da construção civil não tem como deixar de lado a conformidade. De acordo com Pereira (2014), a conformidade é o cumprimento dos requisitos determinados pelas normas técnicas. Quando atende o que exige a norma ou verificam-se laudos positivos, diz-se que um produto é conforme.

Para o consumidor final ocorre um maior contentamento quando as especificações técnicas são atestadas e conseqüentemente seja obtida a conformidade do produto a ser utilizado, no caso específico desse estudo, os pavimentos intertravados.

Ao se considerar os materiais de construção para calçadas, passeios, estacionamentos, ruas e avenidas, o mercado disponibiliza de diversas opções: materiais de várias composições, tamanhos, cores, acabamentos, materiais naturais como rochas, madeiras, vegetações, além de uma série de materiais cimentícios e sintéticos. É fundamental o uso de materiais que possibilitem a construção de pavimentos permeáveis, estético, resistente ao tráfego de pessoas e veículos e que sejam duráveis. Nesse contexto, os materiais cimentícios apresentam-se como excelente opção, permitindo a variedade de modelos e formatos, padronização estética, durabilidade e um ótimo custo-benefício.

Contudo, existem diferentes produtos dentre os materiais cimentícios, cada um com características e propriedades particulares. Dentre estes se destacam os pavimentos intertravados, peças de concreto pré-moldadas, capazes de unir características estruturais, estéticas, econômicas e ecológicas favoráveis.

Apesar das qualidades, por vezes os blocos pré-moldados utilizados em pavimentos intertravados apresentam irregularidades em sua forma geométrica, trincas, quebras, absorção excessiva de água, baixa resistência característica à compressão e baixa resistência a abrasão. Tudo isso implica em perda de qualidade e em ultrapassando os limites permitido por lei destas variações, o produto ficará inadequado para o uso a qual foi destinado.

Nesse contexto, diante da crescente demanda desses pisos na cidade de Mossoró para execução de variados tipos de obras, principalmente de pavimentação, como calçadas, passeios, estacionamentos, praças, etc., levantou-se a problemática da escassez de estudos sobre a qualidade dos pisos intertravados comercializados no município. Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar a qualidade de peças de concreto comercializadas na cidade de Mossoró, utilizadas para pavimentos intertravados, com o propósito de verificar a conformidade destes produtos com a norma técnica em vigor.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Breve histórico da pavimentação

De acordo com Cruz (2003) é importante recorrer a alguns dados históricos para conhecer a história da pavimentação para melhor compreensão da importância dos pavimentos feitos com peças pré-moldadas de concreto. Os povos através de séculos tiveram a necessidade estabelecer algum tipo de comunicação entre os povoados e suas colônias, com a finalidade de vencer as distâncias entre estes lugares, sentiu-se a necessidade de estabelecer e construir caminhos, trilhas e atalhos que facilitassem percorrê-las.

No período compreendido entre 800 a 350 a.C. os povos Etruscos viviam e dominavam a Itália, estes são considerados os pioneiros na criação e construção de pavimentos utilizando os materiais disponíveis na época com finalidade específica de transportar pessoas e cargas a longas distâncias que ligavam as vilas e colônias da época. Os Etruscos tinham a preocupação de executar os pavimentos que oferecesse conforto, resistência e buscava uma superfície mais plana que os materiais disponíveis e conhecidos na época permitiam. As ruas chegavam a 15 metros de largura e eram construídas utilizando para o revestimento pedras de mão e material fino, as técnicas de construção visavam vencer longas distâncias com maior segurança ao escorregamento em caso de presença de água na superfície (Cruz, 2003).

Wiebbelling (2015) relatou que muitos dos conhecimentos dos Etruscos foram herdados pelos romanos e que tais conhecimentos influenciaram de forma positiva na expansão do seu império. Quanto aos caminhos, eram construídos conforme sua importância, conhecimento e disponibilidade de materiais na época, clima e topografia. As camadas de revestimentos, em geral, eram constituídas de solos arenosos misturados com pedras naturais, já nas ruas de maior movimento utilizava-se pedras trabalhadas manualmente.

Segundo Fioriti (2007) a motivação, inicialmente, da maioria das construções dos caminhos executados pelos romanos, tinha caráter de defesa, uma vez que possibilitava a mobilidade dos exércitos para qualquer ponto de maneira de bem mais rápida.

Cruz (2003) descreve que escavações arqueológicas realizadas no ano de 1887, em Londres, confirmam outra característica importante das técnicas de construção de pavimentos por parte dos romanos. As escavações arqueológicas foram realizadas em ruas que eram famosas na idade média como por exemplo a Watling Street, Ermine Street e Fosse Way Street, e foi possível identificar estruturas constituídas de três ou quatro camadas de materiais de diferentes espessuras e granulometrias.

Relatos da época demonstram a preocupação dos romanos com a capacidade estrutural das camadas que compunham os caminhos, por exemplo, existem dados sobre a classificação das areias, que demonstram que eles reconheciam a importância dos tipos, como as de rio, extraídas dos canais e do solo natural, além de combinação desses materiais juntamente com cal ou calcário, dando origem a um tipo de argamassa, que posteriormente era adicionado seixo rolado ou pedras de mão espalhadas sobre o caminho. Um material que ficou conhecido na época como “puzzolana” foi descoberto na cidade italiana de “Puzzeoli”, no século 150 a. C., logo percebeu-se que em combinação deste com a argamassa de cal e areia adquiria considerável resistência mecânica ao longo do tempo. Com a aperfeiçoamento dessa combinação inicial, chegou-se ao que hoje se conhece como o cimento portland (Cruz, 2003).

Durante o Império Romano foram utilizados conceitos para confecção de caminhos pavimentados semelhante ao que se conhece hoje como pavimento intertravado, inicialmente fizeram o uso de pedras brutas que deram origem aos primeiros pavimentos, com superfície irregular que dificultava o tráfego de pessoas e, principalmente, o de veículos a tração animal. Depois se passou a utilizar pedras talhadas manualmente, moldadas de forma a facilitar e possibilitar um melhor ajuste entre elas, proporcionando o tráfego confortável de pessoas, veículos e animais nas vias.

2.1.1 Pavimento de pedra talhada

De acordo com Godinho (2009) a pedra talhada manualmente, que permite obter melhor ajuste entre elas, compôs o primeiro pavimento de peças pré-moldadas. A confecção de pedras talhadas para pavimento surgiu com a necessidade de a superfície de rolamento mais uniforme, que permitisse o trânsito mais confortável para atender o aperfeiçoamento dos veículos de tração animal.

Na história da pavimentação Romana, a importância da utilização de pedras talhadas manualmente como confecção do revestimento final da via. Por exemplo, a via Ápia, em italiano via Appia Antica, uma das principais vias da antiga Roma que ligava esta ao sul da Itália (Figura 1), foi construída com pedras aparelhadas em forma octogonal pelos construtores da época e perdura até os dias atuais. Ao longo dos anos, aumentou o tráfego nas vias com fins mercantis, exigindo cada vez mais da camada de revestimento as adequações necessárias para o tráfego das composições das cargas transportadas Cruz (2003).

Figura 1 - Via Appia Antica (Roma)



Fonte: Sonhos na Itália (2014)

Segundo Cruz (2003) no século XVIII já existia a preocupação em manter juntas com pequenas espessuras entre as peças assentadas, que variava entre 90 a 180 mm. Este parâmetro requisitava maior esforço na confecção das pedras talhadas tornando suas dimensões mais padronizadas, dando origem os primeiros esquemas de assentamento de pedras talhadas em fileiras ou tipo espinha de peixe. Já no século XX visando principalmente suavizar o barulho sob a ação do tráfego, surge a prática de selar as juntas com argamassa de cimento ou com uma mistura de asfalto e areia.

Ao decorrer dos anos, com o aumento da população e do comércio, para suportar as cargas foi necessário utilizar mais camadas de revestimentos. A uso das peças para pavimentação era de acordo com os materiais e técnicas de execução disponíveis no local, sendo o processo de desenvolvimento dos tipos de peças descrito em quatro tipos de materiais: blocos de tijolos de argila, pedras talhadas, blocos de tijolos de madeira e pré-moldados de concreto. Na Mesopotâmia, há aproximadamente 5.000 anos, surgiram os primeiros relatos do uso de betume em pavimentação e tijolos de argila em revestimento. Com a finalidade de proporcionar aderência ao tijolo, este era colocado sobre uma camada de betume, mas a resistência, devido ao desgaste superficial causado pela ação do tráfego, não era muito grande (Wiebbelling, 2015).

O desenvolvimento das peças de concreto pré-fabricadas foi motivado pelas dificuldades da produção artesanal dos paralelepípedos e a falta de conforto da camada de rolamento. Na Alemanha, após a Segunda Guerra Mundial, os blocos passaram a ser produzidos em fábricas maiores e com grande produção. Na década de 70 as peças de concreto pré-

fabricadas chegaram ao Brasil, fruto de grande impulso na produção nesse período (Portland, 2010).

De acordo com Cruz (2003) no Brasil o pavimento com pedra talhada é bastante utilizado nas cidades do interior do país e nas grandes cidades, em áreas como baias de ônibus. A pedra talhada é mais conhecida como paralelepípedo ou paralelo e pé de moleque. Os paralelepípedos, normalmente, têm dimensões aproximadas de 12 cm de largura, 20 cm de comprimento e 20 cm de altura conforme observado na Figura 2. Também são assentados sobre um espesso colchão de areia e permite juntas entre as peças de até 2 cm.

Figura 2 - Paralelepípedo



Fonte: Pedras (2013)

O revestimento pé-de-moleque é considerado mais antigo que que utilizam o paralelepípedo. As pedras usadas nesse tipo de revestimento tem formatos irregulares e são assentadas sobre o terreno natural. No Brasil, em cidades históricas como Paraty do Estado Rio de Janeiro e Tiradentes do Estado de Minas Gerais, podem ser visto pavimentação de revestimento pé-de-moleque.

Na Figura 3 observa-se um exemplos de aplicação dos pavimentos de pedras pé-de-moleque.

Figura 3 - Rua em Tiradentes-MG



Fonte: Viajante (2018)

2.1.2 Pavimento de peças pré-moldadas de concreto (PPC)

De acordo com Cruz (2003) evolução de peças talhadas manualmente para as peças pré-moldadas de concreto parecia algo natural. No final do século XIX surge a primeira peça pré-moldada de concreto e antes da primeira guerra mundial foram registradas algumas patentes. Logo foi constatado que as peças pré-moldadas de concreto ofereciam melhor uniformidade que as peças aparelhadas, e descartava o acondicionamento antes do assentamento que as pedras naturais exigiam. Após a Segunda Guerra Mundial, na Holanda e Alemanha, ocorreram os primeiros avanços no desenvolvimento da utilização da pavimentação de PPC, no momento de reconstrução dos países. Inicialmente as PPC eram semelhantes aos tijolos e pedras aparelhadas utilizadas na época, mas a partir de 1950, houve progresso dos modelos de fôrmas existentes para a fabricação desta peças, o que agregou como as únicas vantagens de utilização, os custos mais baixos e a homogeneidade dimensional.

Com o aprimoramento das peças e o surgimento de novos modelos e formatos, inclusive dentados, possibilitou o desenvolvimento de projetos com configuração de assentamento cada vez mais ousados e criativos. E ainda possibilitou relacionar a escolha das peças de acordo com tipo de tráfego e forma geométrica desejada no projeto de paginação.

Na década de 70, o pavimento intertravado de concreto chega ao Brasil e passou por diversas melhorias quanto ao processo de fabricação, controle de qualidade e alternativas de uso. Com a disponibilidade no mercado de equipamentos de grande produtividade e com elevado grau de precisão dimensional o paver ganha popularidade na década de 80.

Segundo Machado (2015) no Brasil, uso de peças pré-moldadas de concreto para confecção de pavimentação intertravada é amplamente utilizada, sendo estas indicadas tanto para tráfego leve, no caso de calçadas, praças e vias públicas, como para tráfego pesado, onde se incluem estacionamentos de veículos pesados e pátio de cargas. Atualmente, a utilização das peças pré-moldadas em pavimentação é cada vez mais abrangente, consolidando-se no setor na construção civil como alternativa prática de excelente desempenho, versátil, ecológica e econômica, quando comparada a outros tipos de pavimentação. Como consequência viraram tendência na construção de vários tipos, seja em espaços públicos ou privados, substituindo, muitas vezes, o paralelepípedo e o piso asfáltico.

2.2 Bloco intertravado de concreto (Paver)

As estruturas de concreto pré-moldado são feitas, em geral, fora do canteiro de obras. Embora esse processo exija cuidados particulares principalmente nas etapas de fôrma, desforma e transporte das peças, permite maior agilidade e controle de qualidade no processo de fabricação em comparação com as estruturas totalmente moldadas in loco.

Os blocos de concreto pré-fabricados utilizados em pavimentos intertravados, também conhecidos como pavers e bloquete, são obtidos a partir da modelagem do concreto em fôrmas de vários modelos, formatos e dimensões. Respeitado o tempo mínimo de cura (depende do tipo de cura e do tipo de cimento utilizado) faz-se a desforma das peças com o devido cuidado para que não haja quebra destas, o que garante qualidade às peças.

A ABNT NBR 9781:2013 define peças de concreto como, componente pré-moldado de concreto, utilizado como material de revestimento em pavimento intertravado. Na Figura 4 observa-se exemplos de peças intertravadas de concreto.

Figura 4 - Exemplos de peças intertravadas de concreto



Fonte: TECPAR (2015)

Ainda de acordo com a ABNT NBR 9781:2013 o concreto utilizado nas peças deve ser constituído de cimento Portland de qualquer tipo e classe (deste que estejam em conformidade com as normas em vigor), agregados que podem ser naturais, industriais ou reciclados, e água, sendo permitido o uso de aditivos e pigmentos de base orgânica, de maneira que todos os componentes devem atender as normas vigentes.

A manutenção nesse tipo de pavimento é outra característica notável, pelo fato de poder ser realizada com uma pequena equipe e com ferramentas simples e manuais, ao contrário de outros tipos de pavimento que necessitam de equipamentos onerosos (Cruz, 2003).

As crescentes discussões sobre meio ambiente e as questões de sustentabilidade no setor da construção civil contribuíram para o desenvolvimento e crescente demanda desse tipo de pavimentação.

De acordo com H-zen (2015) o pavimento intertravado contribui para a realização de obras mais ecológicas e econômicas, detém propriedades estruturais e estéticas, e está presente em quase todas as obras de base arquitetônica.

O pavimento intertravado favorece a permeabilidade permitindo a drenagem de águas pluviais favorecendo sua devolução ao solo, além de permitir a absorção da água. Essas características impedem as rachaduras e a deformação do piso. Com isso, o meio ambiente é beneficiado e os custos reduzidos, o que torna o uso desse tipo de pavimento uma medida ecológica rentável. Outra característica em destaque e que favorece a economia de recursos e ao ecossistema, é o fato de não usar insumos de cimento para o assentamento das peças pré-moldadas, já que são fixadas pelo intertravamento (H-zen, 2015).

2.2.1 Características dos blocos intertravados de concreto

Os blocos intertravados se destacam na variedade de cores, tamanhos e formatos, além da durabilidade, fácil instalação e manutenção. Não necessitam de mão de obra especializada, as peças são encaixadas lado a lado e dispensa o uso de rejunte e argamassa, proporcionando maior facilidade na colocação das peças, agregando valor estrutural e estético ao pavimento. O tráfego pode ser liberado logo após o termino do assentamento das peças.

Quanto à manutenção, no subsolo por exemplo, a ausência de material colante na base de assentamento e nas juntas permite que as peças sejam removidas e recolocadas mais facilmente, com de uso ferramentas básicas e simples de manuseio. A variedade de cores das peças intertravadas permite fazer desenhos criativos no pavimento, compor a sinalização

horizontal, melhorar a iluminação do ambiente em caso de uso de tonalidades mais clara, além de absorver menos a luz solar, evitando elevação excessiva da temperatura.

De acordo com Wiebbelling (2015), a alternativa do uso de materiais reciclável na sua composição e por se tratar de um material semipermeável, os blocos intertravados de concreto, também, se destacam em sua eficiência ambiental, contribuindo na drenagem urbana.

O revestimento com paver é opção de piso antiderrapante, por conta do material de fabricação, concreto, que deixa sua superfície áspera e pelos espaços deixados entre eles no assentamento. Essas características facilitam a drenagem da água da superfície e por consequência, absorção da mesma pelo solo, caracterizando os pavers como uma excelente escolha para áreas externas.

Quando à durabilidade, por ser sustentável e apresentar espaçamentos entre as peças que permite o escoamento da água evitando danificar a estrutura, as peças intertravadas são muito mais duráveis comparadas aos paralelepípedos e ao piso asfáltico. Sua vida útil é estimada em 20 anos, com a possibilidade de serem reutilizadas em outro espaço e sua desconstrução é muito rentável (H-zen, 2015).

Uma desvantagem dos blocos intertravados de concreto é a possibilidade de deslocamento das peças ocasionado pela perda parcial ou total da camada de assentamento (areia). Devido as situações em que a contenção lateral apresente alguma falha ou venha a tombar, a areia de assentamento pode escoar deixando as peças que formam a camada de rolamento instáveis acarretando em deslocamento das mesmas.

2.2.2 Formato dos blocos intertravados de concreto

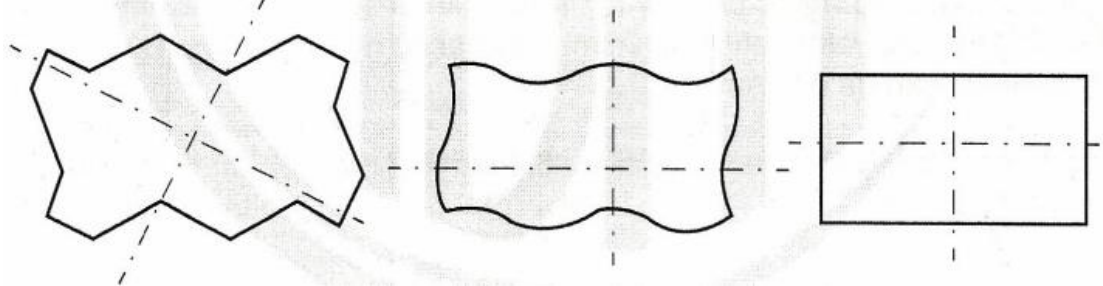
Embora alguns modelos de blocos intertravados se destaquem por serem mais utilizados, estes podem ser fabricados em qualquer formato. Quanto ao melhor formato, os pesquisadores não entraram num consenso, basta ser capaz de permitir o assentamento em combinação bidirecional (Wiebbelling, 2015).

A norma técnica em vigor permite que as peças de concreto pré-moldadas para uso em pavimento intertravado sejam confeccionadas em diversos formatos, estes são agrupados em quatro tipos distintos. Abaixo segue a descrição de cada um destes tipos, segundo a ABNT NBR 9781:2013:

- 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. Na Figura 5 constata-se exemplos das peças de concreto tipo I;

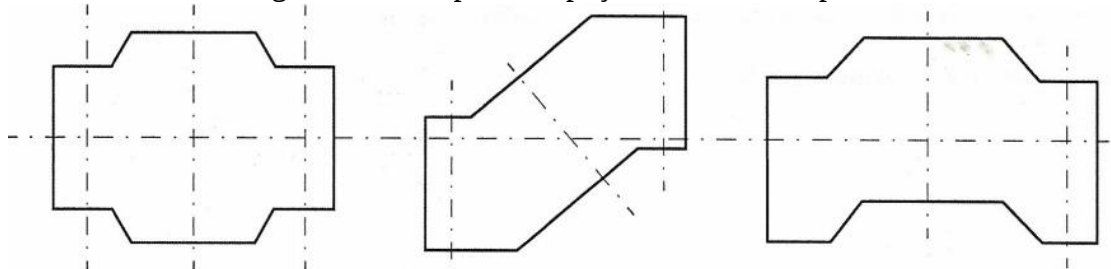
Figura 5 - Exemplos das peças de concreto tipo I



Fonte: ABNT NBR 9781 (2013)

- Tipo II - peças de concreto com formato único, diferente do retangular e que só podem ser assentadas em fileiras. Na Figura 6 verifica-se exemplos das peças de concreto tipo II;

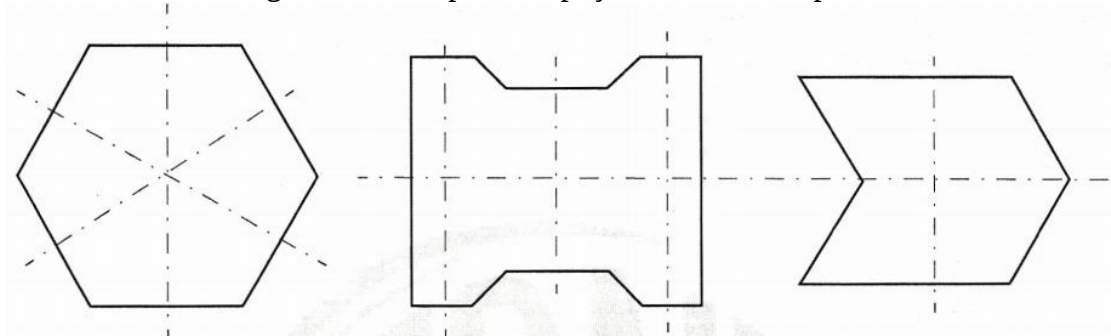
Figura 6 - Exemplos das peças de concreto tipo II



Fonte: ABNT NBR 9781 (2013)

- Tipo III - peças de concreto com formatos geométricos característicos, como trapézios, hexágonos, triedros etc., com pesos superior a 4 kg. Na Figura 7 observa-se exemplos das peças de concreto tipo III;

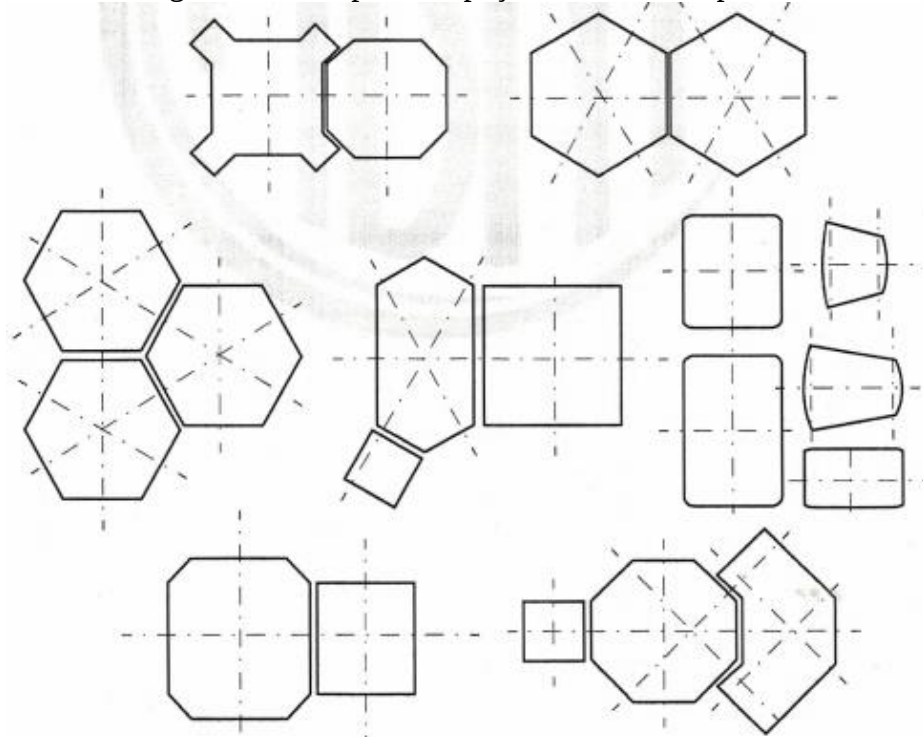
Figura 7 - Exemplos das peças de concreto tipo III



Fonte: ABNT NBR 9781 (2013)

- 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. Na Figura 8 constata-se exemplos das peças de concreto tipo IV.

Figura 8 - Exemplos das peças de concreto tipo IV



Fonte: ABNT NBR 9781 (2013)

2.2.3 Estrutura de pavimentos em bloco intertravado de concreto

Segundo Godinho (2009) considerando necessariamente as questões técnicas, a distribuição de cargas concentradas é a função básica e primeira de um pavimento. Independente da origem do subleito, corte ou aterro, a função inicial do pavimento deve ser capaz de proteger o subleito, evitando que sua capacidade de suporte seja excedida.

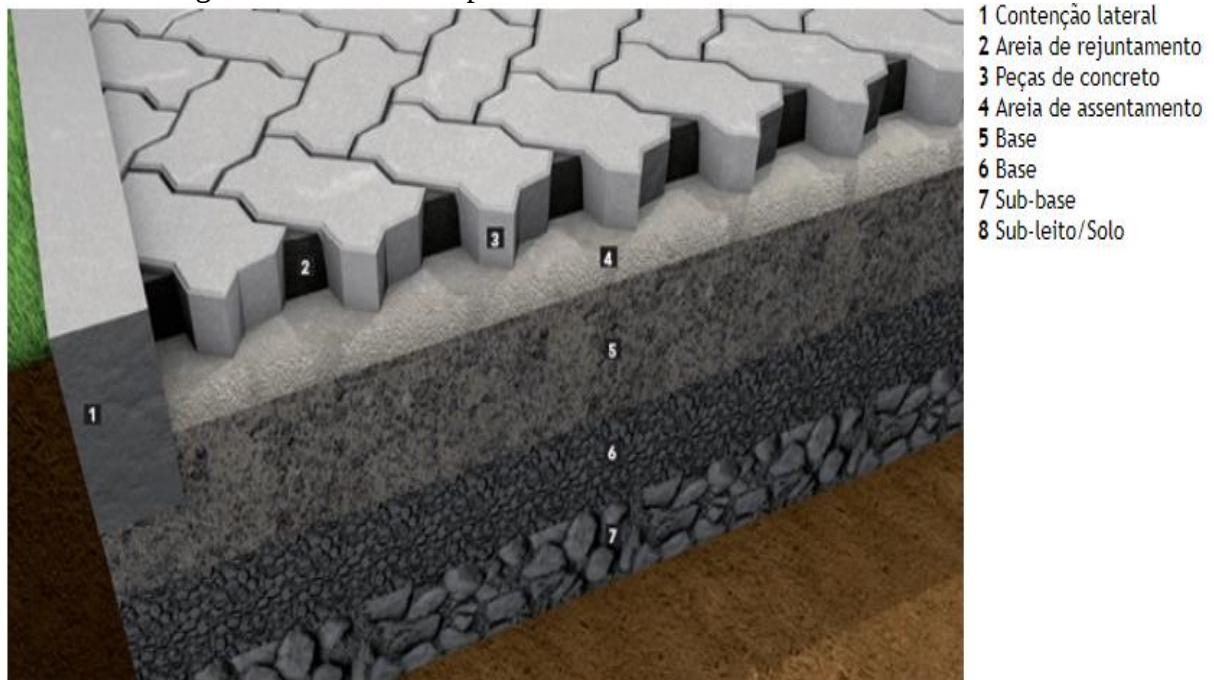
A ABNT NBR 9781:2013 define pavimento intertravado como pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto justapostas em uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção.

A estrutura de pavimentação de blocos intertravados de concreto é composto, normalmente, pelos seguintes elementos: camada ou areia de assentamento, base, reforço da

base quando necessário, sub-base, subleito, confinamentos (contenção lateral), camada de rolamento composta por peças intertravadas de concreto e areia de rejuntamento.

NA Figura 9 observa-se a seção transversal típica de pavimento intertravado, com exceção dos possíveis dispositivos de drenagem e caimentos.

Figura 9 - Estrutura de pavimento em bloco intertravado de concreto



Fonte: Pisos (2018)

2.2.4 Tipos de intertravamento dos blocos intertravados de concreto

De acordo com Portland (2010) o intertravamento é definido com a capacidade que os blocos adquirem de resistir a movimentos de deslocamento individual, seja ele vertical, horizontal ou de rotação em relação a seus vizinhos e é fundamental para o desempenho e a durabilidade do pavimento. Duas condições são necessárias e indispensáveis para que exista o intertravamento eficaz: contenção lateral e junta preenchida com areia.

- Contenção lateral: Impede o deslocamento lateral dos blocos da camada de rolamento, promovendo o intertravamento.
- Areia de selagem: Proporciona a transferência de esforços entre os blocos de concreto, permitindo que eles trabalhem juntos, uns com os outros, e suportem as cargas solicitantes.

Movimentos do tipo horizontal, vertical e rotacional ou giração podem manifestar-se no bloco intertravado de concreto. Para que o paver, na execução de pavimento, possa atingir o travamento adequado, deve apresentar resistência satisfatória aos diferentes tipos de

movimentos que está sujeito. A resistência do pavimento como todo, é adquirida com a capacidade que cada peça individualmente possui de intertravamento horizontal, vertical e rotacional ou giração.

O intertravamento horizontal, capacidade de não se desloca horizontalmente, está relacionado diretamente com o formato e configuração do arranjo de assentamento dos pavers sobre a camada de areia. Esse tipo de intertravamento sob a atuação do tráfego, principalmente em áreas de aceleração e frenagem, contribui na distribuição dos esforços de cisalhamento horizontal. O nível de capacidade do intertravamento horizontal está relacionado diretamente com as juntas entre as peças, quanto mais convenientemente as juntas são cheias com tipo adequado de areia e bem compactada, mais alto o nível de intertravamento (Cruz, 2003).

Situação típica que pode ocorrer esforço e provocar deslocamento horizontal é a freada de um veículo sobre o bloco, que tenderá a se deslocar lateralmente. Na Figura 10 verifica-se exemplo de deslocamento horizontal.

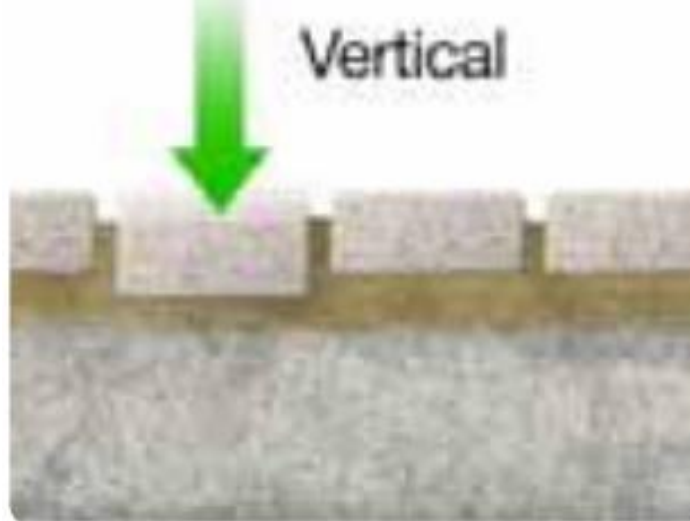
Figura 10 - Exemplo de deslocamento horizontal



Fonte: Portland (2010)

Quando o conjunto de bloco recebe carga vertical, principalmente, quando esta é aplicada no centro do bloco, o mesmo tende a afundar, ou seja, ter um deslocamento vertical. As peças intertravadas de concreto, devido aos formatos e encaixes, tem a capacidade de suporta este tipo de deslocamento através da relação dos com as peças vizinhas. Na Figura 11 verifica-se exemplo de deslocamento vertical.

Figura 11 - Exemplo de deslocamento vertical



Fonte: Portland (2010)

O bloco vai tender a rotação quando a carga for aplicada na sua extremidade. Algumas características de fabricação e assentamento dos blocos intertravados de concreto como largura, confinamento, rejuntamento, tipo de área utilizada e as juntas entre as peças, proporcionam ao pavimento resistência a rotação. Na Figura 12 observa-se exemplo de movimento de rotação ou giração.

Figura 12 - Exemplo de movimento de giração



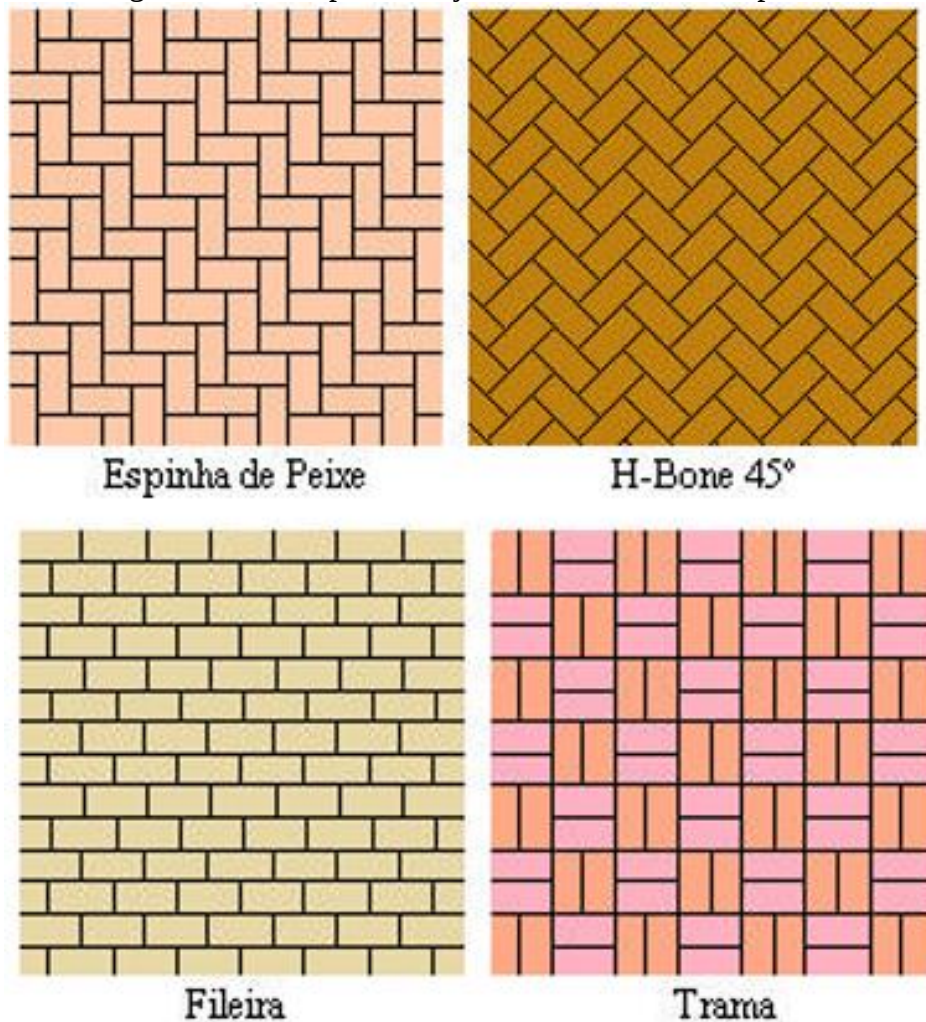
Fonte: Portland (2010)

2.2.5 Arranjos de assentamento dos blocos intertravados de concreto

Segundo Wiebbelling (2015) os arranjos ou modelos de assentamento dos pavers afetam significativamente a aparência estética e o desempenho dos pavimentos de peças pré-moldadas de concreto.

Objetivando atingir o máximo rendimento, cada padrão de assentamento deve obedecer a uma determinada sequência de montagem dos blocos, permita o trabalho simultâneo de mais de um profissional, deslocando-se lateralmente. Para tanto, é necessário iniciar a colocação de maneira bem definida, a qual varia de acordo com o padrão de posicionamento e o alinhamento escolhido (Portland, 2010). Observa-se na Figura 13 os principais arranjos de assentamento dos pavers.

Figura 13 - Principais arranjos de assentamento de pavers



Fonte: Paver (2018)

2.3 Normas técnicas relativas ao bloco intertravado de concreto

No Brasil para atender às exigências técnicas, o setor da construção civil conta com duas normas da Associação Brasileira de Normas Técnica - ABNT que se referem aos Pavimentos Intertravados, são elas:

- NBR 15953 - Pavimento intertravado com peças de concreto – Execução, de 2011;
- NBR 9781 – Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio, de 2013.

A NBR 15953 (2011) aplica-se à pavimentação intertravada com peças de concreto sujeita ao tráfego de pedestres, de veículos dotados de pneumáticos e áreas de armazenamento de produtos. Estabelece como principal objetivo os requisitos para a execução do pavimento, porém não trata de requisitos de projeto e construção das camadas de base de pavimentos intertravados.

Enquanto a NBR 9781 (2013) estabelece como objetivo principal fixa os requisitos e métodos de ensaio exigíveis para aceitação de peças de concreto para pavimentação intertravada sujeita ao tráfego de pedestres, de veículos dotados de pneumáticos e áreas de armazenamento de produtos.

Segundo a ABNT na maioria dos aspectos de nossas vidas as normas têm uma enorme e positiva contribuição, para as empresas, ao aderir às normas significa que os fornecedores podem desenvolver e oferecer produtos e serviços que atendam às especificações que têm ampla aceitação em seus setores, para os consumidores, a conformidade dos produtos e serviços de acordo com as normas oferece garantias sobre sua qualidade, segurança e confiabilidade, para qualquer pessoa, as normas contribuem para a qualidade de vida, em geral assegurando que o transporte, máquinas e ferramentas utilizadas sejam seguros.

2.4 Requisitos do bloco intertravado de concreto

A ABNT NBR 9781:2013 estabelece alguns requisitos, parâmetros e métodos de ensaios, os quais as peças intertravadas de concreto devem atender para que estejam em conformidade e o lote seja aceito. Abaixo segue a descrição:

2.4.1 Requisitos gerais

1. MATERIAIS:

- a) O concreto utilizado nas peças deve ser constituído de cimento Portland, agregados e água, sendo permitido o uso de aditivos e pigmentos;
- b) O cimento Portland pode ser de qualquer tipo e classe, devendo obedecer às ABNT NBR 5732, ABNT NBR 5733, ABNT NBR 5735, ABNT NBR 5736, ABNT NBR 11578 e ABNT NBR 12989;
- c) Os agregados podem ser naturais, industriais ou reciclados, obedecendo à ABNT NBR 7211 ou outras Normas Brasileiras pertinentes;
- d) A água de amassamento deve atender à ABNT NBR 15900-1;
- e) Os aditivos devem atender à ABNT NBR 11768;
- f) Os pigmentos devem ser de base inorgânica e atender à ASTM C 979/C 979M.

NOTA: A unidade de compra das peças deve ser o metro quadrado, devendo-se especificar o número de peças por metro quadrado.

2.4.2 Requisitos específicos

1. FORMATOS:

- a) Tipo I;
- b) Tipo II;
- c) Tipo III;
- d) Tipo IV.

2. DIMENSÕES E TOLERÂNCIAS.

3. ASPECTOS GERAIS:

- a) Espaçador de juntas;
- b) Chanfro;
- c) Arestas;
- d) Ângulo de inclinação.

4. RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO.

5. ABSORÇÃO DE ÁGUA.

6. RESISTÊNCIA À ABRASÃO.

7. INSPEÇÃO VISUAL.

2.5 Ensaios de caracterização do bloco intertravado de concreto

A NBR 9781:2013 designa métodos de ensaios para determinação das propriedades inspeção visual, avaliação dimensional, absorção de água, resistência à compressão e resistência à abrasão do bloco intertravado de concreto para pavimentos. Antes de quaisquer ensaios descritos nesta norma, todas as peças da amostragem devem ser claramente identificadas, de forma indelével, levadas ao laboratório de ensaios e colocados em ambiente protegido que preserve suas características originais.

Para que ocorra aceitação do lote inspecionado, este deve cumprir simultaneamente as condições da inspeção visual, dimensões e tolerância, resistência característica à compressão, absorção de água, quando especificada, resistência à abrasão. Não sendo atendidas as condições de algum dos itens mencionados, realizar os ensaios necessários em peças destinadas à contraprova. Caso os resultados sejam satisfatórios, o lote em exame deve ser aceito.

Vale salientar que as peças para compor a amostragem para os ensaios de aceitação devem ser extraídas do lote de fabricação. De cada lote devem ser retiradas, aleatoriamente, peças inteiras que constituam a amostra representativa, conforme especificado no Quadro 1.

Quadro 1 - Amostragem para ensaio

PROPRIEDADE	AMOSTRA
Inspeção visual	6 ^a
Avaliação dimensional	6 ^a
Absorção de água	3
Resistência à compressão	6
Resistência à abrasão	3 ^b
^a As peças amostradas podem ser utilizadas também para os ensaios de resistência à compressão ou à abrasão ^b Ensaio facultativo	

Fonte: ABNT NBR 9781 (2013)

NOTA: Para os ensaios de inspeção visual, avaliação dimensional e resistência à compressão, a amostra deve ter no mínimo 6 (seis) peças para cada lote de fabricação até 300 m² e uma peça adicional para cada 50 m² suplementar, até perfazer a amostra máxima de 32 peças (NBR 9781, 2013).

2.5.1 Formatos

As peças de concreto pré-moldadas para uso em pavimento intertravado podem ser confeccionadas em diversos formatos, estes são agrupados em quatro tipos distintos: Tipo I, II, III e IV. A NBR 9781 (2013) estabelece que o formato dos blocos devem está caracterizado de acordo algum dos tipos mencionados.

2.5.2 Dimensões e tolerâncias

As normais em vigor determinam as dimensões e tolerâncias para as peças intertravadas de concreto para a aceitação do lote. As peças devem ser submetidas a avaliação dimensional, a ser realizada sempre em planos paralelos ou perpendiculares às arestas das peças de acordo com sua tipologia. Antes da realização dos ensaios é necessário está de posse das medidas nominais da largura, comprimento e espessura das peças, que obrigatoriamente, devem ser fornecidas pelo fabricante. Tolerância deve ser compreendida como a diferença admissível entre a medida nominal e a medida real correspondente, sendo que a medida real deve ser obtida com a verificação da medida diretamente na peças de concreto, descontando o espaçador.

De acordo com a ABNT NBR 9781 (2013) as medidas reais da largura (l), do comprimento (c) e da espessura (e) das peças, devem ser tomadas conforme a tipologia de cada peça, utilizando-se um paquímetro com resolução de 0,1 mm. As peças intertravadas devem atendem aos seguintes requisitos de dimensões e tolerâncias:

- a) medida nominal do comprimento de no máximo 250 mm;
- b) medida real da largura de no mínimo 97 mm na área da peça destinada à aplicação de carga no ensaio de resistência à compressão;
- c) medida nominal da espessura de no mínimo 60 mm, especificada em múltiplos de 20 mm;
- d) tolerâncias dimensionais conforme especificado no Quadro 2;
- e) o índice de forma (IF) para peças de concreto utilizadas em vias com tráfego de veículos ou áreas de armazenamento deve ser menor ou igual a 4.

Nota: O índice de forma baseia-se na medida da relação entre o comprimento e a espessura de cada bloco intertravado individualmente, podendo ser calculado o valor médio.

Quadro 2 - Tolerâncias dimensionais

Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
± 3	± 3	± 3

Fonte: ABNT NBR 9781 (2013)

2.5.3 Inspeção visual

De acordo com a NBR 9781 (2013) as peças intertravadas de concreto constituintes do lote devem ser inspecionadas visualmente, objetivando a identificação de peças com defeitos que possam vir a prejudicar o assentamento, o desempenho estrutural ou a estética do pavimento. As peças de concreto devem apresentar aspecto homogêneo, arestas regulares e ângulos retos e devem ser livres de rebarbas, defeitos, de laminação e descamação. Pequenas variações de coloração nas peças em virtude do processo de fabricação e da variação das matérias-primas são admitidas.

Na inspeção visual, o lote deve atender os requisitos de: espaçador de juntas, chanfro, arestas e ângulo de inclinação. O lote deve ser rejeitado se forem constatadas mais de 5 % de peças defeituosas. A critério do comprador, as peças defeituosas podem ser substituídas pelo fornecedor e o lote pode ser aceito, desde que sejam cumpridas as exigências de dimensões e tolerância, resistência característica à compressão, absorção de água e, quando especificada, resistência à abrasão (NBR 9781, 2013).

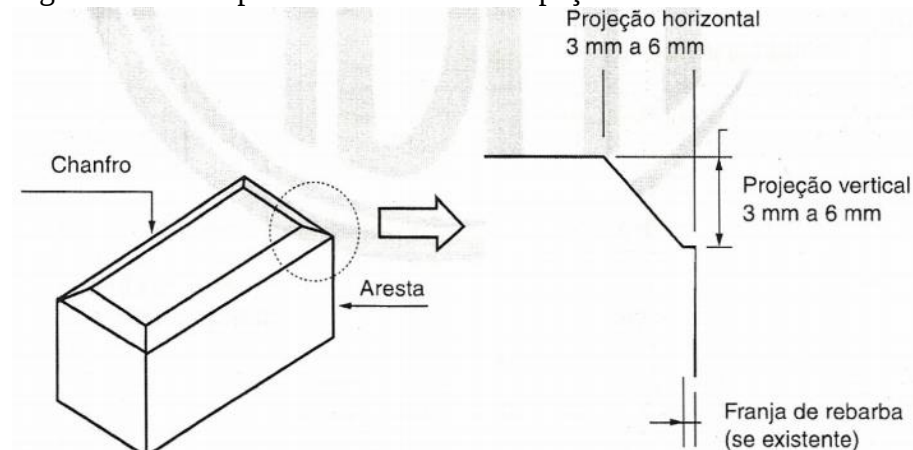
2.5.3.1 Espaçador de juntas

Segundo a ABNT NBR 15953 (2013) o espaçador de juntas é um dispositivo para facilitar a uniformidade da espessura das juntas, o qual pode estar incorporado à peça de concreto no momento de sua fabricação. O rejuntamento deve ser executado com material pétreos granulares e aplicado em juntas de 2 a 5 mm entre as peças intertravadas de concreto. Recomenda-se que o material de rejuntamento esteja seco no momento da aplicação, para facilitar o preenchimento das juntas.

2.5.3.2 Chanfro

A NBR 9781 (2013) define chanfro como perfil inclinado entre a face superior e as paredes laterais da peça de concreto e ressalta que em casos específicos o uso do mesmo pode ser dispensado. Nas peças de concreto chanfradas, a especificação do chanfro depende de aspectos construtivos, da capacidade estrutural e do conforto de rolamento. O chanfro pode ser reto ou baleado e deve apresentar, tanto na projeção horizontal como na projeção vertical, no mínimo 3 mm e no máximo 6 mm, conforme Figura 14, sendo facultativo a colocação da franja de rebarba.

Figura 14 - Exemplo de Chanfro de uma peça intertravada de concreto

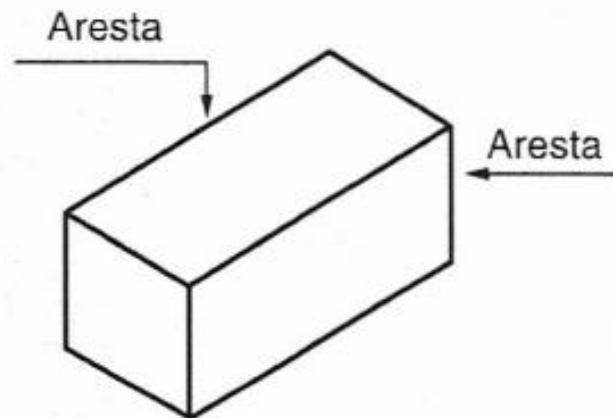


Fonte: ABNT NBR 9781 (2013)

2.5.3.3 Arestas

Aresta é a linha de interseção, entre dois planos ou faces, que se refere às linhas das faces superior e inferior e das paredes laterais da peça de concreto. Devendo a mesma constar nas paredes laterais e nas faces superior e inferior das peças intertravadas de concreto, conforme observa-se na Figura 15 (NBR 9781, 2013).

Figura 15 - Exemplo de arestas nas peças intertravadas de concreto

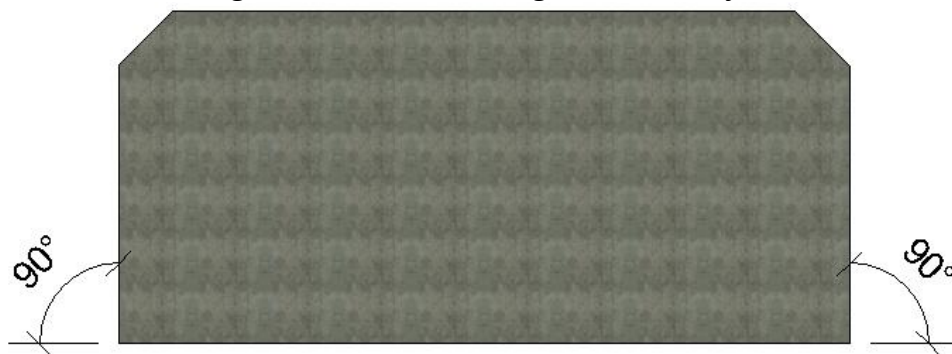


Fonte: ABNT NBR 9781 (2013)

2.5.3.4 Ângulo de inclinação

De acordo com a NBR 9781 (2013), ângulo de inclinação é o ângulo externo entre a parede lateral e a face inferior da peça intertravada de concreto, devendo este ser igual a 90° (Figura 16). A avaliação do ângulo deve ser realizada com a peça apoiada em uma superfície plana e deve ser utilizado esquadro.

Figura 16 - Detalhe do ângulo de inclinação



Fonte: Autoria própria (2018)

2.5.4 Absorção de água

Absorção de água é o acréscimo de massa de um corpo sólido poroso, expresso em porcentagem, ocasionado pela penetração de água nos poros permeáveis, em relação à sua massa em estado seco. O ensaio de absorção de água deve ser realizado por imersão do corpo de prova, peça inteira, em água potável, sendo que o corpo de prova deve estar isento de pó e partículas soltas, devendo ser removidos com uma escova. O valor médio de absorção de água

para o lote amostrado deve ser menor ou igual a 6%, não sendo admitido nenhum valor individual maior do que 7% (NBR 9781, 2013).

2.5.4.1 Equipamentos

De acordo com a NBR 9781 (2013) para a execução do ensaio de absorção de água são necessários seguintes equipamentos (transcrito da norma):

- a) estufa ventilada com temperatura de $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- b) termômetro com resolução de 1°C ;
- c) tanque de água;
- d) balança com resolução de 0,1 g;
- e) escova com cerdas suaves;
- f) tela metálica com suporte;
- g) pano.

2.5.4.2 Procedimentos

A NBR 9781 (2013) descreve o procedimento para a obtenção do percentual de absorção de água. Inicialmente o corpo de prova deve ser saturado imergindo-o em água à temperatura de $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$, por 24 h. Na condição saturada, segue com a pesagem individual de cada corpo de prova com superfície seca, que é obtida drenando o corpo de prova sobre uma tela metálica por 1 min e removendo a água superficial visível com um pano úmido. Tomar nota do valor encontrado. Este procedimento deve ser repetido a cada 2 h e cessar quando em duas determinações sucessivas não se registre, para o mesmo corpo de prova, diferença de massa superior a 0,5 % entre as leituras, registrar então a sua massa saturada m_2 . Após a conclusão da pesagem da amostra saturada, levar os corpos de prova saturado à estufa com temperatura a $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, por 24 h. Pesar e anotar, individualmente, o valor encontrado de cada corpo de prova na condição seco em estufa. Este procedimento deve ser repetido a cada 2 h e cessar quando em duas determinações sucessivas não se registre, para o mesmo corpo de prova, diferença de massa superior a 0,5% entre as leituras, registrar então a sua massa seca m_1 . A duração da operação de pesagem e anotação do valor, com o corpo de prova fora da temperatura da estufa, não deve ultrapassar 10 min.

2.5.4.3 Obtenção do valor

Segundo a NBR 9781 (2013) o valor da absorção de água de cada corpo de prova deve ser calculado utilizando-se a equação (transcrito da norma):

$$A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \dots\dots\dots \text{Equação 1}$$

Onde:

A é a absorção de cada corpo de prova, expressa em porcentagem (%);

m_1 é a massa do corpo de prova seco, expressa em gramas (g);

m_2 é a massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g).

2.5.4.4 Apresentação dos resultados

A NBR 9781 (2013) ressalta que os item (transcrito da norma) abaixo devem constar no relatório de ensaio de absorção de água:

- a) identificação do lote;
- b) idade do lote no início do ensaio;
- c) valores individuais de absorção de água, expressos em porcentagem (%);
- d) valor médio da absorção de água, expresso em porcentagem (%).

2.5.5 Resistência característica à compressão

A resistência característica à compressão deve ser determinada conforme alguns parâmetros estabelecidos pelas normas em vigor e atender as especificações do Quadro 3. A NBR 9781 (2013) prescreve aspectos relacionados a determinação das dimensões das peças de concreto, equipamentos (máquina de ensaio de compressão, placas auxiliares), determinação da resistência característica à compressão e resultados, determinação característica à compressão estimada e apresentação dos resultados.

Quadro 3 - Resistência característica à compressão

Solicitação	Resistência característica à compressão (f_{pk}) aos 28 dias Mpa
Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais	≥ 35
Tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados	≥ 50

Fonte: ABNT NBR 9781 (2013)

Vale salientar que a resistência mínima para os lotes de peças com idade inferior a 28 dias entregue ao cliente, no momento de sua instalação, deve ser de 80% do f_{pk} especificado no Quadro 3 e de igual valor ou maior do Quadro 3 para os lotes de peças entregue aos 28 dias ou mais de cura.

2.5.5.1 Determinação das dimensões das peças

Antes da realização do ensaio de resistência característica à compressão deve ser determinadas as medidas reais da largura (l), do comprimento (c) e da espessura de cada peça representativa do lote amostrado. No referido ensaio, as amostras podem apresentar pontos com largura inferior a 100 mm, desde que possua área plana isenta de rebaixos e juntas falsas onde possa ser inscrito um círculo de 85 mm de diâmetro.

2.5.5.2 Equipamentos

Segundo a NBR 9781 (2013) a máquina de ensaio de compressão deve ser classe 1 ou melhor e atender os valores máximos admissíveis determinados pela ABNT NBR NM ISO 7500-1. O equipamento deve ter a capacidade de aplicação de força compatível com os ensaios a serem realizados e permitir o controle da aplicação da força entre os pratos. O deslocamento do prato móvel deve ser na direção vertical, perpendicular ao prato fixo. Se faz necessário a utilização de duas placas auxiliares que devem ser circulares, com diâmetro de $(85 \pm 0,5)$ mm e espessura mínima de 20 mm, confeccionadas em aço, uma placa deve ser vinculada ao prato inferior e a outra no superior, de modo que seus eixos verticais centrais fiquem alinhados. Já o corpo de prova, deve ser centralizado de modo que seu eixo coincida com o da máquina, fazendo com que a resultante das forças passe pelo centro. O acionamento da máquina de ensaio a compressão deve ser através de qualquer fonte estável de energia, de maneira a propiciar a

aplicação de força contínua e isenta de choques e o carregamento deve prosseguir até a ruptura completa da peça.

2.5.5.3 Determinação da resistência característica à compressão

No momento da realização do ensaio de determinação da resistência característica à compressão a amostra do lote deve estar nas seguintes condições (NBR 9781, 2013):

- a) saturadas em água a $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$, por no mínimo 24 h antes do ensaio;
- b) as superfícies de carregamento devem ser retificadas ou utilizar outros tipos de capeamento desde que estes não apresentem variações significativas em comparação à técnica de retífica;
- c) as peças devem ser dispostas sobre as placas auxiliares de ensaio, com sua face superior em contato com a placa auxiliar superior, de modo que o eixo vertical que passa pelo seu centro coincida com o eixo vertical passante pelo centro das placas, na região da peça que apresenta largura mínima de 97 mm;

NOTA: Para as peças do tipo IV, ensaiam-se apenas as peças com largura mínima de 97 mm. Caso a largura da peça seja superior a 140 mm, a peça deve ser cortada com serra de disco, de modo que a nova largura não exceda esse limite.

Quanto aos resultados individuais, dividindo a carga de ruptura (N) pela área de carregamento (mm^2) e multiplicando o resultado pelo fator p (Quadro 4), expresso em função da altura da peça, se obtém a resistência à compressão da peça e o resultado deve ser expresso em megapascals (MPa).

Quadro 4 - Fator multiplicador p

Espessura nominal da peça (mm)	p
60	0,95
80	1,00
100	1,05

Fonte: ABNT NBR 9781 (2013)

2.5.5.4 Determinação da resistência à compressão estimada

A resistência característica à compressão estimada fornece, através dos dados das peças representativas do lote amostrado, a resistência do lote avaliado. Admite-se que as

resistências à compressão, de cada peça ensaiada, obedecem à distribuição normal, sendo o valor característico estimado pela equação que foi transcrita da norma (NBR 9781, 2013):

$$f_{pk,est} = f_p - t \times s \dots\dots\dots\text{Equação 2}$$

Sendo

$$s = \sqrt{\frac{\sum(f_p - f_{pi})^2}{n-1}} \dots\dots\dots\text{Equação 3}$$

Onde:

f_p é a resistência média das peças, expressa em megapascals (MPa);

f_{pi} é a resistência individual das peças, expressa em megapascals (MPa);

$f_{pk,est}$ é a resistência característica estimada a compressão, expressa em megapascals (MPa);

n é o número de peças da amostra;

s é o desvio-padrão da amostra, expressa em megapascals (MPa);

t é o coeficiente de Student, fornecido pelo Quadro 5 , em função do tamanho da amostra.

Quadro 5 - Coeficiente de Student (nível de confiança 80%)

n	t
6	0,920
7	0,906
8	0,896
9	0,889
10	0,883
12	0,876
14	0,870
16	0,866
18	0,863
20	0,861
22	0,859
24	0,858
26	0,856
28	0,855
30	0,854
32	0,842

Fonte: ABNT NBR 9781 (2013)

2.5.5.5 Apresentação dos resultados

A NBR 9781 (2013) ressalta que os itens (transcritos da norma) abaixo devem compor o relatório de ensaio:

- a) identificação do lote;
- b) idade do lote no início do ensaio;
- c) medidas nominais de comprimento (c), largura (l) e espessura (e) das peças, informadas pelo fabricante;
- d) medidas reais de comprimento (c), largura (l) e espessura (e) das peças, com aproximação de 0,1 mm;
- e) índice de forma (IF) das peças;
- f) tipo de peça;
- g) área de carregamento, expressa em milímetros quadrados (mm²);
- h) cargas de ruptura individuais, expressas em newtons (N);
- i) resistências individuais, expressas em megapascals (MPa);
- j) resistência característica estimada à compressão ($f_{pk,est}$), expressa em megapascals (MPa).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Levantamento dos dados no comércio de Mossoró

Com intuito de obter um panorama da comercialização de blocos intertravados na cidade de Mossoró-RN, foi realizada uma pesquisa no comércio e nesta ocasião foram visitados 22 comércios de vendas de materiais de construção em distintos bairros da cidade, sendo estes de pequeno, médio e grande porte. A pesquisa se estendeu a visitas a dois condomínios residenciais horizontais (Alphaville e o Ninho), sendo que ao todos 6 residências em construção foram objeto da pesquisa com finalidade de obter a marca e o tipo do paver utilizado. Apenas duas marcas, oriundas de duas empresas de maior porte, foram encontradas e o formato tipo I (modelo retangular) estava sendo mais utilizado.

Dos comércios visitados em apenas 8 deles foi possível encontrar o produto objeto de pesquisa a venda, outro fato que chamou a atenção foi que em todos os comércios que vende o produto, apenas estava disponível uma única marca para venda.

Após a pesquisa de campo foram encontrados blocos intertravados oriundos apenas de Mossoró. Nos pontos comerciais de menor porte não foi possível encontrar pavers a venda, apenas em alguns dos comércios de médio e grande porte. Sendo que 5 (cinco) dos 8 (oito) estabelecimentos comerciais que vende o paver, são responsáveis, também, pela produção. Os outros 3 (três) estabelecimentos compram o produto pronto, mas os vendedores sabem que são comprados de alguma empresa que produz na cidade, mas não sabem qual. Assim, foi possível encontrar 5 marcas distintas de pavers sendo comercializadas na cidade, Concret, RN Pré-moldados, Tupy, Mossoró Pré-moldados, 3D Pré-moldados.

Quanto aos formatos, foi possível encontrar a disponibilidade de pavers de todos os tipos (I, II, III, IV), pelo menos um modelo de cada, porém, o tipo I, principalmente o modelo retangular, foi encontrado em todos os estabelecimentos que vende o produto.

Vale salientar ainda, que em dois dos estabelecimentos comerciais visitados existiam a disponibilidade da venda de blocos intertravados de concreto com resistência característica à compressão de 25 e 35 MPa, embora, esteja em desacordo com a NBR 9781 (2013) que estabelece a resistência característica à compressão mínima de 35 MPa.

Dentre as marcas de paver disponíveis a venda, para a realização do presente estudo, foram selecionadas quatro, sendo que a idade de cura das amostras adquiridas era superior aos 28 dias. Para preservar a imagem das empresas de bloco intertravado de concreto selecionadas, as marcas foram identificadas pelas letras A, B, C e D.

3.2 Ensaios de caracterização

Os ensaios de caracterização foram realizados no laboratório de ensaio de materiais (LEMAT) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, campus leste, na cidade de Mossoró – RN, cujas coordenadas geográficas são: latitude: 5° 12' 48'' S; longitude: 37° 18' 44'' W e altitude: 37 m acima do nível do mar.

Analisou-se uma série de fatores, como: dimensões e tolerâncias, inspeção visual, resistência característica à compressão e absorção de água dos blocos intertravados de concreto conforme a NBR 15953 - 2011: Pavimento intertravado com peças de concreto - Execução e a NBR 9781 - 2013: Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio.

3.3 Blocos intertravados de concreto analisados

As peças de concreto objeto da análise deste trabalho foram os classificados como blocos intertravados de concreto, formato do tipo I, mais especificamente retangular. Para a realização deste ensaio foram utilizados 24 blocos intertravados de concreto com dimensão (200x100x60) mm, comprimento, largura e espessura respectivamente, adquiridos em quatro estabelecimentos comerciais distintos. Sendo distribuídos igualmente nas quatro marcas escolhidas dentre as que são comercializadas atualmente na cidade de Mossoró. Após a conclusão do levantamento feito das marcas de blocos intertravados de concreto atualmente comercializados na cidade, foram selecionadas quatro marcas para o ensaio. A distribuição dos blocos selecionados está representado esquematicamente na Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição dos blocos intertravado de concreto para ensaios

MARCA	CIDADE DE ORIGEM	FORMATO	AMOSTRA	PREÇO POR M ² *
A	Mossoró-RN	Tipo I	6 peças	R\$33,50
B	Mossoró-RN	Tipo I	6 peças	R\$28,49
C	Mossoró-RN	Tipo I	6 peças	R\$29,00
D	Mossoró-RN	Tipo I	6 peças	R\$31,00

* Preço obtido no dia 13 de agosto de 2018, valores à vista.

Fonte: Autoria própria (2018)

Todos os blocos intertravados de concreto foram selecionados aleatoriamente e utilizados os mesmos blocos para todos os ensaios conforme recomendação da NBR 9781 – 2013.

O formato do bloco intertravado de concreto escolhido para realização dos ensaios de caracterização foi o tipo I, mais especificamente o retangular (Figura 17), pois todas as marcas encontradas na pesquisa disponibilizava este tipo para venda em Mossoró.

Figura 17 - Bloco intertravado de concreto Tipo I (retangular)



Fonte: Autoria própria (2018)

Inicialmente foi feita limpeza em todas as amostras das marcas estudadas (A, B, C e D) retirando o pó e as rebarbas, em seguida gravou-se com caneta tipo marcador permanente, os corpos-de-prova conforme a marca de produção do bloco. Todas as amostras passaram por uma análise com o intuito de verificar a existência ou não da identificação do fabricante e possíveis tricas. Vale salientar que as normas em vigor não torna obrigatório a identificação do fabricante em cada paver.

3.4 Dimensões e tolerâncias

Após colocar os corpos-de-prova sobre uma bancada de superfície plana e indeformada, seguiu-se então com as medições na sequência comprimento (c), largura (l) e espessura (e) em todas as amostras das marcas estudadas (A, B, C e D), no total de 24 unidades, sendo que as medições foram feitas utilizando um paquímetro passando pelo centro geométrico de cada plano a ser medido, conforme representado esquematicamente na Figura 18. Registrou-

se em planilha as respectivas medições referentes ao comprimento, largura e espessura de cada corpos-de-prova, na sequência foi calculado a média destas grandezas e o índice de forma (IF), relação comprimento/espessura, individual e médio de cada corpo-de-prova separadamente por marca. Em seguida foram analisados os valores das medidas obtidos e os índices de forma a fim de verificar se os mesmos estavam ou não dentro das tolerâncias estabelecidas pela NBR 9781 (2013).

Figura 18 - Determinação das dimensões de pavers: (A) Comprimento; (B) Largura; (C) Espessura



(a)



(b)



(c)

Fonte: Autoria própria (2018)

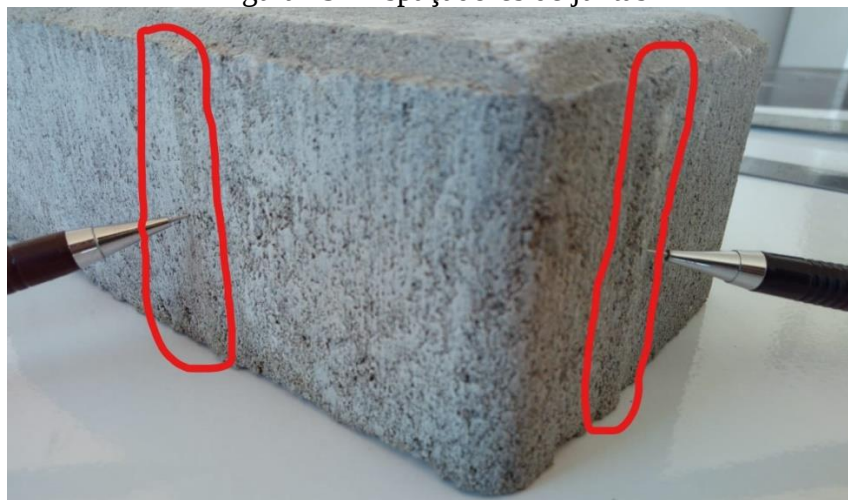
3.5 Inspeção visual

No laboratório todas as amostras das marcas estudadas (A, B, C e D) passaram pela inspeção visual a olho nu com o intuito de verificar a existência rebarbas, defeitos de laminação e descamação que possam vir a prejudicar o assentamento, o desempenho estrutural ou a estética do pavimento. Em seguida foi necessário dividir as demais etapas deste ensaio em quatro, conforme a NBR 9781 (2013) espaçador de juntas, chanfro, arestas e ângulo de inclinação, em todas elas os corpos-de-prova foram colocados sobre uma superfície plana e observado os locais de obtenção dos valores normatizados.

3.5.1 Espaçador de juntas

Nesta etapa observou-se a existência (Figura 19) ou não dos espaçadores de juntas incorporado à peça intertravada de concreto no momento de sua fabricação. Nos casos de existência seguiu-se com a medição das juntas devido os espaçadores de juntas incorporados as peças, sendo que a determinação da medida da junta ocorreu entre os corpos-de-prova conforme Figura 20. Após tomar nota dos valores das medidas em planilha, passou-se a comparação com o que preconiza a NRB 15953 (2011).

Figura 19 - Espaçadores de juntas



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 20 - Determinação da medida da junta entre corpos-de-prova



Fonte: Autoria própria (2018)

3.5.2 Chanfro

Em todos os corpos-de-prova das amostras das marcas estudadas (A, B, C e D) foi feita, inicialmente, observação a fim de constatar existência ou não de chanfro e franja (Figura 21) incorporados a peça de concreto. Em seguida foi realizada a determinação das medições do chanfro na posição vertical (Figura 22) e horizontal, sendo estas, em sequência, registradas e comparadas aos parâmetros das normas em vigor. Neste ensaio foram utilizados esquadro metálico e régua metálica.

Figura 21 - Franja incorporada ao paver



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 22 - Determinação do chanfro na posição vertical



Fonte: Autoria própria (2018)

3.5.3 Arestas

Neste ensaio em todos os corpos-de-prova das amostras das marcas estudadas (A, B, C e D) verificou-se através da observação a olho nu as arestas na posição vertical e horizontal (Figura 23) afim de analisar a uniformidade e conservação das mesmas.

Figura 23 - Análise das arestas



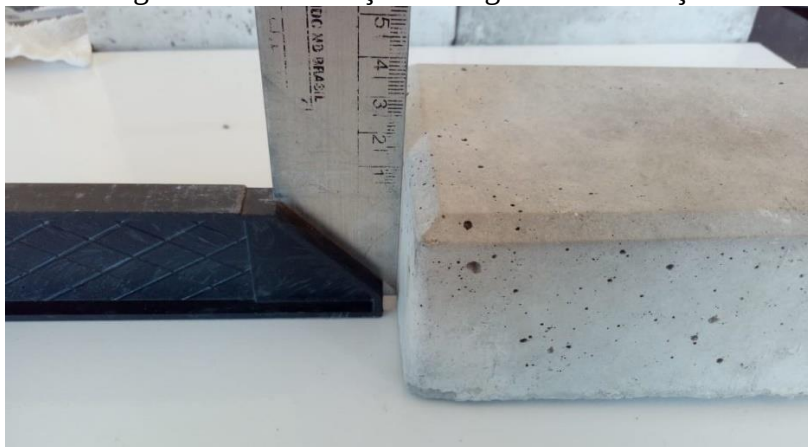
Fonte: Autoria própria (2018)

3.5.4 Ângulo de inclinação

Nesta etapa do ensaio de inspeção visual todos os corpos-de-prova das amostras das marcas estudadas (A, B, C e D) foram analisados com a finalidade de verificar a conformidade do

ângulo de inclinação com o que preconiza a NBR 9781 (2013), conforme representado esquematicamente na Figura 24.

Figura 24 - Verificação do ângulo de inclinação



Fonte: Autoria própria (2018)

3.6 Absorção de água

Conforme estabelece a NBR 9781 (2013), neste ensaio, utilizando uma escova com cerdas suaves foi feita a limpeza dos corpos-de-prova de cada marca retirando o pó e partículas soltas. Em seguida, todos os corpos-de-prova foram colocados em recipientes de dimensões apropriadas preenchidos com água à temperatura de $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ e com volume suficiente para mantê-los totalmente imersos por 24 horas (Figura 25).

Figura 25 - Corpos-de-prova submersos



Fonte: Autoria própria (2018)

Após 24 horas os corpos-de-prova foram removidos e colocados dentro de uma peneira com tela metálica sobre uma bancada por 1 minuto para escorrer o excesso de água, logo após, com o auxílio de um pano limpo e úmido a água superficial visível foi removida (Figura 26). Na condição saturada, fez-se as pesagens iniciais (Figura 27) de todos os corpos-de-prova das amostras estudadas. Depois de duas horas todo este procedimento foi repetido obtendo-se o segundo valor da massa saturada individualmente dos corpo-de-prova, de posse dos dois valores foi calculado, para o mesmo corpo de prova, o percentual da diferença do valor da massa inicial com o da segunda, verificou-se que o percentual de todos os corpo-de-prova ficou abaixo de 0,5%, portanto, o segundo valor como sendo a massa saturada (m_2).

Figura 26 - Remoção da água visível



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 27 - Pesagem de corpo-de-prova



Fonte: Autoria própria (2018)

Na sequência os corpos-de-prova foram submetidos à secagem na estufa a temperatura ajustável a $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ por 24 horas (Figura 28). Após este período foram retirados e realizada a primeira pesagem (imediatamente após a remoção) individualmente, anotando-se o valor. Ao término, os corpos-de-prova foram novamente inseridos na estufa sob as mesmas condições, depois de duas horas foram retirados da estufa e repetido o procedimento de passagem, na sequência foi comparado os valores da pesagem atual com a anterior para analisar se estes haviam diferido em no máximo 0,5% um do outro, na segunda pesagem (após vinte e seis hora na estufa) todas as amostras obtiveram valores que ficaram dentro deste percentual máximo.

Figura 28 - Corpos-de-prova submetidos à secagem na estufa



Fonte: Autoria própria (2018)

Os valores obtidos de cada amostra após vinte e seis horas em secagem na estufa, observado os parâmetros mencionados, determinou a massa seca (m_1), em gramas, individual de cada corpo-de-prova. Toda etapa compreendida entre a retirada do corpo-de-prova da estufa até sua pesagem não excederam 10 minutos conforme estabelecido na NBR 9781 (2013).

Em seguida, determinou-se o valor de absorção de água de cada corpo-de-prova, individualmente, usando a Equação 1 (item 2.5.4.3, pág. 41), logo após, foi feito cálculo do valor médio de cada amostra e em seguida foi realizada análise da conformidade com a NBR 9781 (2013).

3.7 Resistência característica à compressão

Para execução deste ensaio foi utilizada uma prensa mecânica para concreto da EMIC® de modelo PC150C que permite o controle da aplicação da força entre os pratos, sendo o deslocamento do prato móvel na direção vertical, no sentido de baixo para cima. O equipamento é provido de dispositivo que assegura a distribuição uniforme dos esforços no corpo-de-prova. Foi utilizado duas placas auxiliares circulares, com diâmetro de 85 mm e espessura de 25,4 mm, confeccionadas em aço, uma placa foi vinculada ao prato inferior e a outra ao superior atendendo o especificado na NBR 9781 (2013). Para facilitar o perfeito alinhamento dos eixos verticais centrais da prensa, placas auxiliares e bloco, foi traçado uma linha passando pelo eixo de cada corpo-de-prova.

Todas as amostras das marcas estudadas (A, B, C e D) foram preparadas para este ensaio, identificadas, limpas, retiradas as rebarbas e postas em ambientes protegidos visando preservar suas características originais. Feitas as medições das dimensões (no ensaio de dimensões e tolerâncias) e demais ensaios anteriores, conforme recomendado em norma, seguiu-se com capeamento em todas as peças representativas dos lotes amostrados nas duas faces de assentamento com pasta de cimento. Vale salientar que de posse dos dados referentes as dimensões avaliou-se a largura mínima de todos os corpos-de-prova com intuito de comparar com a mínima normatizada (97 mm) pra o ensaio de resistência a compressão.

Para o capeamento, foi colocada em placa de piso cerâmico uma leve camada de óleo lubrificante (Figuras 29-A), em seguida uma camada de pasta de cimento (Figura 29-B) e aplicou-se sobre esta uma das faces destinadas ao assentamento exercendo uma pressão manual sobre o bloco suficiente para refluir à pasta e, em seguida colocou-se um nível manual sobre o bloco (Figura 29-C) para nivelar o bloco, retirou-se com o auxílio de uma espátula o excesso da pasta (Figura 29-D). Logo que a pasta de cimento endureceu, passou-se ao processo de capeamento na face contrária a de assentamento do bloco intertravado de concreto.

Figura 29 - Capeamento: (A) aplicação de camada de óleo; (B) Nivelamento do paver; (C) Aplicação de pasta de cimento; (D) Retirada de excesso de pasta de cimento



(A)



(B)



(C)



(D)

Fonte: Autoria própria (2018)

Ao final do capeamento das duas faces e após o endurecimento destas, os corpos-de-prova foram colocados em recipientes de dimensões apropriadas preenchidos com água e com volume suficiente para mantê-los totalmente imersos (Figura 30), sendo que ficaram submersos por no mínimo 24 horas.

Figura 30 - Corpos-de-prova, após capeamento, submersos



Fonte: Autoria própria (2018)

Passadas às 24 horas de imersão, os corpos-de-prova foram retirados e distribuídos sobre a bancada para escorrer o excesso de água, ainda saturados, foram colocados individualmente na prensa entre as duas placas auxiliares, com os eixos vertical centrais (prensa, placas auxiliares e bloco) alinhados, fazendo com que a resultante das forças passe pelo centro e apoiado sobre as faces destinadas ao assentamento (Figura 31). As placas auxiliares foram usadas para distribuir uniformemente os esforços, sendo estes aplicados de modo progressivo e sem choque até a ruptura do corpo-de-prova.

Figura 31 - Determinação da resistência característica à compressão



Fonte: Autoria própria (2018)

Registrou-se o valor da carga máxima de ruptura de cada corpo-de-prova em N (Newton) e em seguida determinou-se a resistência à compressão expressa em Mpa individual de cada amostra pela equação a abaixo.

$$f_b = \frac{F}{A} \times p \dots\dots\dots \text{Equação 4}$$

Onde:

f_b – resistência a compressão (MPa);

F – carga de ruptura (N);

A – área de carregamento (mm²).

p – fator multiplicador (Quadro 4 do item 2.5.5.3, pág. 44).

Em seguida passou-se a determinação da resistência característica estimada à compressão usando as Equações 2 e 3 (item 2.5.5.4, pág. 44). Após tomar nota dos valores em planilha, passou-se a comparação com o que preconiza a NRB 15953 (2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Identificação

Em nenhuma dos corpos-de-prova das amostras avaliadas foi encontrada identificação do fabricante ou qualquer descrição referente as características e/ou propriedades do bloco intertravado de concreto. Vale salientar que as normas em vigor não tornam obrigatório tais descrições.

4.2 Dimensões e tolerâncias

Conforme a NBR 9781 (2013) as dimensões de comprimento, largura e espessura devem ser avaliadas individualmente. O índice de forma (IF) também deve ser calculado e avaliado para cada corpo-de-prova individualmente. Na Tabela 2 encontra-se as dimensões efetivas e a avaliação das amostras estudadas.

Tabela 2 - Determinação e avaliação das dimensões dos pavers

Amostra	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Índice de forma (IF)	Avaliação
A-1	201,00	100,20	62,50	3,22	Aceitação
A-2	201,20	100,50	63,00	3,19	
A-3	200,50	100,00	63,00	3,18	
A-4	199,20	100,80	61,90	3,22	
A-5	200,70	100,50	61,90	3,24	
A-6	200,50	100,80	62,90	3,19	
Média	200,52	100,47	62,53	3,21	
B-1	200,10	99,00	58,00	3,45	Aceitação
B-2	199,10	99,20	59,00	3,37	
B-3	199,00	98,50	59,00	3,37	
B-4	197,00	98,50	58,90	3,34	
B-5	197,00	101,00	60,00	3,28	
B-6	199,00	99,20	59,50	3,34	
Média	198,53	99,23	59,07	3,36	
C-1	198,50	98,50	62,70	3,17	Aceitação
C-2	199,00	98,50	61,50	3,24	
C-3	198,80	98,80	62,90	3,16	
C-4	198,20	98,50	61,00	3,25	
C-5	198,20	98,00	61,50	3,22	
C-6	198,20	98,80	61,90	3,20	
Média	198,48	98,52	61,92	3,21	

D-1	198,50	98,60	60,00	3,31	Aceitação
D-2	198,20	98,80	57,20	3,47	
D-3	198,20	98,20	60,20	3,29	
D-4	197,90	97,80	59,60	3,32	
D-5	198,50	98,20	59,80	3,32	
D-6	197,70	97,90	59,60	3,32	
Média	198,17	98,25	59,40	3,34	

Fonte: Autoria própria (2018)

De acordo com os dados obtidos todos os corpos-de-prova das marcas estudadas tiveram as medidas de comprimento, largura e espessura dentro da tolerância estabelecida em norma (± 3 mm), bem como o índice de forma ficou dentro do limite normatizado (até 4). Portanto, os lotes das todas as marcas avaliadas foram aceitos.

4.3 Inspeção visual

4.3.1 Espaçador de juntas

Não foi encontrado espaçador de juntas incorporado em todos os corpos-de-prova da marcas estudadas (A, B, C e D). Conforme representado na Tabela 3, em apenas duas das marcas avaliadas existem os espaçadores de juntas que foram incorporados durante o processo de fabricação. Em todos os corpos-de-prova das marcas A e C foram encontrados os espaçadores de juntas incorporados, sendo que individualmente as juntas formadas devido aos espaçadores incorporados ficaram no intervalo de 2 a 3 mm em ambas as marcas, com média de 2,08 e 2,13 mm respectivamente.

Tabela 3 - Identificação e avaliação de espaçador de juntas

Marca	Espaçador de juntas	Medida média das juntas (mm)	Avaliação
A	Sim	2,08	Aceitação
B	Não	-	Rejeição
C	Sim	2,13	Aceitação
D	Não	-	Rejeição

Fonte: Autoria própria (2018)

As normas em vigor estabelecem a obrigatoriedade do espaçador de juntas incorporado, sendo a espessura da junta de 2 a 5 mm entre as peças de concreto. Portanto, as

marcas B e D não estão em conformidade com as mesmas, pois não existe a presença de espaçadores de juntas, estando às marcas A e C dentro dos requisitos obrigatórios das normas em vigor.

4.3.2 Chanfro

Conforme observado na Tabela 4, verificou-se que os valores individuais e médios do chanfro na posição vertical e horizontal de todas as amostras das marcas estudadas (A, B, C e D) ficaram dentro do intervalo entre 3 e 6 mm (normalizado) e nas marcas A e C se observou a presença de franja (facultativo).

Tabela 4 - Determinação e avaliação de chanfro

AMOSTRA		1	2	3	4	5	6	Média	Franja	Avaliação
Marca A	Vertical	4,50	5,00	4,50	5,00	4,50	4,00	4,58	Sim	Aceitação
	Horizontal	5,00	5,50	5,00	5,00	4,50	5,00	5,00		
Marca B	Vertical	4,00	5,00	3,50	4,00	5,00	4,00	4,25	Não	Aceitação
	Horizontal	5,00	5,00	5,50	5,50	5,50	5,00	5,25		
Marca C	Vertical	4,00	4,50	4,00	4,00	4,00	5,00	4,25	Sim	Aceitação
	Horizontal	4,00	4,50	4,50	4,00	5,00	5,00	4,50		
Marca D	Vertical	4,00	3,50	3,50	3,50	4,00	3,50	3,67	Não	Aceitação
	Horizontal	5,00	4,50	5,00	5,00	5,50	5,00	5,00		

Fonte: Autoria própria (2018)

Portanto, os lotes de todas as marcas avaliadas foram aceitos, pois estão em conformidade com a NBR 9781 (2013).

4.3.3 Arestas

Em todos os corpos-de-prova das marcas estudadas (A, B, C e D) verificou-se a existência de arestas uniforme e em geral conservadas, conforme estabelecido pela NBR 9781 (2013). Portanto, todas as marcas avaliadas estão em conformidade com as normas em vigor.

4.3.4 Ângulo de inclinação

De posse dos dados verificou-se, conforme a Tabela 5 que os valores referentes ao ângulo de inclinação de todos os corpos-de-prova da amostra das marcas A e C estão em acordo

com o ângulo especificado em norma (90°), estando cada amostra das marcas B e D com 3 corpos-de-prova com ângulo de inclinação diferente de 90°.

Tabela 5 - Número de paver cujo o ângulo de inclinação é diferente de 90° e avaliação

PARÂMETRO	Marca A	Marca B	Marca C	Marca D
Quantidade ($\neq 90^\circ$)		3		3
Porcentagem (%)	0	50	0	50
Avaliação	Rejeição	Rejeição	Aceitação	Rejeição

Fonte: Autoria própria (2018)

Portanto, os lotes das marcas A e C obtiveram aceitação e os lotes das marcas B e D foram rejeitados.

4.4 Absorção de água

Na Tabela 6, verificou-se que os valores individuais de absorção de água dos corpos-de-prova das amostras das marcas A e C ficaram dentro do intervalo do limite máximo normatizado (7%), apenas um corpo-de-prova da marca B ficou acima deste limite e nenhum dos corpos-de-prova da amostra da marca D obteve valor de absorção de água abaixo deste limite.

Tabela 6 - Valores individuais de absorção de água

		Valores individuais e médios de absorção de água							Avaliação
AMOSTRA		1	2	3	4	5	6	Limite máximo	
Marca A	Absorção de água (%)	5,507	5,665	5,168	6,409	5,855	5,911	7	Aceitação
Marca B	Absorção de água (%)	5,792	5,15	6,891	5,042	5,31	7,347	7	Aceitação
Marca C	Absorção de água (%)	6,174	5,752	6,352	6,000	5,868	6,417	7	Rejeição
Marca D	Absorção de água (%)	11,474	13,941	13,448	14,508	11,632	15,784	7	Rejeição

Fonte: Autoria própria (2018)

De acordo com a Tabela 7 os valores médios referentes a absorção de água das amostras avaliadas A e B ficaram abaixo do limite máximo (6%) especificado na NBR 9781 (2013), ficando amostras das marcas C e D acima deste limite.

Tabela 7 - Valores médios de absorção de água
VALORES MÉDIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

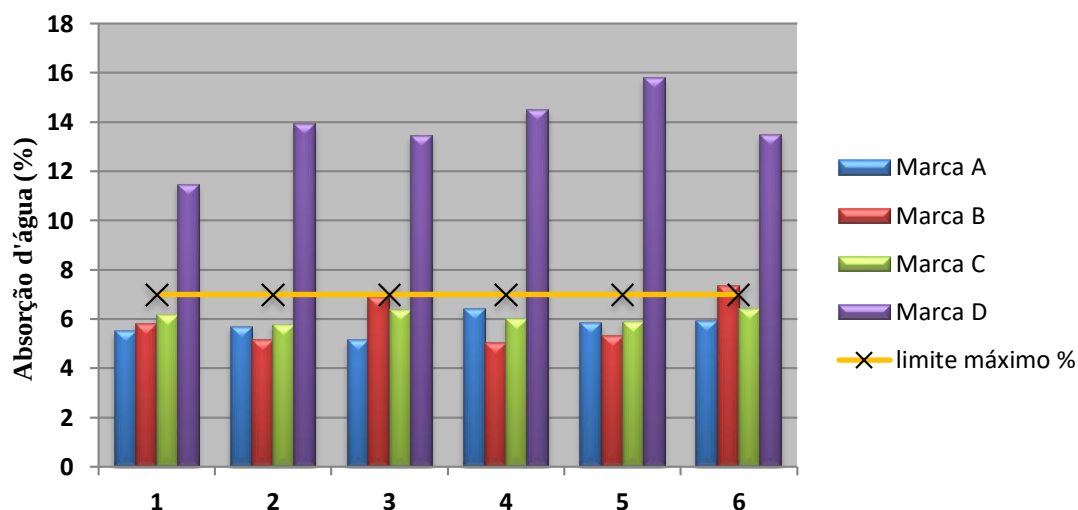
AMOSTRA		Valor médio	Limite máximo	Avaliação
Marca A	Absorção de água (%)	5,753	6	Aceitação
Marca B	Absorção de água (%)	5,922	6	Aceitação
Marca C	Absorção de água (%)	6,094	6	Rejeição
Marca D	Absorção de água (%)	13,465	6	Rejeição

Fonte: Autoria própria (2018)

Portanto, na avaliação do valor individual de absorção de água as amostras das marcas A e C estão em conformidade e a amostra B e D não está em conformidade com a norma da ABNT em vigor (Gráfico 1). Na avaliação do valor médio as amostras das marcas A, B e C atenderam o prescrito na NBR 9781 (2013), ficando somente a amostra da marca D sem atender (Gráfico 2).

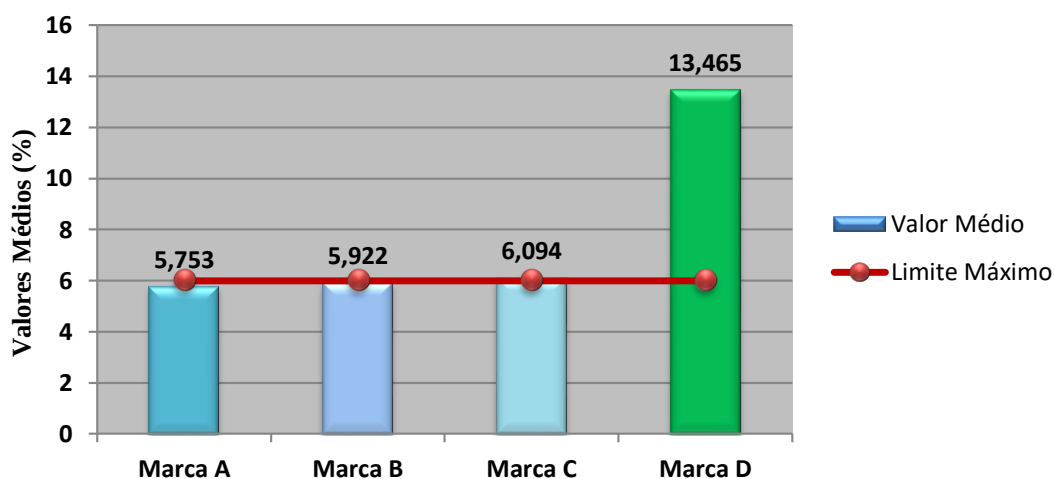
Gráfico 1 - Valor individual de absorção de água

VALOR INDIVIDUAL DE ABSORÇÃO DE ÁGUA



Fonte: Autoria própria (2018)

Gráfico 2 - Valor médio de absorção de água
VALOR MÉDIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA



Fonte: Autoria própria (2018)

4.5 Resistência característica à compressão

De acordo com a Tabela 8 constatou-se que todos os valores individuais de resistência à compressão das amostras das marcas analisadas (A, B, C e D) ficaram abaixo do valor mínimo normatizado (35,00 Mpa aos 28 dias) pela NBR 9781 (2013).

Tabela 8 - Determinação da resistência característica à compressão
DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO

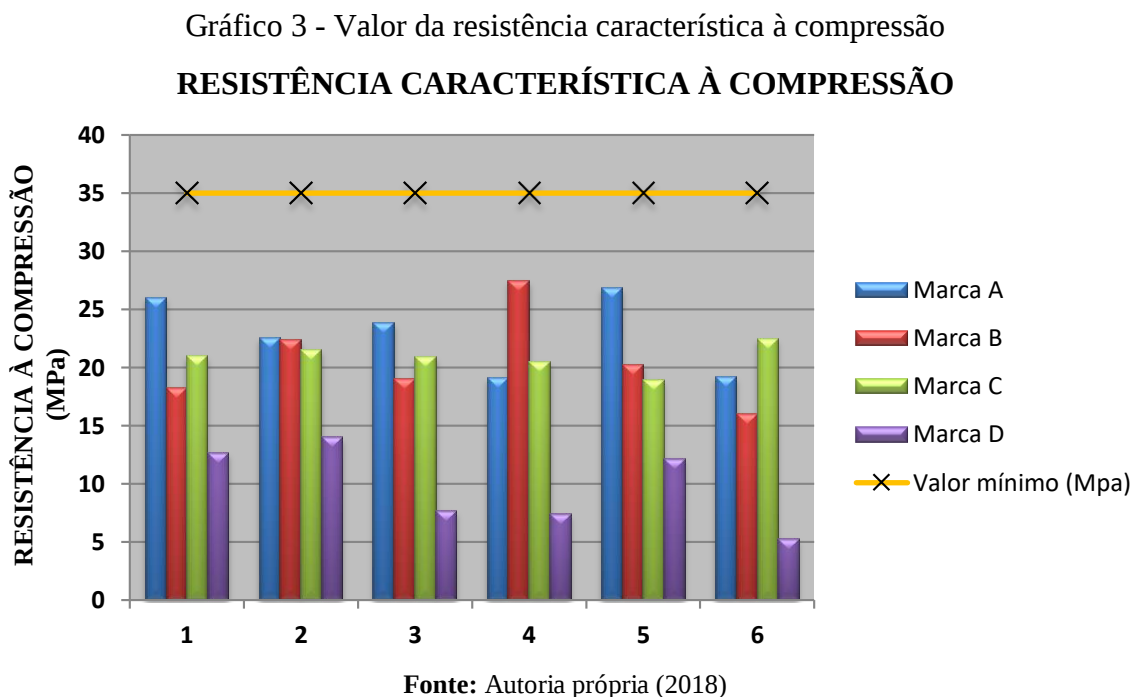
Amostra	Parâmetros	1	2	3	4	5	6	Valor mínimo (MPa)
Marca A	Carga de ruptura (N)	155540	134580	142540	114060	160380	114740	35
	Resistência (Mpa)	26,04	22,53	23,86	19,1	26,85	19,21	
	Avaliação	Rejeição	Rejeição	Rejeição	Rejeição	Rejeição	Rejeição	
Marca B	Carga de ruptura (N)	109230	133530	113490	163970	120740	95800	35
	Resistência (Mpa)	18,29	22,36	19	27,45	20,21	16,04	
	Avaliação	Rejeição	Rejeição	Rejeição	Rejeição	Rejeição	Rejeição	
Marca C	Carga de ruptura (N)	125520	128720	125160	122490	113370	134240	35
	Resistência (Mpa)	21,01	21,55	20,95	20,51	18,98	22,47	
	Avaliação	Rejeição	Rejeição	Rejeição	Rejeição	Rejeição	Rejeição	
Marca D	Carga de ruptura (N)	75570	83690	46060	44310	72930	31470	35
	Resistência (Mpa)	12,65	14,01	7,71	7,42	12,21	5,27	
	Avaliação	Rejeição	Rejeição	Rejeição	Rejeição	Rejeição	Rejeição	

Área de carregamento (área da placa auxiliar) = 5674,50 mm²

Fator multiplicador (Quadro 4 do item 2.5.5.3. da pág. 44) p = 0,95

Fonte: Autoria própria (2018)

No Gráfico 3 encontra-se o valor da resistência característica à compressão em Mpa dos corpos-de prova das marcas avaliadas.



Conforme a Tabela 9 todos os valores da resistência característica estimada à compressão das marcas estudadas (A, B, C e D) ficam aquém do valor mínimo (35,00 Mpa aos 28 dias) estabelecido pela NBR 9871 (2013).

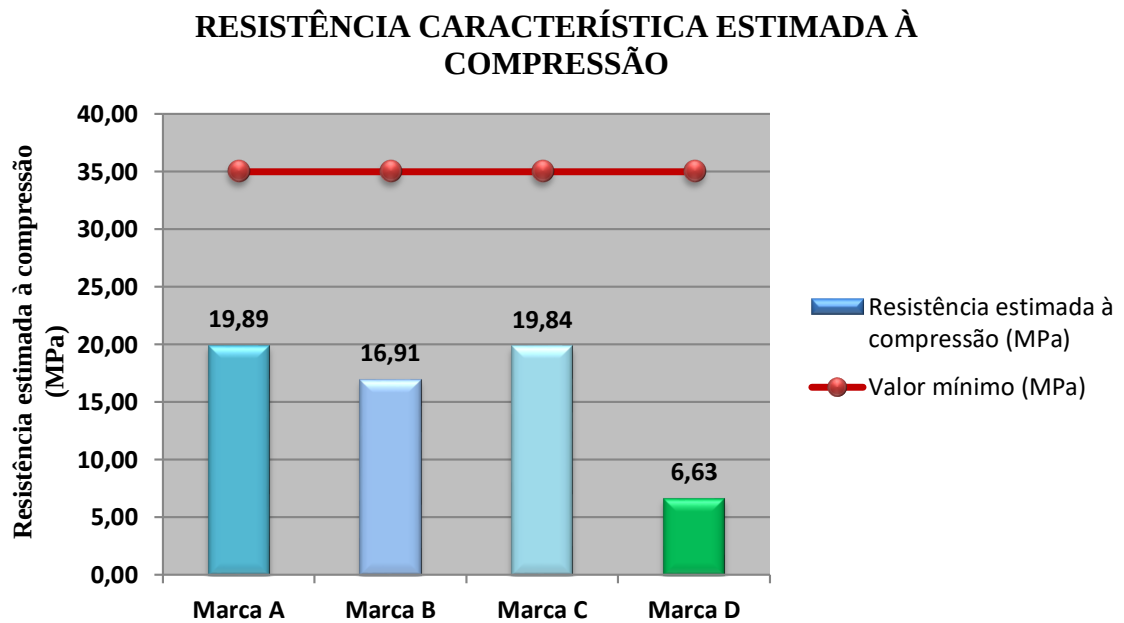
Tabela 9 - Determinação da resistência característica estimada à compressão

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA ESTIMADA À COMPESSÃO						
Amostra	Coeficiente de Student, t	Desvio padrão, s (MPa)	Média (MPa)	Resistência estimada à compressão (MPa)	Valor mínimo (MPa)	Avaliação
A	0,92	3,3	22,93	19,89	35	Rejeição
B	0,92	3,97	20,56	16,91	35	Rejeição
C	0,92	1,16	20,91	19,84	35	Rejeição
D	0,92	3.53	9,88	6,63	35	Rejeição

Fonte: Autoria própria (2018)

No Gráfico 4 verifica-se o valor da resistência característica estimada à compressão de cada marca estudada.

Gráfico 4 - Valor da resistência característica estimada à compressão



Fonte: Autoria própria (2018)

Portanto, neste ensaio, nenhuma das marcas estudadas atendeu aos parâmetros normativos mínimos. Este fato poderá ocasionar problemas estruturais como fissuras, rachaduras e ruptura dos pavimentos, consequentemente, oferecerá riscos à construção, acarretando em prejuízos de ordem financeira ao consumidor final, além de colocar em risco a saúde.

5 CONCLUSÕES

Em geral, os blocos intertravados de concreto das marcas avaliadas deixaram a desejar em qualidade, pois a maioria dos resultados obtidos nos ensaios, principalmente nos de absorção de água e resistência à compressão, ficou aquém do padrão estabelecido pela NBR 15953 (2011) e a NBR 9781 (2013).

Nos ensaios de dimensões e tolerâncias (comprimento, largura, espessura e índice de forma), arestas e chanfro as marcas estudadas obtiveram os melhores resultados, constatou-se que todas estão em conformidade com norma em vigor.

Duas das marcas avaliadas (A e C), nos ensaios de inspeção visual de espaçador de juntas e ângulo de inclinação, obtiveram resultados conforme as normais em vigor.

No ensaio referente a absorção de água, considerando a avaliação simultânea dos valores individuais e médios, apenas uma das marcas avaliadas (A) está em conformidade com a NBR 9781 (2013).

Nenhuma das marcas estudadas (A, B, C e D) conseguiu atingir o valor mínimo normatizado nos resultados referentes à resistência característica à compressão (avaliação individual) e à resistência característica estimada à compressão (avaliação da média), não estão em conformidade com norma em vigor.

A matéria prima empregada na produção dos blocos intertravados de concreto e seu processo de fabricação, das marcas aqui avaliadas, precisam ser analisados com intuito de obter futuras melhorias.

6 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

- Analisar a matéria-prima utilizada com intuito de propor novas formulações que deem ao produto final melhor resultado;
- Estudar cada etapa do processo de produção dos blocos intertravados de concreto a fim de detectar possíveis desvios que implicam na diminuição da qualidade;
- Analisar os impactos ambientais causados pelo setor de fabricação de paver e descarte de entulhos gerados na fabricação e assentamento;
- Estudar e avaliar fabricação de blocos intertravados de concreto com incremento de resíduos de construção e demolição - RCD;
- Estudar e avaliar fabricação de blocos intertravados de concreto com incremento de resíduos de pneus;
- Estudar as condições de trabalho e a segurança dos trabalhadores em fabricas de produção de blocos intertravados de concreto;

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15953 - 2011: Pavimento intertravado com peças de concreto** - Execução. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781 - 2013: Peças de concreto para pavimentação** - Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

NABESHIMA, Cinthia Kaori Yabe; ORSOLIN, Kátia; SANTOS, Rafael Kresko Xavier dos. **Análise comparativa entre sistemas de pavimentação urbana baseados em concreto asfáltico e blocos de concreto intertravados (Pavers)**. 2011. 123 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, 2011.

WIEBBELLING, Paula Orvana Guimarães. **Pavimento com blocos intertravados de concreto: estudo de caso na UNIVATES**. 2015. 73 f. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário UNIVATES, Lajedo, 2015.

FIORITI, Cesar Fabiano. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo**. 2007. Tese (Doutorado) - São Carlos, 2007.

CRUZ, Luiz Otávio Maia. **Pavimento intertravado de concreto: estudo dos elementos e métodos de dimensionamento**. 2003, 281 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Ciências em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

PEREIRA, Danielle Dantas. **Qualidade de uma amostra de telhas produzidas no vale do Assú conforme as normas vigentes**. 2014. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi - Árido, Mossoró, 2014.

ARAÚJO, Ricardo. Tribuna do norte - **Construção civil tem sinais de reação**. 2018. Disponível em: <<http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/construa-a-o-civil-tem-sinais-de-reaa-a-o/411587>>. Acesso em: 05 de junho de 2018.

TETRACON - **A história do paver: O pavimento intertravados pelo mundo**. 2015. Disponível em: <<http://www.tetraconind.com.br/blog/historia-do-paver-o-pavimento-intertravado-pelo-mundo/>>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

H-ZEN - **10 Vantagens de utilizar piso intertravado de concreto (pavers)**. 2015. Disponível em: <<http://www.hzen.ind.br/blog/10-vantagens-de-utilizar-piso-intertravado-de-concreto/>>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

MAISRN - **Pior da crise ficou para trás, mas a recuperação da construção civil ainda é incerta**, 2018. Disponível em: <<http://www.maisrn.org.br/noticia/pior-da-crise-ficou-para-tras-mas-a-recuperacao-da-construcao-civil-ainda-e-incerta/>>. Acesso em: 09 de julho de 2018.

ITÁLIA – Roma: **Via Appia Antica**. 2014. Disponível em: <<http://www.sonhosnaitalia.com/2014/03/roma-via-appia-antica.html>>. Acesso em: 09 de julho de 2018.

GODINHO, Dalter Pacheco. **Pavimento intertravado**: uma reflexão sob a ótica da durabilidade e sustentabilidade. 2009, 158 f. Dissertação (Mestrado) – Mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

MACHADO, Rodrigo. **Estudo aplicado da solução de projeto de pavimentação para pátio de estacionamento de ônibus**. 2015, 95 f. TCC (Graduação) – Curso em Engenharia de Infraestrutura, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Joinville, 2015.

PEDRAS - **Paralelepípedo**. 2013. Disponível em: <<http://www.wspedras.com.br/paralelepipedo.html>>. Acesso em: 11 de julho de 2018.

VIAJANTE - **Destinos no Brasil**: o que fazer em Tiradentes - Minas Gerais. 2018. Disponível em: <<https://www.fuiserviajante.com/destinos-no-brasil/o-que-fazer-em-tiradentes-minas-gerais/>> Acesso em: 11 de julho de 2018.

PISOS - **Instruções de colocação de intertravados**. 2018. Disponível em: <http://www.rhinopisos.com.br/site/instrucoes_de_colocacao/> Acesso em: 12 de julho de 2018.

DALDEGAN, Eduardo. Engenharia Concreta - **Piso Intertravado**: Aprenda como fazer e confira dicas importantes. 2016. Disponível em: <<https://www.engenhariaconcreta.com/piso-intertravado-aprenda-como-fazer-e-confira-dicas-importantes/>>. Acesso em: 12 de julho de 2018.

PAVER - **Como instalar pavers**. 2018. Disponível em: <<http://www.fortepaver.com.br/como-instalar-pavers.html>>. Acesso em: 12 de julho de 2018.

TECPAR - Pavimentação ecológica e saneamento - **Arquivos da Tag: Intertravados**. 2015. Disponível em: <<https://tecparpavimentos.wordpress.com/tag/intertravados/>>. Acesso em: 12 de julho de 2018.

PORTLAND, Associação Brasileira de Cimento. **Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público**. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, 2010. 36p. Disponível em: <<http://solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2012/08/ManualPavimentoIntertravado.pdf>>. Acesso em: 16 de julho de 2018.